

**RECONOCIMIENTO DE LOS FACTORES INFLUYENTES EN LAS FALLAS EN  
EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ, MEDIANTE EL ANÁLISIS  
DE LA INSPECCIÓN CCTV PARA ZONAS RESIDENCIALES.**



**ALIX DANIELA DIAZ GOMEZ  
ANDRÉ NICOLAY HEREDIA SEPÚLVEDA**

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL  
BOGOTÁ D.C.**

**2021**

**RECONOCIMIENTO DE LOS FACTORES INFLUYENTES EN LAS FALLAS EN  
EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ, MEDIANTE EL ANÁLISIS  
DE LA INSPECCIÓN CCTV PARA ZONAS RESIDENCIALES.**

**ALIX DANIELA DIAZ GOMEZ**

**ANDRÉ NICOLAY HEREDIA SEPÚLVEDA**

**Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero(a) Civil**

**Directora**

**Yuri Alejandra Caicedo Páez**

**Ingeniera Civil**

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL**

**BOGOTÁ D.C.**

**2021**

**Nota de aceptación:**

---

---

---

---

---

**Ing. YURI ALEJANDRA CAICEDO PAEZ**

**Directora de Proyecto**

---

**Firma del presidente del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

---

**Firma del Jurado**

**Bogotá, 2021**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, queremos agradecer a Dios, por permitirnos crecer como persona profesionalmente. Por darnos la paciencia y guiarnos a lo largo de nuestra carrera. Por ser nuestro motivo de fortaleza en todo momento y sobre todo nunca dejar de iluminar nuestro camino.

Dedicamos este trabajo a nuestras familias por el apoyo, consejos, paciencia y esfuerzo. Por los valores que nos han inculcado y por habernos dado la oportunidad de cumplir el sueño de ser grandes profesionales. De igual manera algo que fue muy importante es que siempre fueron incondicionales, con su amor, alegría, continuamente escucharnos y guiarnos a tomar decisiones adecuadas.

Agradecemos a la directora de esta Tesis Ing. Yuri Alejandra Caicedo Páez por la dedicación, entrega y compromiso que ha brindado a este trabajo. Además, Por su profesionalismo, orientación y sus sabias palabras. Así mismo por compartir sus conocimientos que facilitaron la realización de este Proyecto.

Finalmente, agradecemos a la Universidad Piloto Colombia por abrir sus puertas; permitirnos formarnos y desempeñarnos como profesionales. A su vez a los diferentes docentes que brindaron sus conocimientos y fueron un pilar fundamental para cumplir este logro.

André Nicolay Heredia Sepúlveda - Alix Daniela Diaz Gómez

## TABLA DE CONTENIDO

<b>GLOSARIO</b> .....	12
<b>RESUMEN</b> .....	14
<b>ABSTRACT</b> .....	15
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	16
<b>1 ANTECEDENTES</b> .....	17
<b>2. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO</b> .....	19
<b>3.OBJETIVOS</b> .....	20
<b>3.1 Objetivo General</b> .....	20
<b>3.2 Objetivos Específicos</b> .....	20
<b>4. MARCOS DE REFERENCIA</b> .....	21
<b>4.1 Marco Teórico</b> .....	21
<b>4.1.1 Orígenes de las aguas residuales.</b> .....	21
<b>4.1.2 Tipos de sistemas.</b> .....	22
<b>4.1.2.1 Sistemas convencionales.</b> .....	22
<b>4.1.2.2 Sistemas No convencionales.</b> .....	23
<b>5.MARCO LEGAL</b> .....	25
<b>6. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.</b> .....	26
<b>7. FUNDAMENTOS PARA DESARROLLAR UNA APROPIADO RECONOCIMIENTO DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO</b> .....	27
<b>7.1 Condiciones Climáticas</b> .....	28
<b>7.2 Crecimiento Poblacional</b> .....	29
<b>7.3 Tipos de fallas frecuentes en las redes de alcantarillado</b> .....	30
<b>7.3.1 Patologías De Los Sistemas De Alcantarillado</b> .....	33
<b>8. DIAGNOSTICO</b> .....	34
<b>9. TECNICA APLICADA POR LA EAAB-ESP PARA LAS INSPECCIONES DE REDES DE ALCANTARILLADO</b> .....	36
<b>9.1 Norma Técnica De Servicio NS-058 EAAB-ESP</b> .....	36
<b>9.1.1 Grados De Obstrucción De La Tubería</b> .....	37
<b>9.1.2 Aspectos Previo A La Inspección De Alcantarillados</b> .....	37
<b>9.1.3 Inspección externa</b> .....	39
<b>9.1.4 Prueba Con Trazados</b> .....	39

9.1.5 Inspección Al Interior De Las Tuberías .....	40
9.1.6 Equipo Empleado Para Las Inspecciones .....	40
9.1.7 Identificación De Defectos En Las Redes .....	41
10. GRADOS DEFINIDOS POR EAAB -ESP.....	41
10.1 Análisis Y Evaluación NS-058 .....	43
11. EQUIPOS Y TECNOLOGIA.....	43
11.1 Técnicas De Inspección .....	44
11.1.1 Inspección Directa .....	44
11.1.2 Inspección Indirecta .....	45
11.1.3 Sistema de Escáner Por Laser .....	45
11.1.4 La Prueba De Humo .....	46
11.1.5 Pruebas con colorantes La prueba de trazadores (colorantes).....	47
11.1.6 El Sonar (Navegación y rango de sonido) .....	47
11.1.7 Método Acústico.....	48
11.1.8 Cámara De Poste (Zoom Camera) .....	49
11.1.9 Escaneo Lateral.....	49
12. ENCUESTAS .....	50
12.1 Análisis e Interpretación De Resultados .....	52
13. ÁREA DE ESTUDIO .....	53
13.1 Clasificación Usos Del Suelo .....	56
13.1.1 Área de Actividad .....	56
13.1.1.1 Área de Actividad Residencial.....	56
14. PARÁMETROS CALIFICABLES.....	58
14.1 Aspectos Estructurales.....	59
14.2 Aspectos Operacionales.....	60
14.3 Características por Inventario.....	60
14.3.1 Puntaje De Inventario .....	60
14.4 Importancia de conocer el estándar de calificación utilizado.....	60
15. GESTIÓN DE REDES DE ALCANTARILLADO EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ .....	61
16. DENSIDAD .....	61
17. RESULTADOS .....	62
17.1 Densidad.....	62

17.1.2 UPZ Comuneros .....	63
17.1.3 UPZ Castilla .....	64
<b>18. FALLAS TIPO RESIDENCIAL 1 .....</b>	<b>65</b>
<b>19. FALLAS ESTRUCTURALES .....</b>	<b>66</b>
19.1 Residencial 1.....	66
19.1.1 UPZ Bosa Occidental.....	66
<b>19.2 FALLAS ESTRUCTURALES MÁS RECURRENTE (GRADO 1) .....</b>	<b>67</b>
19.2.1 UPZ Las Cruces.....	67
<b>19.3 Fallas Estructurales (Grado 2) .....</b>	<b>68</b>
19.3.1 UPZ Gran Britalia.....	68
<b>19.4 Fallas tipo residencial 2 (EIO).....</b>	<b>69</b>
19.4.1 UPZ Castilla .....	69
<b>19.5 Fallas estructurales residencial 2 .....</b>	<b>70</b>
19.5.1 UPZ Bolivia .....	70
<b>19.6 Fallas estructurales más recurrente tipo residencial 2 (Grado 1).....</b>	<b>71</b>
19.6.1 UPZ Apogeo .....	71
<b>19.7 Fallas estructurales más recurrente tipo residencial 2 (Grado 2).....</b>	<b>72</b>
19.7.1 UPZ Carvajal.....	72
<b>19.8 Fallas Tipo Residencial 3 (EIO) .....</b>	<b>73</b>
19.8.1 UPZ El Refugio .....	73
<b>19.9 Fallas Estructurales Residencial 3 .....</b>	<b>74</b>
19.9.1 UPZ La Esmeralda .....	74
.....	74
<b>19.10 Fallas Estructurales Mas Recurrentes Tipo Residencial 3 (Grado 1) .....</b>	<b>75</b>
19.10.1 UPZ La Esmeralda .....	75
<b>19.11 Fallas Estructurales Mas Recurrentes Tipo Residencial 3 (Grado 2) .....</b>	<b>76</b>
19.11.1 UPZ Modelia .....	76
<b>20. FALLAS POR INVENTARIO RESIDENCIAL 1 .....</b>	<b>77</b>
20.1.1 UPZ 20 de Julio.....	77
<b>21. FALLAS POR INVENTARIO MAS RECURRENTE TIPO RESIDENCIAL 1 (GRADO 1).....</b>	<b>78</b>
21.1.1 UPZ Bosa Occidental.....	78

<b>22. FALLAS POR INVENTARIO MAS RECURRENTE TIPO RESIDENCIAL 1 (GRADO 2)</b> .....	79
22.1.1 UPZ Las Cruces .....	79
<b>23. FALLAS POR INVENTARIO RESIDENCIAL 2</b> .....	80
23.1.1 Upz Carvajal .....	80
<b>24.FALLAS POR INVENTARIO MAS RECURRENTE TIPO RESIDENCIAL 2 (GRADO 1)</b> .....	81
24.1.1 UPZ Ciudad Montes.....	81
<b>25. FALLAS POR INVENTARIO MAS RECURRENTE TIPO RESIDENCIAL 2 (GRADO 2)</b> .....	82
25.1.1 UPZ Boyacá Real.....	82
<b>26. FALLAS POR INVENTARIO RESIDENCIAL 3</b> .....	83
26.1.1 UPZ Los Cedros.....	83
<b>27. FALLAS OPERACIONALES RESIDENCIAL 1</b> .....	84
27.1.1 UPZ 20 de Julio.....	84
<b>28. FALLAS OPERACIONALES MAS RECURRENTE TIPO RESIDENCIAL 1 (GRADO 1)</b> .....	85
28.1.1 UPZ Patio Bonito.....	85
<b>29. FALLAS OPERACIONALES RESIDENCIAL 2</b> .....	86
28.1.1UPZ Bolivia .....	86
<b>30. FALLAS OPERACIONALES MAS RECURRENTE TIPO RESIDENCIAL 2 (GRADO 1)</b> .....	87
30.1.1 UPZ Doce de Octubre.....	87
<b>31. FALLAS OPERACIONALES MAS RECURRENTE TIPO RESIDENCIAL 2 (GRADO 2)</b> .....	88
31.1.1UPZ Doce de Octubre.....	88
<b>32. FALLAS OPERACIONALES RESIDENCIAL 3</b> .....	89
32.1.1 UPZ La Esmeralda .....	89
<b>33.. FALLAS OPERACIONALES MAS RECURRENTE TIPO RESIDENCIAL 3 (GRADO 1)</b> .....	90
33.1.1 UPZ La Floresta.....	90
<b>34. FALLAS OPERACIONALES MÁS RECURRENTE TIPO RESIDENCIAL 3 (GRADO 2)</b> .....	91
34.1.1 UPZ La Floresta.....	91



<b>35. ANALISIS DE RESULTADOS</b> .....	92
<b>35.1 Densidad</b> .....	92
<b>36. CATEGORIZACIÓN BAJA</b> .....	94
<b>36.1.1 Fallas estructurales</b> .....	94
<b>36.1.3 Fallas Por Inventario</b> .....	95
<b>36.2 Categorización Media</b> .....	98
<b>36.2.1 Falla Estructurales</b> .....	98
<b>36.2.2 Fallas Operacionales</b> .....	99
<b>36.2.3 Fallas Inventario</b> .....	99
<b>36.3 Categorización alta</b> .....	101
<b>CONCLUSIONES</b> .....	104
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	107

## LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Proceso diagnostico para evaluar la operatividad actual del sistema .....	35
Ilustración 2. Prueba de humo .....	46
Ilustración 3. Prueba de colorantes .....	47
Ilustración 4. El sonar .....	48
Ilustración 5. Método Acústico .....	48
Ilustración 6. Cámara de Poste .....	49
Ilustración 7. Escaneo Lateral .....	50
Ilustración 8. Encuestas Población Evaluada .....	50
Ilustración 9. Porcentaje uso del suelo en las áreas de actividad .....	57
Ilustración 10. Descripción de área de actividad tipo residencial .....	58
Ilustración 11. Porcentaje de fallas UPZ 20 julio .....	62
Ilustración 12. Porcentaje de fallas UPZ Comuneros .....	63
Ilustración 13. Porcentaje de fallas UPZ Castilla .....	64
Ilustración 14. Clasificación tipo (EIO) UPZ Bosa occidental .....	65
Ilustración 15. Fallas Estructurales UPZ Bosa Occidental .....	66
Ilustración 16. Fallas Recurrentes UPZ Las Cruces .....	67
Ilustración 17. Fallas Recurrentes UPZ Verbenal .....	68
Ilustración 18. Clasificación tipo (EIO) UPZ Castilla .....	69
Ilustración 19. Fallas Estructurales UPZ Bolivia .....	70
Ilustración 20. Fallas Recurrentes UPZ Apogeo .....	71
Ilustración 21. Fallas Recurrentes UPZ Carvajal .....	72
Ilustración 22. Clasificación tipo (EIO) UPZ El Refugio .....	73
Ilustración 23. Fallas Estructurales UPZ La Esmeralda .....	74
Ilustración 24. Fallas Estructurales UPZ La Esmeralda .....	75
Ilustración 25. Fallas Recurrentes UPZ Modelia .....	76
Ilustración 26. Fallas por Inventario UPZ 20 de Julio .....	77
Ilustración 27. Fallas Recurrentes UPZ Bosa Occidental .....	78
Ilustración 28. Fallas Recurrentes UPZ Las Cruces .....	79
Ilustración 29. Fallas Por Inventario Carvajal .....	80
Ilustración 30. Fallas Recurrentes UPZ Ciudad Montes .....	81
Ilustración 31. Fallas Recurrentes UPZ Boyacá Real .....	82
Ilustración 32. Fallas por Inventario UPZ Los Cedros .....	83
Ilustración 33. Fallas Operacionales UPZ 20 de Julio .....	84
Ilustración 34. Fallas Operacionales Recurrentes UPZ Patio Bonito .....	85
Ilustración 35. Fallas Operacionales UPZ Bolivia .....	86
Ilustración 36. Fallas Operacionales Recurrentes UPZ Doce de Octubre .....	87
Ilustración 37. Fallas Operacionales Recurrentes UPZ Doce de Octubre .....	88
Ilustración 38. Fallas Operacionales UPZ La Esmeralda .....	89
Ilustración 39. Fallas Operacionales Recurrentes UPZ La Florestas .....	90

Ilustración 40. Fallas Operacionales Recurrentes UPZ La Floresta .....	91
Ilustración 41. Código de categorización RStudio .....	92
Ilustración 42. Porcentaje de fallas UPZ 20 de julio .....	93
Ilustración 43. Porcentaje de fallas UPZ 20 de julio .....	97
Ilustración 44. Porcentaje de fallas UPZ Castilla .....	100

### **Listado De Tablas**

Tabla 1. Defectos de tuberías frecuentes según material.....	31
Tabla 2, Codigos y tipo de fallas Resolución NS-058.....	59
Tabla 3. Parámetros descripción estructural.....	59
Tabla 4. Parámetros Descripción Operacional .....	60
Tabla 5. Fallas Estructurales UPZ 20 de Julio.....	94
Tabla 6. Fallas Operacionales UPZ 20 de Julio.....	95
Tabla 7. Fallas Operacionales UPZ 20 de Julio.....	95
Tabla 8. Fallas Por inventario UPZ 20 de Julio.....	95
Tabla 9. Fallas Estructurales UPZ Comuneros.....	98
Tabla 10. Fallas Operacionales UPZ Comuneros.....	99
Tabla 11. Fallas Por Inventario UPZ Comuneros.....	99
Tabla 12. Fallas Estructurales.....	101
Tabla 13. Fallas Operacionales UPZ Castilla .....	102
Tabla 14. Fallas Por Inventario UPZ Castilla.....	102

### **Listado De Mapas**

Mapa 1. Unidades de planeación Zonal (UPZs), Bogotá. ....	53
Mapa 2. Usos del suelo por unidad de planeación zonal (UPZ).....	55

## GLOSARIO

**Base de datos:** Conjunto de información perteneciente a un mismo contexto, que se almacena bajo esquemas particulares para su posterior consulta y análisis.

**Cámara de inspección:** Estructura de forma usualmente cilíndrica, con tapa removible, para permitir la ventilación, el acceso y el mantenimiento de las redes de alcantarillado.

**Capacidad hidráulica:** Caudal que puede manejar un componente o una estructura hidráulica conservando sus condiciones normales de operación.

**Catastro de alcantarillado:** Proceso por medio del cual se recolecta y consigna en un SIG, la información correspondiente a las características de la red de alcantarillado.

**Georreferenciación:** Acción de ubicar uno o varios puntos a partir de un grupo de puntos previamente localizados.

**Gestión de Activos:** Proceso por medio del cual se efectúa la administración de activos. Para el caso particular de este trabajo, los activos corresponden a las redes y demás componentes del sistema de alcantarillado.

**Inspección con equipo CCTV:** Inspección realizada con un equipo de que cuenta con un sistema de circuito Cerrado de Televisión (CCTV). Esta inspección tiene como objetivo conocer la condición interna de la red de alcantarillado.

**Red de alcantarillado:** Conjunto de tuberías, accesorios, estructura y equipos que conforman el sistema de evacuación y transporte de las aguas lluvias, residuales o combinadas de una comunidad y al cual descargan las acometidas de alcantarillado de los inmuebles.

**SIG:** Sistema de información geográfico. Es un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión.

**Tramo de alcantarillado:** Serie de tuberías que conectan dos cámaras de inspección.

**Deformación o deflexión:** Pérdida de la forma original de la sección transversal de una tubería, estructura (cámara o pozo) de inspección.

**Exfiltración:** Escape del flujo de una tubería, pozo o cámara de inspección.

**Junta:** Localización en la cual los extremos de dos unidades adyacentes de tubería se ensamblan longitudinalmente.

**Infiltración:** Ingreso de agua subterránea a un sistema de tuberías o a un pozo o cámara de inspección.

**Rotura:** Partes o pedazos de una tubería, cámara o pozo de inspección que se separan o se destruyen por acción de una carga.

**Colapso:** Destrucción total de la estructura o parte de esta que impide la prestación del servicio

**Fisura:** Separación superficial (cerrada) de una tubería; no supera el 50% del espesor del tubo.

**Fractura:** Rotura de una tubería, abierta al 100% del espesor del tubo; puede incluir desplazamiento.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación plantea el reconocimiento de los factores, identificando las fallas presentes en el sistema de alcantarillado de Bogotá por medio de las inspecciones CCTV y desempeñar un estudio exhaustivo por localidades; centrándonos específicamente en las zonas residenciales de la ciudad. Efectúa un análisis de los servicios la red de saneamiento, teniendo en cuenta el comportamiento de la zona establecida.

La principal causa de esta investigación es debido al estado que se encuentra las tuberías y a su vez la insuficiencia de los estudios, que hace referencia a la escasez de las herramientas tecnológicas; generando afectaciones en los conductos siendo esta la principal fuente de la red doméstica. De igual forma la ciudad no cuenta con los recursos necesarios para realizar las inspecciones CCTV y su mayor desventaja es el alto costo para llevar acabo su ejecución.

Para finalizar estos factores nos permiten categorizar y clasificar las deficiencias según su tipo de forma más general, comprobando el estado de las redes internas y sus componentes, así ejercer una evaluación más acertada para obtener las medidas correctivas necesarias, con el propósito de establecer las tareas de limpieza, mantenimiento y rehabilitación. Así de esta manera optimizar el funcionamiento de la red y aumentar su vida útil.

## **ABSTRACT**

This research work raises the recognition of the factors, identifying the faults present in the sewerage system of Bogotá through the CCTV inspections and carrying out a thorough study by localities, focusing specifically on the residential areas of the city. An analysis of the services is carried out by the reorganization network, taking into account the behaviors of the established area.

The main cause of this research is due to the state of the pipes and in turn the inadequacy of the studies, which refers to the scarcity of technological tools, generating effects in the ducts being this the main source of the home network. Likewise, the city does not have the necessary resources to carry out the CCTV inspections and its biggest disadvantage is the high cost to carry out its execution.

To finish these factors, we can categorize and classify the deficiencies according to their type in a more general way, checking the state of the internal networks and their components, thus carrying out a better evaluation to obtain the necessary corrective measures, with the purpose of establishing the tasks of cleaning, maintenance and rehabilitation. This way optimizes the operation of the network and increases its useful life.

## INTRODUCCIÓN

Colombia posee gran cantidad de recursos hídricos, que no han sido aprovechados de la mejor manera. Lo cual produce carencias en algunas zonas del país y a su vez el mal manejo administrativo y político, hoy en día se evidencia la ausencia de la gestión integral del agua (Acueducto, 2006).

Hace varios años y actualmente, proveer una adecuada cantidad de agua ha sido un asunto que ha inquietado a muchas poblaciones de Colombia. Aún en las ciudades antiguas, los abastecimientos locales eran con frecuencia inadecuados y los sistemas de alcantarillado eran construidos para transportar agua desde fuentes lejanas. Así mismo la red de saneamiento no estaba contemplada en algunas zonas residenciales en donde los ciudadanos podían acceder a este servicio (México, 2012).

En la ciudad de Bogotá se contemplan dos sistemas de alcantarillado uno separado y otro combinado; el sistema de alcantarillado separado está compuesto por redes sanitarias y pluviales las cuales almacenan y transportan las aguas residuales con una estructura autosuficiente, por tanto, la red de sanitaria es la responsable de llevar las aguas a los sistemas de tratamiento. Por otra parte, el sistema de alcantarillado combinado comprende entre el 18- 20 % del área urbana y asume la recolección y transporte por una misma fuente las aguas lluvias y residuales (Acueducto, 2015).



Respecto a los sistemas de inspección con circuitos cerrados de televisión permite obtener una valoración operacional y estructural ya que cuenta con un amplio sistema. El cual está dirigido hacia el estudio de algunas características del sistema de alcantarillado. Para categorizar los datos se definen por medio de una ponderación, que permite valorar y determinar el estado actual. Así mismo su respectiva restauración. Teniendo en cuenta que el sistema de alcantarillado se ve afectado debido a la perforación de la tubería durante la instalación de otras redes de servicios públicos y fallas estructural por sobrecargas

## **1 ANTECEDENTES**

La ciudad de Bogotá capital de Colombia que cuenta con 18 localidades según el POT 2004 de la secretaria distrital de planeación nos muestra una clasificación del suelo según sus usos, es decir constituye a zonas residenciales, comercial, dotacional, servicios u otras. Las zonas residenciales en donde se presenta la mayor cantidad de redes de alcantarillado aproximadamente el 70% lo que significa mayores inspecciones CCTV y rehabilitación de estos. Cabe resaltar que del total del suelo la porción más grande representa el suelo urbano cerca de 23.2%, y en expansión urbana 1.8%. (Secretaria Distrital De Planeación, 2020)

Los sistemas de alcantarillado a lo largo de su vida útil van registrando daños y deterioros, que dentro de estas dificultades se encuentran tradicionalmente fisuras, asentamientos, sedimentos de distintos tamaños acumulados generando obstrucciones al flujo a través de las tuberías. El Plan de Ordenamiento Territorial nos informa sobre la clasifica del suelo distrital y sus usos el cual está conformado por 163.635,88 Ha de suelo, que se clasifican de la siguiente manera:

- Suelo Urbano que es asignado con actividades que se puedan desarrollar y debe ajustarse a unos requerimientos generales, está destinado a usos urbanos y específicamente que cuentan con infraestructura vial, redes primarias de energía, acueducto y alcantarillado, posibilitándose su urbanización y edificación.
- El suelo de expansión urbana describe la expansión de las poblaciones humanas fuera de las áreas urbanas centrales hacia comunidades de baja densidad, y usualmente por un proceso llamado su urbanización.
- Suelo rural está conformado por los terrenos no aptos para el uso urbano, por razones de destinación a usos agrícolas, ganaderos, forestales, de explotación de recursos naturales. Y finalmente el suelo de protección está constituido por las zonas y áreas de terrenos localizados dentro de algunas de las clasificaciones anteriores.

Según el POT 2004 (Secretaria Distrital De Planeación, 2020) De acuerdo con la Ley 388 de 1997, el suelo urbano se define como “las áreas del territorio distrital o municipal destinadas a usos urbanos por el plan de ordenamiento, que cuenten con infraestructura vial y redes primarias de energía, acueducto y alcantarillado”.

## **2. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

La presente investigación pretende proporcionar un estudio acertado mediante un análisis regular de los alcantarillados y del uso del suelo residencial, dando a conocer la importancia de las inspecciones CCTV ya que estas se centran y abarcan todas las especificaciones en su totalidad. Así mismo, con los datos que son el resultado de estas inspecciones poder realizar posteriormente su mantenimiento.

De acuerdo con lo anterior, surge la pregunta ¿por qué centrar la investigación en el uso del suelo residencial? Respuesta que se obtiene una vez se realice el análisis de la información que contiene las inspecciones CCTV realizadas por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, la cual es regida por la normatividad NS-058, donde se encuentra contemplada toda la clasificación de las fallas y su código de identificación, tipo falla estructural, operacional o de inventario y grado de daño.

Dicha investigación se centra en clasificar las UPZ residenciales y cómo priorizar las inspecciones CCTV en la ciudad de Bogotá, analizando la base de datos de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, análisis de mapas, estudio del estado arte, aplicación del uso de software como RStudio y ArcGIS. De igual forma estudiar y reconocer los métodos CCTV utilizados con tecnología de calidad por otros países.

### **3.OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo General**

Analizar la base de datos y registros de la ciudad de Bogotá, clasificandolos por UPZ con usos del suelo residencial, para identificar zonas que requieran inspección o rehabilitación del Sistema de Alcantarillado.

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Conocer la información sobre los métodos actuales de inspección que se realizan a los sistemas de alcantarillado en diferentes países que cuenten con dicha información.
- Identificar las fallas estructurales, operacionales y de inventario por UPZ con uso del suelo residencial, mediante el análisis estadístico.
- Evaluar los problemas encontrados en los usos del suelo residenciales y ordenarlos por prioridad de acuerdo con la necesidad de rehabilitación, hallados en el análisis de la información de inspecciones CCTV.

## **4. MARCOS DE REFERENCIA**

### **4.1 Marco Teórico**

La red de alcantarillado tiene como fin llevar las aguas servidas, entre ellas están las aguas lluvias, domésticas e industriales, puesto que son generadas por la población y los cambios climáticos que se presentan actualmente en la ciudad. En primer lugar, los sistemas de alcantarillado tienen a cargo la recolección y disposición de las aguas residuales y lluvias, de este modo evita una posible problemática, ya sea sanitaria o en salud pública debido a la composición de estas mismas.

#### **4.1.1 Orígenes de las aguas residuales.**

Aguas Lluvias: “Aguas provenientes de la precipitación pluvial” (RAS-0330).

Aguas Residuales “Desechos líquidos provenientes de residencias, edificios, instituciones, fábricas o industrias” (RAS-0330).

Aguas Residuales Domésticas: “Desechos líquidos provenientes de la actividad doméstica en residencias, edificios e instituciones” (RAS-0330).

Aguas Residuales Industriales: “Desechos líquidos provenientes de las actividades industriales” (RAS-0330).

Aguas De Infiltración: “Agua proveniente del subsuelo, indeseable para el sistema separado y que penetra en el alcantarillado” (RAS-0330).

## **4.1.2 Tipos de sistemas.**

### **4.1.2.1 Sistemas convencionales.**

Los alcantarillados convencionales son los sistemas tradicionalmente utilizados para la recolección y transporte de aguas residuales o lluvias hasta los sitios de disposición final. Estos tipos de sistemas convencionales se dividen en alcantarillados separados y alcantarillados combinados. En el primer sistema, las aguas residuales como las pluviales son recolectadas y evacuadas por sistemas independientes, por otro lado, en el sistema combinado hacen referencia en tanto que las aguas residuales como las aguas lluvias son recolectadas y transportadas por el mismo sistema de tuberías (RAS-0330).

En este sistema todas las aguas se transportan por una única red, la cual tiene como destino la planta de tratamiento de aguas residuales. Asimismo, necesita una inversión menor para el mantenimiento de la red, el caudal que transporta es aún más grande que la red sanitaria de alcantarillado. Lo cual genera un aumento en los costos.

Las ciudades que cuentan con un sistema combinado necesariamente deben contar con una PTAR con mayor capacidad. Su funcionamiento depende de las condiciones dinámicas, por lo cual cuando el caudal se encuentra en sus picos más altos, su flujo debe ser desviado con frecuencia; de este modo puede comprometerse la calidad del efluente.

#### **4.1.2.2 Sistemas No convencionales.**

Debido a que los alcantarillados convencionales usualmente son sistemas de saneamiento costosos especialmente para localidades con baja capacidad económica, en las últimas décadas se han propuesto sistemas de menor costo que son alternativos al alcantarillado convencional de aguas residuales, basados en consideraciones de diseño adicionales con una mejor tecnología disponible para su operación y mantenimiento. Dentro de estos sistemas alternativos están los denominados alcantarillados simplificados, los alcantarillados condominales y los alcantarillados sin arrastre de sólidos. Los sistemas no convencionales pueden constituir alternativas de saneamiento cuando, partiendo de sistemas in situ, se incrementa la densidad de población (RAS-0330)

Los sistemas de alcantarillado alternativos pueden ser:

1. Los alcantarillados simplificados trabajan como un alcantarillado de aguas residuales convencional, pero teniendo en cuenta para su diseño y construcción consideraciones que permiten reducir el diámetro de las tuberías tales como la disponibilidad de mejores equipos para su mantenimiento, que permiten reducir el número de cámaras de inspección o sustituir por estructuras más económicas (RAS-0330).
2. Los alcantarillados condominales son sistemas que recogen las aguas residuales de un conjunto de viviendas que normalmente están ubicadas en un área inferior a 1 ha mediante tramos simplificados, para ser conducidas a la red de alcantarillado municipal o eventualmente a una planta de tratamiento (RAS-0330).

“Los alcantarillados sin arrastre de sólidos son sistemas en los que el agua residual de una o más viviendas es descargada a un tanque interceptor de sólidos donde éstos se retienen y degradan, produciendo un efluente sin sólidos 20 sedimentables que es transportado por gravedad en un sistema de colectores de diámetros reducidos y poco profundos” (RAS-0330).

#### **4.1.2.3 Sistemas In Situ.**

Por otro lado, existen sistemas basados en la disposición in situ de las aguas residuales como las letrinas y tanques, pozos sépticos y campos de riego, ya que son sistemas de muy bajo costo y pueden ser apropiados en áreas suburbanas con baja densidad de población y con adecuadas características del subsuelo. En el tiempo, estos sistemas deben considerarse como sistemas transitorios a sistemas no convencionales o convencionales de recolección, transporte y disposición, en la medida en que el uso de la tierra tienda a ser urbano (RAS-0330).



## **5. MARCO LEGAL**

Resolución 0330 de 2017, (Junio 08), expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. (El Ministerio de Vivienda, Ciudad Y Territorio, 2017) Norma técnica de servicio (NS-058) Aspectos técnicos para las inspecciones de redes y estructuras de alcantarillado por la cual se reglamenta la inspección y mantenimiento de las redes de alcantarillado de forma preventiva y correctiva.

## **6. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.**

En la actualidad, la ciudad de Bogotá cuenta con sistemas de alcantarillado insuficientes y deteriorados, ya que los servicios de mantenimiento de la red de saneamiento son escasos y de alto costo. En el caso de la red doméstica, la obstrucción por sólidos que acceden a través de los conductos y presenta taponamiento por diferentes materiales; y, en el caso de la red pluvial, el bloqueo por sedimentos y el control de las crecientes y riesgos por inundación en épocas de invierno de acuerdo con las condiciones topográfica hidrológicas y socioeconómicas.

Si bien es cierto debido a la insuficiencia de equipos y de herramientas con las cuales se cuenta, se evidencia que se tiene una tecnología limitada, mientras que en los países desarrollados consideran que la tecnología de inspección en los conductos es de vital importancia para su capacidad resolutive, es por esto por lo que, las redes de alcantarillado requieren de un mantenimiento periódico para conocer el estado de las tuberías y de este modo evitar futuras problemáticas en las ciudades.

En ocasiones, se pueden presentar condiciones desfavorables en los sistemas de alcantarillado, las cuales ponen en peligro la integridad de la infraestructura. Un primer ejemplo es la corrosión, la cual se presenta y como consecuencia de transportar agua con materia orgánica, como en el caso del agua residual. La tubería posee un alto nivel de estado crítico debido a la erosión que sufre la misma por un desgaste que puede llegar a tener la pared por el impacto de la fricción por la perforación y por los esfuerzos a la que esta es sometida. Por lo tanto, la problemática a la que están expuestos los sistemas de alcantarillado, como las consecuencias de la privación de estudio para ilustrar algunos problemas que pueden generar fallas catastróficas en los conductos de estos sistemas.

## **7. FUNDAMENTOS PARA DESARROLLAR UNA APROPIADO RECONOCIMIENTO DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO**

Desde la óptica de los sistemas de alcantarillado residenciales, omitir la frecuente progresión respecto al aumento poblacional y considerar la capacidad necesaria de uso de agua. A medida que pasa el tiempo se presenta un aumento en los requerimientos de la tubería, teniendo en cuenta la estimación inicial para que fue evaluada y así es que se presentan mayores problemas y daños difíciles de controlar. Es preciso contar con redes de alcantarillado de calidad, con características idóneas para su funcionamiento, en concreto que no cuenten con deficiencias, y congestiones por efectos de residuos sólidos, esto con el fin de evitar la saturación de las redes, que así mismo genera reboses de aguas residuales. De lo contrario la amplitud de la tubería se reduce, de esta manera su rendimiento no se refleja con la intención de asistir las necesidades. Es por esto por lo que se debe determinar una forma o método que permita la valoración y la efectiva toma de decisiones.

Los métodos de evaluación del estado de tuberías pueden minimizar significativamente el riesgo de rotura de tuberías de gran diámetro que puedan traer consecuencias graves en aspectos económicos, políticos y legales, así como la seguridad y salud pública (Mazzini Mite & Torres Ortiz, 2015).

En otro orden de ideas, estas condiciones son supervisadas periódicamente por las entidades que regulan mediante la normativa vigente, con la cual rige y se garantiza un correcto funcionamiento del sistema. Así mismo, dando la importancia que requiere.

## 7.1 Condiciones Climáticas

Los sistemas de alcantarillado urbano se planifican con base en el caudal de diseño obtenido de su procedimiento desarrollado. Por lo tanto, el proceso que resulta es incierto en cuanto a las condiciones climáticas a causa de los imprevistos que se evidencian respecto a las variables climáticas como la temperatura, la precipitación, la humedad relativa, el nivel del mar.

En general, las estrategias de mitigación en el contexto del agua se pueden clasificar entre aquellas basadas en la naturaleza y las impulsadas por la tecnología. Las soluciones basadas en la naturaleza ofrecen un modo de ir más allá de la práctica habitual y abordar muchos de los desafíos relacionados con el agua en todo el mundo, a la vez que reportan beneficios secundarios esenciales para todos los aspectos del desarrollo sostenible. Estas soluciones emplean o imitan procesos naturales para aumentar la disponibilidad del agua (por ejemplo, la retención de la humedad del suelo y la recarga de las aguas subterráneas), mejorar su calidad (por ejemplo, los humedales naturales y artificiales), y reducir así los riesgos asociados al cambio climático y los desastres relacionados con el agua. (ONU, 2019)

También la variación en el clima no solo se observa en el decrecimiento de la temperatura; además se aprecia en fenómenos climáticos como lo son el Fenómeno del Niño y de la Niña (El Niño Southern Oscillation - ENSO).

El efecto de “La Niña” en nuestro país se caracteriza por un aumento considerable de las precipitaciones (anomalías positivas) y una disminución de las temperaturas (anomalías negativas) en las regiones Andina, Caribe y Pacífica, así como en áreas del piedemonte de los Llanos orientales, mientras que en la zona oriental (Orinoquía y Amazonía), dichas variables tienden a un comportamiento cercano a lo normal, sin ser muy claro el patrón

climatológico ante la presencia de un evento frío. No obstante, algunas “Niñas” como la analizada en el presente documento, inciden para que se registren ligeros déficits de precipitación en amplios sectores de la Orinoquía (especialmente del centro y sur), lo que “normalmente” provoca una disminución de los niveles de los ríos de la región, en relación con los promedios de las diferentes épocas. Una situación similar se presenta en la mayor parte de la Amazonía colombiana, señalando que asimismo en tierras ecuatorianas y peruanas, una “Niña” favorece déficits de precipitación, por lo cual, los niveles del río Amazonas a la altura de Leticia, tienden a disminuir significativamente. (Euscategui & Hurtado, 2011)

## **7.2 Crecimiento Poblacional**

A pesar de la variabilidad en las condiciones climatológicas, el régimen pluviométrico y el crecimiento poblacional son un factor que repercute la función de los sistemas de alcantarillado, debido a que provoca densificación y un incremento del área impermeable en la ciudad, de tal forma que afecta de manera significativa en la demanda de caudales ya que debe ser contemplada por el sistema, Referente a aguas para uso doméstico. En cuanto a los dos factores significativos, en la actualidad se tiene diversas acciones sobre el sistema de alcantarillado que permiten mitigar estos efectos, y siendo una de las importantes implementar el Control en Tiempo, otra es la reducción de caudales en los picos por consecuencia a la gran afluencia. Pero ya sea que se ponga en ejecución, es indispensable y una necesidad utilizar las redes de alcantarillado existentes, de esta manera se considera que con conocimiento de las redes y uso adecuado se puede evitar el mal funcionamiento por obstrucciones o daños que se derivan repetidamente porque no se les realiza el mantenimiento adecuado.

### **7.3 Tipos de fallas frecuentes en las redes de alcantarillado**

Las inspecciones y los registros de fallas de tuberías, se puede revisar para identificar los tipos de defectos de las tuberías que se encuentran típicamente en un sistema, así como la clasificación comparativa de cada tubería para futuras inspecciones y trabajos de reparación, rehabilitación. Los defectos más comunes en las tuberías de alcantarillado son grietas y tuberías rotas; intrusión de raíces; acumulación de grasa, arena y escombros; juntas compensadas; corrosión; fugas (por ejemplo, en las articulaciones, laterales o en general); y caídas de la tubería. Esta información se puede utilizar para guiar la selección de tecnología para la evaluación de condiciones (Tuccilo, M, 2010).

Tabla 1. Defectos de tuberías frecuentes según material

Defecto	Hormigón			Ferroso		Cerámico		El plástico	
	Hormigón	Amianto cemento	PCCP /	Hierro fundido/		VCP		CLORUR	HDPE
<b>Superficie interna de la tubería</b>									
Intrusión de raíz	•	•	•	•	•	•	•		•
Acumulación de grasa	•	•	•	•		•	•	•	•
<b>Estado de la pared de la tubería</b>									
Grietas / tubería rota	•	•				•			
Corrosión interna		•	•	•	•				
Corrosión externa			•	•	•				
<b>Fuga</b>									
General	•	•		•		•		•	
Fuga conjunta			•		•				
Laterales con fugas				•					•
<b>Alineación / grado</b>									
Alineación				•				•	•
Desalineación articular	•	•		•		•			
Desviación excesiva					•			•	•
Calificación								•	•
<b>Otro</b>	1					2		3	4

Fuente: Moreno, J. S. O. (2014). Universidad de los Andes Facultad De Ingeniería Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.

De acuerdo con los sistemas de alcantarillado, lo más desfavorable en la mayoría de los caudales es el aumento en las redes, lo cual trae consigo los deterioros en ciertos intervalos por corrosión, daños en la edificación y proporciona información de punto de partida para su respuesta resolutive. También es cierto que las fallas en las tuberías no son fáciles de detectar, es por esto por lo que se debe buscar las maneras más efectivas como el tipo de material de las tuberías dependiendo como actúan en exposición del medio. Los defectos pueden variar de unos a otros incluyen agrietamiento, curvaturas en las tuberías, acumulación de grasas, fallas estructurales entre otras. Además, lo que se estima por el envejecimiento de red, una afectación indeseable por el tipo de mantenimiento que requiere y muchas veces las fallas no pueden ser reparadas por su construcción obsoleta; requiere una construcción nueva y cambio total de las tuberías.

Dependiendo la revisión del problema que se pueda estimar, las fallas en las tuberías pueden variar desde los daños que surgen dentro de la estructura de acuerdo con lo que respecta a los sumideros y los pozos de inspección; que tienen presencia generalmente con el posible desprendimiento del ladrillo y estado deteriorado de sus partes como la tapa o la rejilla entre otras. Además de variación que pueden surgir con la dirección del flujo en la red de alcantarillado.

Las afectaciones en las tuberías que se dan de manera anticipada se originan del mal manejo en la instalación de la tubería y el uso de calidad mínima en los materiales que se emplean. Así mismo los imprevistos por causa del cambio de temperaturas y las propiedades del agua residual.



### 7.3.1 Patologías De Los Sistemas De Alcantarillado

La red de saneamiento generalmente es difícil inspeccionarla y lograr posibles incidencias. Pronosticar y prevenir las potenciales patologías en sistemas de alcantarillado es la herramienta técnica que permite la inversión acertada y oportuna de recursos técnicos y financieros, mediante la planificación y proyección con mayor impacto y optimizando los menguados recursos económicos de que dispone el Estado (Efrén & Zúñiga, 2012)

Sin duda es una propuesta útil ya que Colombia y América latina se asemejan a las mismas situaciones y empleando esta técnica la cual considera los factores internos y externos que pueden incurrir en la precisión de patologías. Para la definición de las patologías, la tecnología permite sacar el máximo provecho de la inspección directa mediante el uso de la robótica, que incorpora cámaras de alta resolución y con autonomía de movilidad, facilitando la visualización con nivel de detalle de lo que ocurre internamente en el ducto.

De este modo no solo muestra los problemas más comunes, sino que ofrece el suministro y registro de información, con una sencilla ilustración con una recopilación de los problemas presentes. De esta forma las patologías más habituales son:

- Corrosiones
- Presencia de raíces
- Juntas abiertas
- Roturas puntuales y continuas
- Infiltraciones
- Sedimentos
- Grieta longitudinal
- Grieta circular
- Vejez

Así pues, permite la visibilidad en tiempo real de la situación, con el fin de tomar decisiones que incurran de modo financiero ya sea a mediano y largo plazo, de este modo evidenciar cual es la principal patología detectada en la investigación. Dado que puede ser causa ya sea por: procesos constructivos en tuberías más recientes, mal uso del sistema de desagüe por presencia interna de elementos etc.

## **8. DIAGNOSTICO**

Se podría decir que implementar un método de diagnóstico para la evaluación de los Alcantarillados es de vital importancia para una adecuada toma de decisiones, ya que se enfoca principalmente en tramos o lugares en los cuales se debe hacer una recuperación, considerando que asumir deliberadamente que grandes tramos posiblemente estén en las mismas condiciones, como consecuencia trae consigo un aumento significativo en el presupuesto establecido.

Estimar un costo para efectuar una profunda evaluación con la tecnología adecuada y avanzada, representa un valor elevado, ya que está directamente relacionado con los tramos a rehabilitar. De acuerdo con lo anterior, es necesario contar con las inspecciones de alcantarillado, debido a que minimizan significativamente el riesgo de rotura de tuberías de gran diámetro, que corresponden a causales económicos, políticos y legales, así como la seguridad y salud pública.

Desde una perspectiva más general, las empresas prestadoras de servicios básicos deben cumplir con normativas gubernamentales ambientales, por lo cual hacer inspecciones de estas redes nos arroja información precisa sobre la integridad de estas mismas, así mismo ayudan a resaltar el valor que tiene cada una de ellas para la infraestructura subterránea,

permitiendo establecer con gran magnitud estándares de valorización para a el mantenimiento, ya que al pasar de los años las grandes ciudades han puesto a las vista los servicios más avanzados en cuanto a tecnología, y nosotros optando por estos equipos tenemos mayor información tal que permita reducir costos de operatividad.

De esta manera para dar comienzo a un proceso de diagnóstico de alcantarillado es indispensable establecer fijar una etapa de “planificación preliminar” en la cual se evalúa su funcionalidad, y se adopta el procedimiento idóneo para la determinar las condiciones actuales de las redes.

### 8.1 Proceso Diagnostico Para Evaluar La Operatividad Actual Del Sistema

Ilustración 1. Proceso diagnostico para evaluar la operatividad actual del sistema



Fuente: Elaboración Propia

## **9. TECNICA APLICADA POR LA EAAB-ESP PARA LAS INSPECCIONES DE REDES DE ALCANTARILLADO**

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB-ESP) inicio las inspecciones y reparo de las redes de alcantarillado apoyándose en el sistema de circuito cerrado De Televisión (CCTV) en el año 2000. Con la fundamentación de esta tecnología, La Dirección de Mantenimiento realizo el documento “Operación de Equipos de Circuito de Televisión. consigo dio paso a la fundamentación de la Norma Técnica De Servicio NS-058 “Aspectos Técnicos Para Inspección y Mantenimiento de Redes y Estructuras de Alcantarillado” a su vez tomo vigencia en el año 2002.

### **9.1 Norma Técnica De Servicio NS-058 EAAB-ESP**

Esta norma regula las inspecciones y mantenimiento de las redes de alcantarillado de forma preventiva. Allí se dispone que el mantenimiento de las redes es una manera de rehabilitación y limpieza. Esta restauración de las redes se basa en la extracción de cualquier material que impida el buen funcionamiento de las tuberías, ocasionando interrupciones en el flujo del agua. de este modo se pueda reconocer las características y el grado obstrucción, demandando la necesidad de algún recurso humano o mecánico para su restauración.

### **9.1.1 Grados De Obstrucción De La Tubería**

Uno de los parámetros para tener en cuenta y que se asemeja a un daño en la tubería se debe al grado de obstrucción que consideran en las inspecciones. El grado se dividen en tres dentro los cuales están:

Puntual, en este caso es una obstrucción en el tramo con material ubicado dentro de la tubería. Parcial, la obstrucción es de una longitud mayor a la puntual y total es la que impide el paso del flujo en el tramo. De este modo la obstrucción genera estancamiento en el flujo lo cual puede causar desbordamientos e inundaciones.

### **9.1.2 Aspectos Previo A La Inspección De Alcantarillados**

La inspección de una red se define como: “la revisión del estado constructivo, operativo y estructural de las mismas, con el fin de evaluar daños, obstrucciones, conexiones erradas y otras alteraciones en las redes o estructuras, utilizando para ello métodos y equipos aprobados por la Empresa de Acueductos y Alcantarillado de Bogotá (E.A.A.B) -E.S.P.” (Alcaldía de Bogotá, 2015)

Las inspecciones de redes se deben realizar primeramente antes de hacer una inspección interna, posteriormente se debe asegurar una serie de pasos para garantizar la seguridad de los operarios y equipo. Sin embargo, las condiciones climatológicas se deben tener en cuenta, ya que en el sitio pueden incurrir lluvias en las zonas afluentes, con el fin de prevenir la presencia de altos flujos que puedan provocar que el equipo y los operarios sean arrastrados en el momento de la inspección. Desde luego se toman medidas preventivas como desviar los cauces previos a la inspección.

## **CONSIDERACIONES PREVIAS**

Efectuar la limpieza de la tubería y verificación y obstrucciones de la tubería con al menos de 72 horas antes de la inspección con cámara de televisión, a fin de evitar almacenamiento de depósitos en el periodo entre la limpieza y el paso de la cámara. (Alcaldía de Bogotá, 2015)

Deben indicarse previamente las condiciones especiales como: peligro de caída, composición de las aguas residuales. En caso de detectar la presencia de gases tóxicos de acuerdo con "NS-111 Requisitos mínimos de higiene y seguridad industrial en espacios confinados" tomar medidas necesarias como equipos de ventilación. (Alcaldía de Bogotá, 2015)

Se debe verificar que los caudales de la tubería sean bajos, que permitan que la cámara aprecie los detalles sin obstrucción de visualización en los focos de proyección. (Alcaldía de Bogotá, 2015)

Es de vital necesidad que la red se encuentre libre de aguas residuales, estas pueden desviarse reteniéndolas temporalmente o bombeándolas, estos procedimientos se regulan a través de la norma "NS-069 Manejo de aguas en actividades de construcción y mantenimiento de redes". (Alcaldía de Bogotá, 2015)

Anticipadamente y durante toda la etapa deben tomarse las medidas de protección y seguridad industrial necesarias para evitar ambientes explosiva dentro de la tubería. La EAAB-ESP regula estos procedimientos con la norma "NS- 111 Requisitos mínimos de higiene y seguridad industrial en espacios confinados", y aquellas relacionadas con manejo de impacto urbano que apliquen para el desarrollo de esta actividad, de acuerdo con la

norma de la E.A.A.B-E.S.P "NS-038 Manual de manejo del impacto urbano" (Alcaldía de Bogotá, 2015).

### **9.1.3 Inspección externa**

Se basa en el reconocimiento del terreno en el cual se encuentran las tuberías a inspeccionar y se disponen de ciertos parámetros a tener en cuenta para su ejecución:

“Nivel y estado de las tapas de los pozos de inspección. Formación de fisuras en el pavimento de las vías. Hundimientos en el eje de las tuberías. Lugares de agua estancada” (Alcaldía de Bogotá, 2015).

Para localizar a primera vista la apariencia de las conexiones erradas al alcantarillado pluvial, nos centramos en los malos olores del agua, a través de los sumideros y sifones en los predios, y en épocas de inviernos buscamos las zonas donde las tuberías están rebosadas.

### **9.1.4 Prueba Con Trazados**

Para encontrar las conexiones erradas se debe realizar una demostración con trazadores. La EAAB-ESP nos da conocer una definición para esta prueba:

“Esta prueba debe ser realizada incorporando colorantes de diferentes colores en los diversos desagües domiciliarios tales como inodoros, rejillas, sifones, lavamanos, bajantes, etc. O los sitios de los cuales se supone existe una conexión errada y la posterior verificación visual en el sitio afectado de la aparición de aguas del mismo color” (Alcaldía de Bogotá, 2015)

### **9.1.5 Inspección Al Interior De Las Tuberías**

La inspección se puede ejecutar de diferentes formas, dependiendo del tipo de tubería y su sección transversal. Una de estas formas es con el equipo CCTV, a continuación, se debe evaluar cualitativamente algunos aspectos:

“Obstáculos al flujo, Desviaciones de ubicación, Deterioro mecánico (desgaste), Corrosiones internas, Deformaciones, Grietas, Uniones de tuberías, Fugas, Infiltraciones, Conexiones erradas” (Alcaldía de Bogotá, 2015).

### **9.1.6 Equipo Empleado Para Las Inspecciones**

En el numeral 4.2.1.4.3 de la norma NS-058 establece que el equipo debe contar para la realización de las inspecciones con circuito cerrado de televisión (CCTV).

#### **Sistema de Cámara de Televisión**

La cámara debe ser diseñada para operaciones de inspección de tuberías; además tener la capacidad de operar en medios húmedos, hasta de 100% de humedad relativa, resistente y ser a prueba de agua, ser capaz de soportar profundidades en aguas negras durante períodos prolongados. Debe contar desplazamientos horizontales y verticales y en general giros de 360°; en el caso de desplazamientos verticales el arco no deberá ser inferior a 225° (Alcaldía de Bogotá, 2015)



## **Monitor de televisión**

Deberá ser a color y permitir ver la acción de la cámara digital en vivo, así como las grabaciones. Asimismo, la imagen exhibida en el monitor deberá ser clara, estable y libre de interferencia eléctrica. La pantalla del monitor deberá tener un mínimo de 38 cm (15 pulgadas) en sentido diagonal. (Alcaldía de Bogotá, 2015)

Los equipos deben proyectar los datos más importantes, como fecha, hora y lugar de la inspección. De igual forma el nombre del objeto de inspección, la distancia recorrida y el número de fotografías reflejadas en el monitor. De esta manera obtener información precisa de la inspección.

### **9.1.7 Identificación De Defectos En Las Redes**

Los defectos en las redes de alcantarillado pueden ser clasificados según su ubicación y magnitud. Este proceso se hace en sincronía, dado que al finalizar la inspección califica la tubería basándose en las fallas registrada. Sin embargo, se tiene en cuenta el material y la edad de las tuberías.

## **10. GRADOS DEFINIDOS POR EAAB -ESP**

### **Grado 1 Diagnóstico**

Recomienda realizar nueva inspección en un plazo de 4 a 5 años, para verificar el estado estructural del tramo (Alcaldía de Bogotá, 2015).

## **Grado 2 Diagnóstico**

Se recomienda realizar las acciones de mantenimiento con el fin de corregir los daños encontrados y hacer nueva inspección en un plazo de 3 a 4 años para analizar el riesgo estructural (Alcaldía de Bogotá, 2015).

## **Grado 3 Diagnóstico**

Se deben realizar acciones de mantenimiento que permitan corregir los defectos priorizándolos de acuerdo con la gravedad o calificación; con el fin de realizar una nueva inspección en un plazo de 2 a 3 años para verificar con el resultado, las acciones realizadas y que no se ha incrementado el riesgo estructural (Alcaldía de Bogotá, 2015).

## **Grado 4 Diagnóstico**

Los defectos encontrados son de gran importancia y pueden generar problemas de tipo estructural. Recomendaciones Se deben tomar medidas preventivas o correctivas realizando acciones de mantenimiento que impidan una propagación del daño; priorizando los defectos según la gravedad o calificación. Programar nueva inspección en un plazo de 1 a 2 años para analizar el resultado de las acciones ejecutadas (Alcaldía de Bogotá, 2015).

## **Grado 5 Diagnóstico**

La tubería está a punto de colapsar. Recomendaciones Se deben ejecutar las acciones de saneamiento necesarias, de carácter urgente; para dejar en operación el tramo afectado. Se debe analizar la posibilidad de una reposición o rehabilitación total o puntual del tramo (Alcaldía de Bogotá, 2015).

## **10.1 Análisis y Evaluación NS-058**

La norma NS-058 permite la evaluación del estado operacional y estructural de las redes (Alcaldía de Bogotá, 2015). En la mayoría de los estudios que han realizado bajo esta normatividad los datos obtenidos por parte del acueducto clasifican las tuberías en un estado entre 4 y 5.

Otro aporte a lo que respecta la normatividad es que la base de su cambio es con respecto a los estándares internacionales y lo más relevante es que se utilice nuevas tecnologías, herramientas multisensores, escáneres laser y demás formas de nueva tecnología.

Para poder realizar una modificación en la norma tuvieron que hacer reuniones con dirección red troncal, planeación y control, gerencia corporativa tecnología. Con DITG PACP (codificación de defectos estructurales) se utilizó para el cambio de la normatividad teniendo en cuenta los estándares de estados unidos y además que es desarrollado por la Nasso en el 2001 y es avalado por la EPA.

## **11. EQUIPOS Y TECNOLOGIA**

Hoy por hoy, ahí gran variedad de técnicas y herramientas, que proporcionan un punto de partida para realizar la inspección; respectivamente con sus fundamentos y con un amplio campo de tecnología. De igual manera se cuenta con programas que recopilan la información y al ejecutar la inspección. Guardan la información en un Banco de almacenamiento y esto permite que se pueda producir un informe, así de esta manera vincular con los SIG (Geographical Information System).

A partir de la ingeniería hay países que utilizan alta tecnología en inspección CCTV, teniendo en cuenta que son países con más poder adquisitivo y económico, estos equipos son más precisos y optimizan los tiempos, dando la oportunidad de realizar mayores inspecciones en comparación con los sistemas que hay en Bogotá – Colombia que son escasos, y no suplen completamente todas las necesidades. Las diferencias se centran en la calidad de las imágenes y el sistema de monitoreo en la unidad móvil. Las técnicas de inspecciones más utilizadas en diversos lugares del mundo.

### **11.1 Técnicas de Inspección**

De este modo se determinan algunas técnicas de inspección que son llevadas a cabo en diferentes partes del mundo.

#### **11.1.1 Inspección Directa**

Se practica en España-alicante y consiste en introducir una persona a la tubería, que se propone determinar las condiciones del alcantarillado teniendo en cuenta su perspectiva y criterio, se debe contemplar que solo se permite realizar en lugares grandes que no se obstaculice el paso.

Sin embargo, en Colombia se realiza en tuberías de diámetro mayores a 36". Así mismo con un recorrido (a pie o en vehículo) en el cual se debe adquirir información, tanto estructural como económica, respecto a las afectaciones de las tuberías, Como el estado actual de la tubería debe documentarse, se deben fotografiar o filmar los daños detectados. A su vez, desde otra perspectiva de seguridad y sanidad, no es la técnica más favorable,

debido a que se ven expuestos los usuarios prestadores del servicio en cuanto a factores de integridad física y salud.

### **11.1.2 Inspección Indirecta**

Esta técnica se ejecuta en tuberías inaccesibles puesto que sus redes son menores a 1200mm. Uno de los métodos convencionalmente usados es la inspección por CCTV, sin embargo, los sistemas deben tener la capacidad de resolución mayor a la que se obtiene con una inspección directa.

### **11.1.3 Sistema de Escáner Por Laser**

Es un sistema que cuenta con tecnología de primera categoría, que tiene la capacidad de medir el contorno de la tubería con una precisión mayor a 1mm, en esta vienen adaptados microprocesadores computarizados, ya que el escaneo consiste en un haz de rayos láser que nos proporciona una distancia milimétrica en cada dirección, produciendo información de millones de puntos en los 360 grados. Esto nos permite mejorar enormemente el proceso de recogida de datos y obtener un modelo en tres dimensiones con una gran precisión (RiskMapping, 2008). Esta permite que la información ingresada sea procesada y analizada de acuerdo con la inspección, con el fin de obtener resultados que reconozcan más allá de la información suministrada.

De esta forma es un sistema que con exactitud puede establecer un criterio acertado sobre el estado a y diseño actual de las tuberías como, profundidades del flujo, diámetro, deformaciones, separación de juntas y algunos depósitos incrustados alrededor de las paredes de la tubería, No obstante, estos sistemas se complementan con el sistema CCTV

que tan bien es una herramienta precisa que permite determinar la cantidad de fallas presentes.

#### **11.1.4 La Prueba de Humo**

Utilizada en Estados Unidos, es un ensayo ágil y con costos mínimos y se utiliza para establecer señales por los que se puede presentar grietas, este procedimiento consiste en pinchar humo a presión en una tubería para que las personas que están capacitadas puedan definir los lugares más comprometidos. (Moreno, 2014).

Ilustración 2. Prueba de humo



Fuente: Essal. (2016). Obtenido de <https://www.essal.cl/emergencia-osorno/inspeccion-pruebas-de-humo>

### **11.1.5 Pruebas con colorantes La prueba de trazadores (colorantes)**

Este es practicado con frecuencia en Londres, se efectúa fundamentalmente para reconocer las conexiones erradas. Radica en colocar un colorante en la tubería, dejando que fluya por todo el sistema, posteriormente reconocer y verificar que se ocupe su zona habitual, si aparece el color en tuberías donde no corresponde su transporte. Se debe deducir que ahí un inconveniente y asignar las inspecciones que satisfaga las necesidades.

Ilustración 3. Prueba de colorantes



Fuente: Moreno, J. S. O. (2014). *Universidad de los Andes Facultad De Ingeniería*  
*Departamento*

### **11.1.6 El Sonar (Navegación y rango de sonido)**

Es una herramienta que transfiere ondas a velocidad constante, en un ambiente húmedo.

Cuando topa con una obstrucción se trasluce, con el fin de que la superficie se pueda percibir y determina la característica de la tubería como su forma, y sus dimensiones entre otros.

Ilustración 4. El sonar

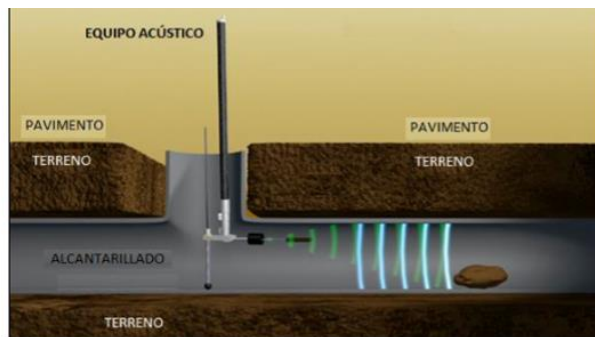


Fuente: Moreno, J. S. O. (2014). *Universidad de los Andes Facultad De Ingeniería*  
*Departamento*

### 11.1.7 Método Acústico

Este proceso es bastante fácil y su valor es asequible, radica en colocar un sensor acústico dentro de la cámara de vigilancia y no es necesario que se adentre en toda la tubería; ya que por encima de la altura del agua ejerce producción de ondas de sonido y chequea los obstáculos que se traslucen, para posteriormente con los datos obtenidos determinar las deficiencias de la tubería.

Ilustración 5. Método Acústico



Fuente: Moreno, J. S. O. (2014). *Universidad de los Andes Facultad De Ingeniería*  
*Departamento*



### 11.1.8 Cámara De Poste (Zoom Camera)

Se fundamenta en colocar una cámara de revisión, que sostiene una postura permanente, entre tanto inspecciona hasta su conclusión. Su lente de acercamiento y alejamiento, Además de ser un método muy asequible para el bolsillo. Es recomendado para una inspección ágil o para idea previa pero no para un análisis detallado, ya que los resultados no son tan precisos y su uso es muy escaso. Esta técnica generalmente es utilizada cuando la tubería está atascada y donde no llegan los aparatos tecnológicos (Robot).

Ilustración 6. Cámara de Poste



Fuente: Moreno, J. S. O. (2014). *Universidad de los Andes Facultad De Ingeniería*

*Departamento*

### 11.1.9 Escaneo Lateral

Esta clase de inspección, las cámaras entran dentro de la tubería y permite una imagen que se puede capturar desde varios puntos, ya sea frontal o angular y esto contribuye a que la información obtenida sea más completa que otros tipos de inspecciones, es decir el daño se perciba fácilmente.

Ilustración 7. Escaneo Lateral



Fuete: Moreno, J. S. O. (2014). *Universidad de los Andes Facultad De Ingeniería Departamento*

## 12. ENCUESTAS

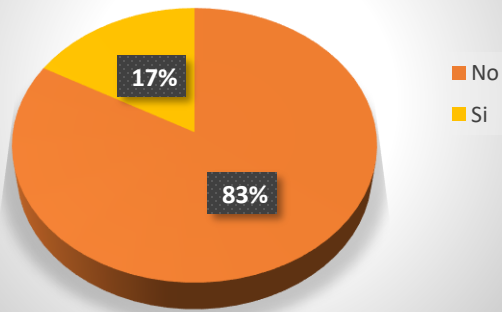
En este capítulo se presentan los resultados obtenidos que fueron aplicados a diferentes personas de la zona residencial del barrio Modelia, durante el periodo comprendido entre diciembre del 2020 y enero del 2021. De esta manera reconocer el pensamiento y conocimiento sobre las inspecciones CCTV y a su vez el estado y mantenimiento del alcantarillado. Esta encuesta fue realizada a 60 personas. Las cuales nos permiten tener un punto de partida para su respectivo análisis.

Ilustración 8. Encuestas Población Evaluada

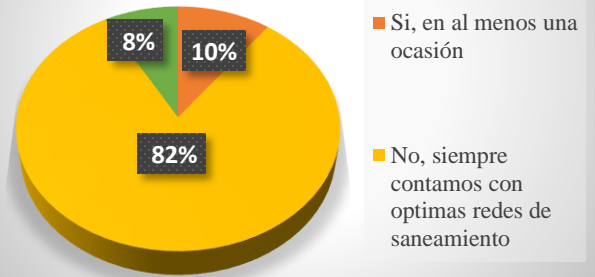


Fuente: Elaboración Propia

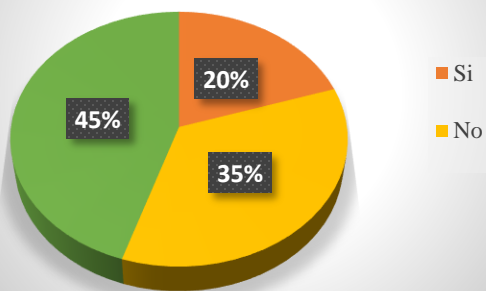
¿Reconoce el estado actual en el que se encuentra el sistema de alcantarillado?



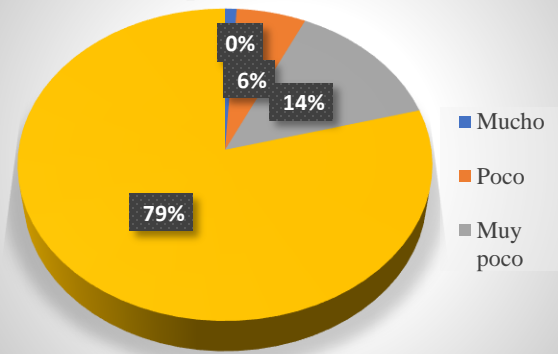
¿Ha habido algun momento en los ultimos meses en que su hogar se haya visto afectado por las aguas servida (aguas residuales)?



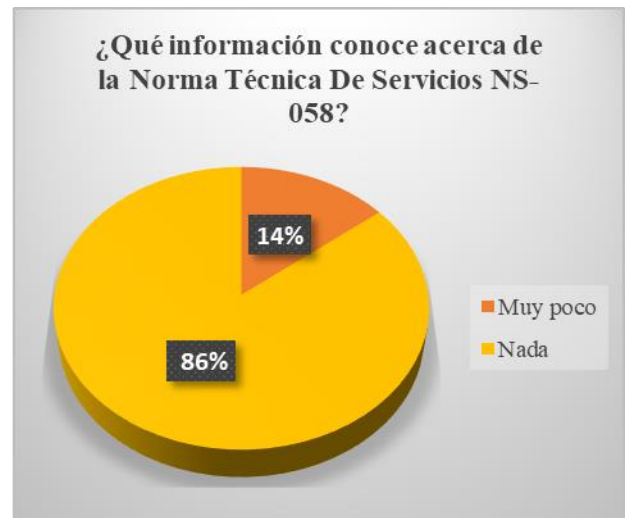
¿Reconoce los tipos de fallas que pueden haber en las zonas residenciales?



¿ Que sabe usted sobre las inspecciones CCTV ?



Fuente: Elaboración Propia



Fuente: Elaboración Propia

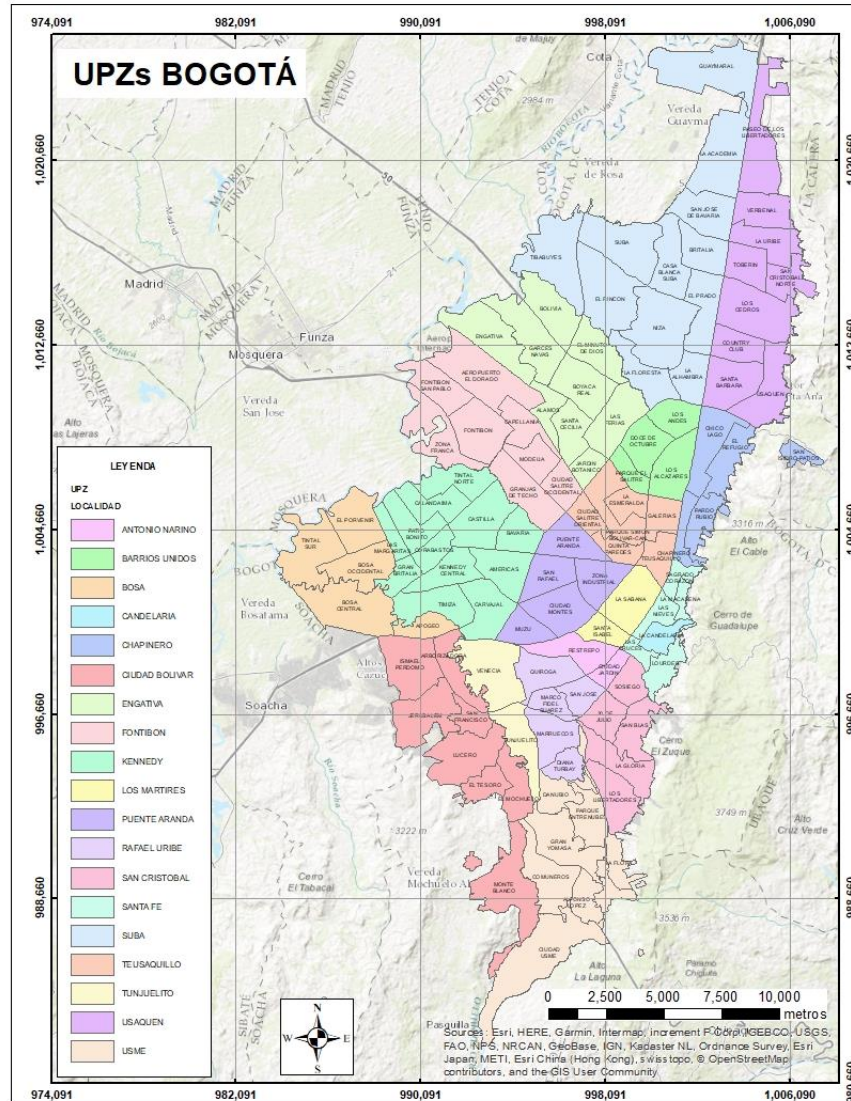
### 12.1 Análisis e Interpretación De Resultados

Una vez recopilada la información se llevó a cabo un análisis detallado y de forma precisa, creando un archivo en Microsoft Excel en donde se registran los resultados que posteriormente fueron representados por medio de gráficos, donde se evidencia que la mayor parte de la población encuestada desconoce las deficiencias y el estado actual del sistema de alcantarillado y su proceso de rehabilitación según sea la necesidad. de esta manera la necesidad puede que no sea tenida en cuenta debido a que carecen de factores concretamente como la disponibilidad de recursos y tecnología.

Cabe resaltar que la población presente desconoce el estado actual de sus redes, debido a falta de información y conocimiento. Así mismo el mantenimiento que requiere y el tipo de inspección para resolver el daño. De este modo manifestar su inconformidad resulta difícil ya que con exactitud no pueden plantear una idea y así no atribuir la importancia necesaria; que permita mantener toda la red de alcantarillado en óptimas condiciones.

### 13. ÁREA DE ESTUDIO

Mapa 1. Unidades de planeación Zonal (UPZs), Bogotá.



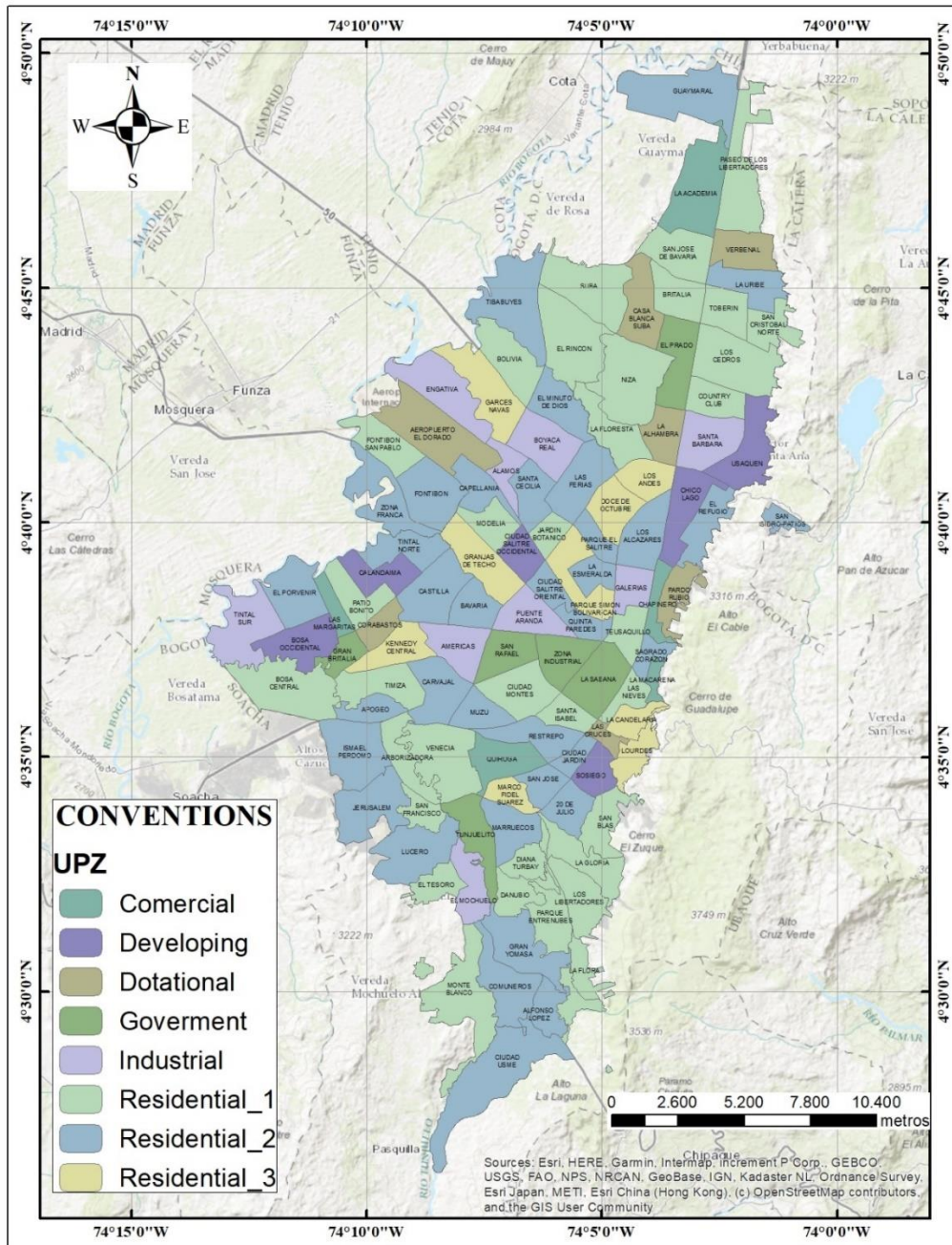
Fuente: Elaboración Propia

Como se evidencia en el mapa 1, Bogotá se distribuye en Unidades de Planeación Zonal (UPZ), sin embargo, la ciudad también se encuentra dividida por localidades, como se muestra en el mapa. Así mismo, para la presente investigación se realiza el análisis por UPZ ya que es una escala en la cual se cuenta con participación ciudadana en toma de decisiones para el ordenamiento de la ciudad de Bogotá. Las localidades con las que cuenta la ciudad de Bogotá son las siguientes:

### **LOCALIDADES (#20)**

- |                   |                    |
|-------------------|--------------------|
| 1. Usaquén        | 11. Candelaria     |
| 2. Suba           | 12. Kennedy        |
| 3. Fontibón       | 13. Bosa           |
| 4. Barrios Unidos | 14. Ciudad Bolívar |
| 5. Chapinero      | 15. Tunjuelito     |
| 6. Teusaquillo    | 16. Rafael Uribe   |
| 7. Engativá       | 17. Antonio Nariño |
| 8. Puente Aranda  | 18. San Cristóbal  |
| 9. Mártires       | 19. Usme           |
| 10. Santa Fe      | 20. Sumapaz        |

Mapa 2. Usos del suelo por unidad de planeación zonal (UPZ)



Fuente: Elaboración Propia

## **13.1 Clasificación Usos Del Suelo**

Como se evidencia en el Mapa 2, El decreto 190 2004 articulo 335-337 el cual indica los usos del suelo para la ciudad de Bogotá, los clasifica según sus actividades principales por UPZs, de este modo, se reconocen 8 usos del suelo, en los cuales la presenta investigación se enfoca en los usos residenciales 1, 2 y 3 respectivamente. Es por esto que, teniendo en cuenta las respectivas áreas de actividad según la zona establecida y la normatividad que la rige se tiene:

### **13.1.1 Área de Actividad**

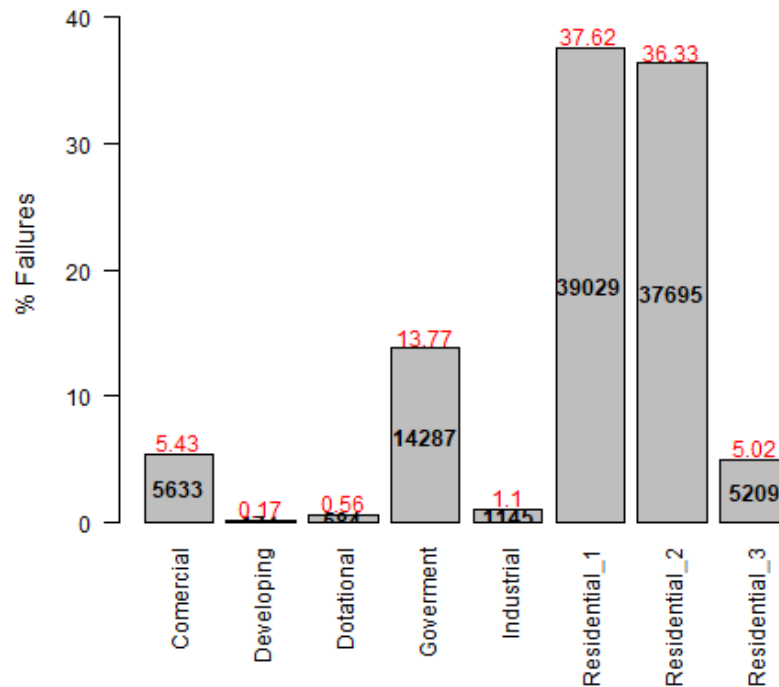
1. Área de Actividad Residencial
2. Área de Actividad Dotacional.
3. Área de Actividad de Comercio y Servicios.
4. Área de Actividad Central.
5. Área Urbana Integral.
6. Área de Actividad Industrial.
7. Área de Actividad Minera

#### **13.1.1.1 Área de Actividad Residencial**

Comprende las áreas de suelo urbano, en las cuales el uso más común es la vivienda, tal como el lugar donde las personas residen de manera constante y donde varían los diferentes usos del suelo. Esto es posible siempre y cuando sean reducidos los impactos. (POT, 2004)



Ilustración 9. Porcentaje uso del suelo en las áreas de actividad



Fuente: Elaboración propia, Software RStudio.

Una vez realizado el análisis por usos del suelo, se encontró que los usos de suelos con mayor porcentaje de fallas en el sistema de redes de la ciudad son los usos para las actividades Residenciales 1 y Residenciales 2, tal como se evidencia en la ilustración 9, con alrededor de 76724 fallas en los conductos de la red de Bogotá. El análisis fue realizado por medio del software RStudio donde se determinó el área de mayor influencia y el número de fallas respetivamente.

## Ilustración 10. Descripción de área de actividad tipo residencial

CÓDIGO	CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
AA-R1	Residencial Neto	Zonas de uso exclusivo residencial. Se permite la presencia de jardines infantiles y centros de adultos mayores.
AA-R2	Residencial predominante	Zonas de uso residencial predominante en las cuales se permiten el comercio y servicios y/o equipamientos de escala zonal.
AA-R3	Residencial con actividad económica en la vivienda.	Zonas residenciales donde predomina la mezcla de la vivienda con otros usos comerciales y de servicios, equipamientos de escala urbana y/o local e industria artesanal de bajo impacto.

Fuente: Alcaldía de Bogotá, A. de. (2015). *Norma tecnica de servicios*.

## 14. PARÁMETROS CALIFICABLES

Con base en la resolución NS-058 del Empresa de Acueducto y Alcantarillado de la Ciudad de Bogotá, presenta los parametros calificables por medio de puntuación, siendo 1 el nivel de calificación muy bajo y 5 para la calificación mas alta. De acuerdo a lo anterior, dicha resolución reconoce las clasificación de las fallas de la siguiente manera:

Tabla 2, Codigos y tipo de fallas Resolución NS-058

Denominación Falla	Código	Descripción
Estructural	1.1.1.1	Deformación o Deflexión
	1.1.1.2	Fisura Grieta o Fractura
	1.1.1.3	Rotura o Colapso
	1.1.1.4	Material Introducido en la Tubería
	1.1.1.5	Junta Desplazada
	1.1.1.6	Daños Superficiales
Operacional	1.1.2.3	Depósitos Pegados, Sedimentos o Ingresos de Suelo
	1.1.2.4	Otros Obstaculos
	1.1.2.5	Infiltración
	1.1.3.1	Reparación Puntual
	1.1.3.2	Defectos en la Conexión.
Inventario	1.1.3.3.	Nivel de Agua Dentro de la Red
	1.1.3.4	Infiltración
	1.1.3.5	Plagas
	1.1.3.6	Flujo en una conexión

Fuente: EAAB, 2001

#### 14.1 Aspectos Estructurales

La evaluación estructural califica el estado de las tuberías a inspeccionar, reconociendo las fallas estructurales identificadas a lo largo de la inspección. Cada una de estas es valorada por un sistema de puntuación y asociada con una clasificación para establecer el grado de deterioro del alcantarillado.

Tabla 3. Parámetros descripción estructural

<b>PUNTAJE MÁXIMO DE LA INSPECCIÓN</b>	<b>GRADO</b>
Menos de 10	1
10 - 39	2
40 - 79	3
80 - 164	4
165 +	5

Fuente: EAAB, 2001

## 14.2 Aspectos Operacionales

La evaluación operacional se determina por medio de la sumatoria de las deficiencias que se muestran a lo largo del recorrido de la red, que impide la conducción de las aguas. De esta forma ocasiona deterioro y alteraciones en la profundidad y velocidad del flujo.

Tabla 4. Parámetros Descripción Operacional

<b>Puntaje Medio</b> (Sumatoria del Puntaje/Longitud del Tramo)	<b>GRADO</b>
< 0.5	1
0.5 - 0.9	2
1 - 2.4	3
2.5 - 4.9	4
5+	5

Fuente: EAAB, 2001

## 14.3 Características por Inventario

Este hace referencia a las generalidades que se encuentran a lo largo de la inspección, y a su vez se registran detalladamente bajo los criterios de la norma; ya sea si el estado está en optimas o desfavorables condiciones.

### 14.3.1 Puntaje De Inventario

En este parámetro no se considera ningún puntaje, ni calificación alguna, pero si una descripción de lo hallado en el inventario.

## 14.4 Importancia de conocer el estándar de calificación utilizado.

Independientemente del estándar de calificación utilizado, es muy importante que tanto los encargados de realizar la inspección como quienes reciben el reporte, conozcan muy bien los criterios de evaluación para cada tipo de falla, permitiéndoles interpretar y analizar de mejor manera los resultados obtenidos. De esta manera se garantiza que los encargados de

realizar la inspección (sin importar cuál de los encargados lo realice) recolecten toda información necesaria para poder utilizar el criterio de evaluación, teniendo en cuenta los parámetros establecidos por este, asegurando un buen análisis para cada inspección.

## **15. GESTIÓN DE REDES DE ALCANTARILLADO EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ**

Históricamente la ciudad de Bogotá cuenta con redes de alcantarillado que han sido utilizadas aproximadamente por 30 años, esto hace referencia al 60 % del sistema. De igual forma un 24 % que tiene alrededor de 50 años. Sin embargo, en la actualidad se registran insuficientes inspecciones.

Dentro del proceso de mejora de la gestión, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado (EAAB), instauró la Norma NS-058 (ASPECTOS TÉCNICOS PARA INSPECCIÓN DE REDES Y ESTRUCTURAS DE ALCANTARILLADO), la cual continua vigente desde el año 2010.

## **16. DENSIDAD**

Para iniciar se tuvo en cuenta la población de Bogotá, de acuerdos con los censos realizados por el DANE entre los años 2016-2018, los datos fueron recopilados con el fin de analizar la variación poblacional presente en esos años en las UPZ. este fue el punto de partida para establecer que la densidad poblacional numérica debía cambiar a categórica. obteniendo una clasificación.

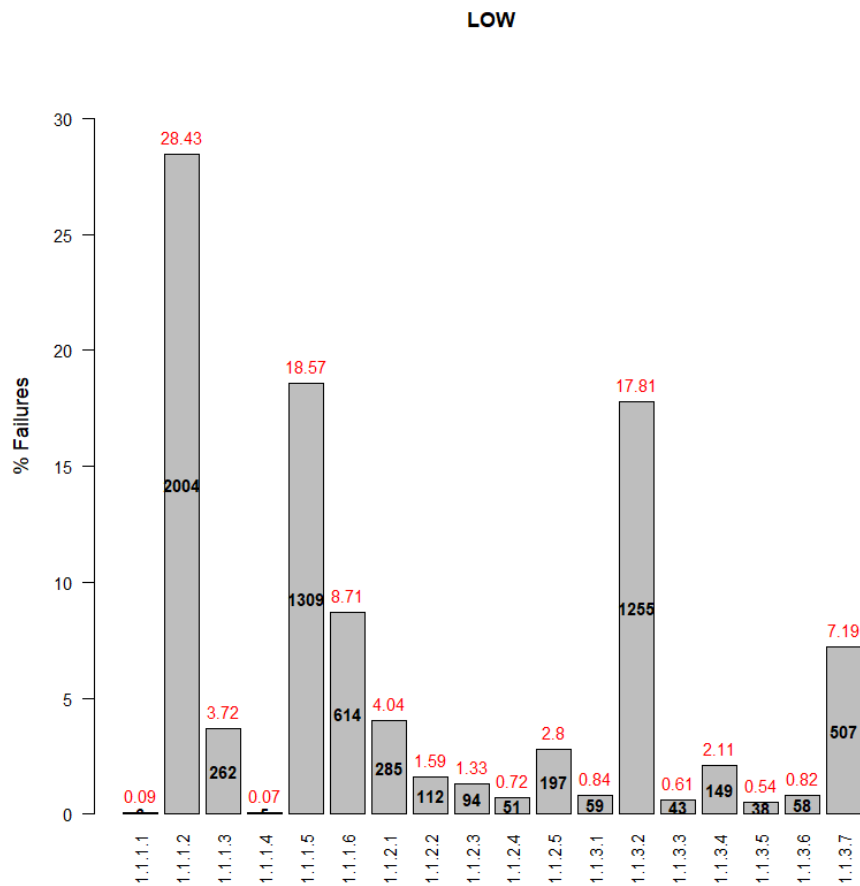
## 17. RESULTADOS

### 17.1 Densidad

Una vez realizado el análisis para cada unidad de planeación zonal, destinada al uso del suelo residencial, se presentan los resultados, para el análisis de densidad. Como se evidencia en la ilustración 11, se evidencia que la falla más frecuente en el sistema de alcantarillado es la falla denominada Estructural, identificada con el ID 1.1.1.2.

#### 17.1.1 UPZ 20 De Julio.

Ilustración 11. Porcentaje de fallas UPZ 20 julio

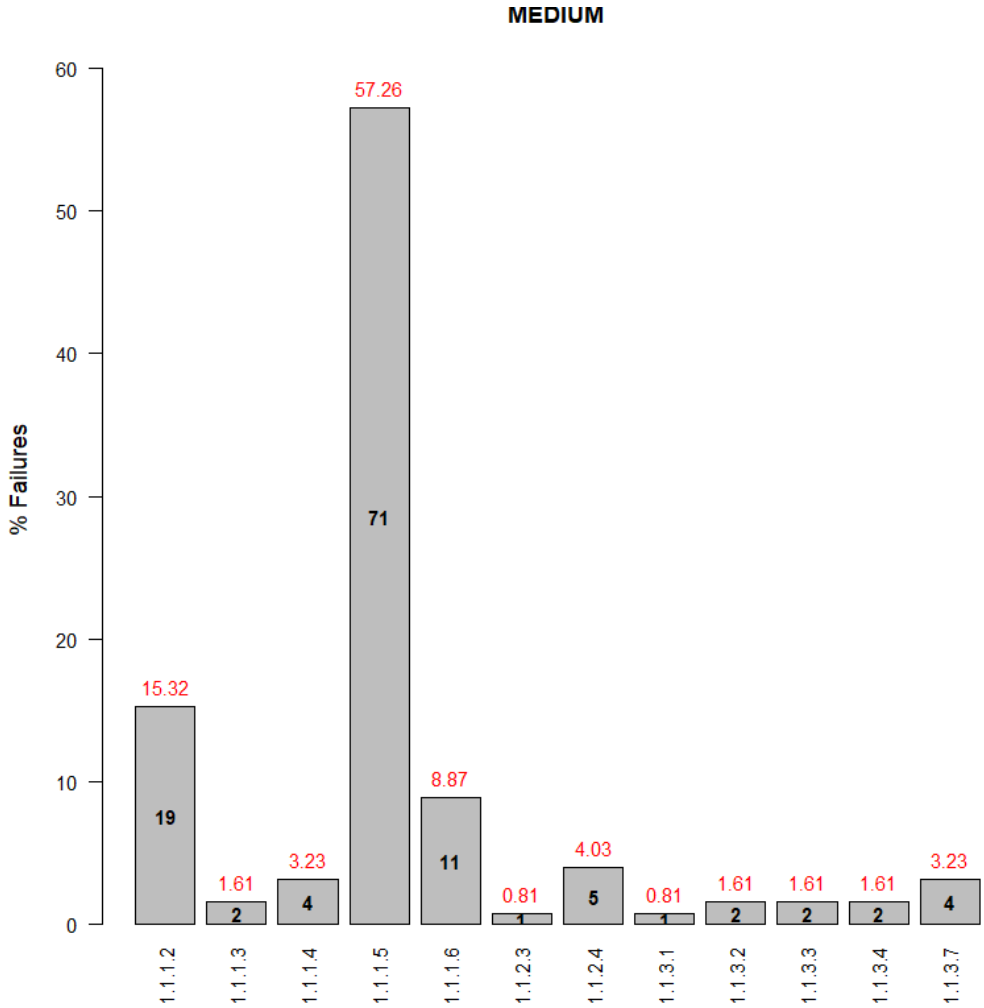


Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.

En este análisis se evidencia los tipos de fallas a partir de la estratificación social que hace referencia a las características físicas de las viviendas, entorno y condiciones socioeconómicas de los hogares. En el caso de la Upz 20 de julio tiene una calificación baja según el número de los habitantes. Además, la gráfica representa un porcentaje equivalente a cada una de las fallas presentes.

**17.1.2 UPZ Comuneros**

Ilustración 12. Porcentaje de fallas UPZ Comuneros

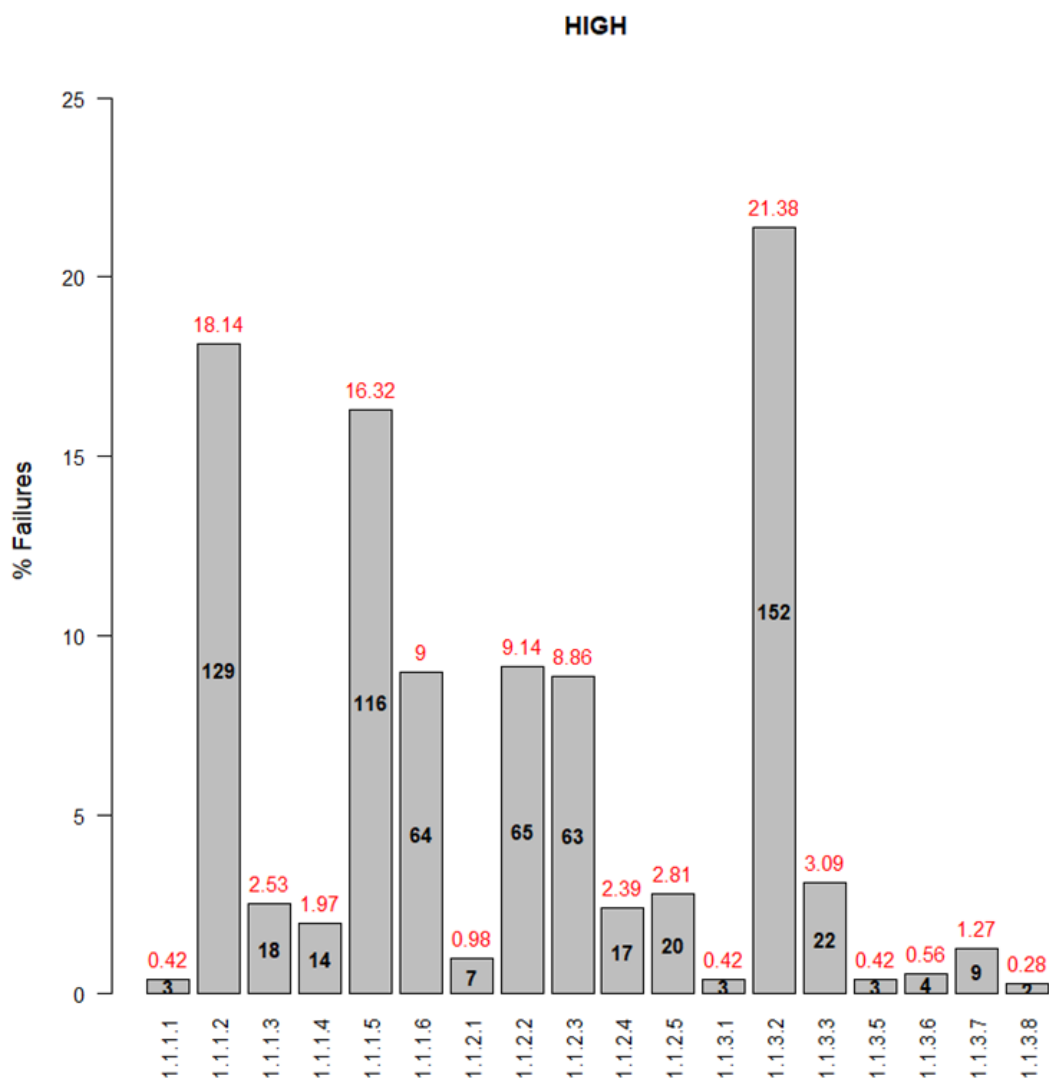


Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.

En la ilustración 12 se evidencia los tipos de fallas a partir de la estratificación social que hace referencia a las características físicas de las viviendas, entorno y condiciones socioeconómicas de los hogares. En el caso de la Upz Comuneros tiene una calificación “Media” según el número los habitantes.

### 17.1.3 UPZ Castilla

Ilustración 13. Porcentaje de fallas UPZ Castilla



Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.



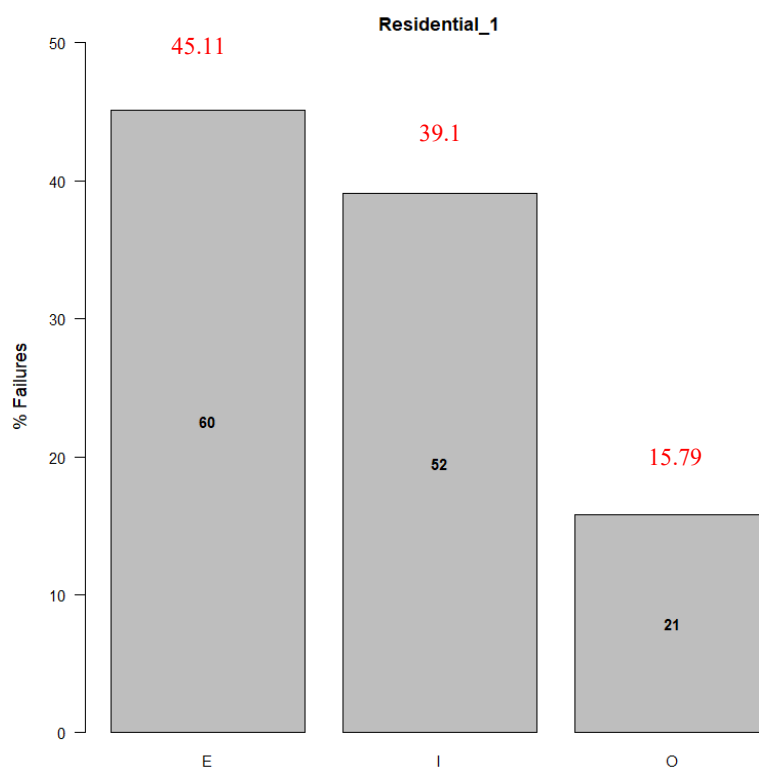
En la ilustración 13 se evidencia los tipos de fallas a partir de la estratificación social que hace referencia a las características físicas de las viviendas, entorno y condiciones socioeconómicas de los hogares. En el caso de la Upz Castilla tiene una calificación Alta según los habitantes.

## 18. FALLAS TIPO RESIDENCIAL 1

Para el análisis de las fallas por tipo de suelo residencial, en este capítulo se presenta por tipo de falla, es decir, Estructural, Operacional y de Inventario respectivamente. Las siglas en cada grafica se indican (E I O).

### 18.1 UPZ Bosa Occidental

Ilustración 14. Clasificación tipo (EIO) UPZ Bosa occidental



Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.

En la ilustración 14 se muestra el porcentaje de fallas totales del uso del suelo, donde predomina actividad residencial tipo 1 presentes en la Upz Bosa Occidental, en esta predomina la falla estructural con un 45,11% de presencia.

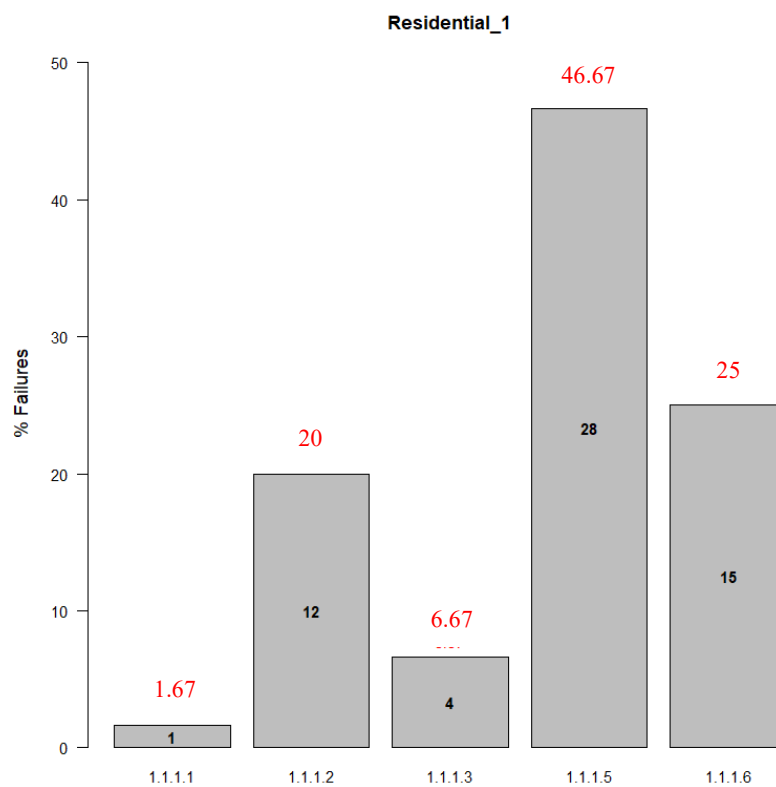
## 19. FALLAS ESTRUCTURALES

Para este capítulo se presenta el análisis para las fallas estructurales en cada UPZ que cuente con uso del suelo residencial.

### 19.1 Residencial 1

#### 19.1.1 UPZ Bosa Occidental

Ilustración 15. Fallas Estructurales UPZ Bosa Occidental

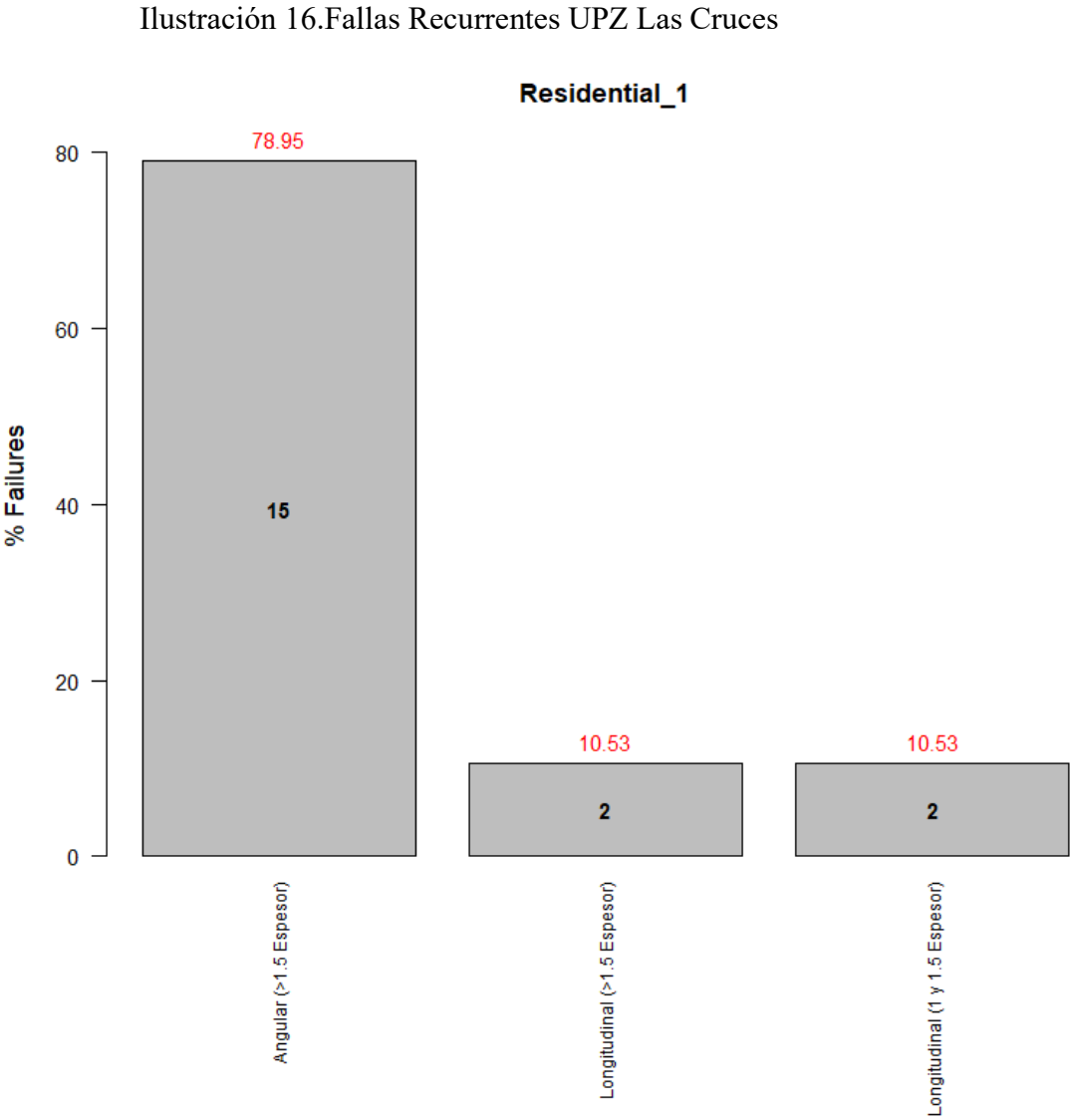


Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.

En la ilustración 15 se muestra el porcentaje de fallas estructurales totales del uso del suelo, donde predomina actividad residencial tipo 1 presentes en la Upz Bosa Occidental.

### 19.2 FALLAS ESTRUCTURALES MÁS RECURRENTE (GRADO 1)

#### 19.2.1 UPZ Las Cruces



Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.

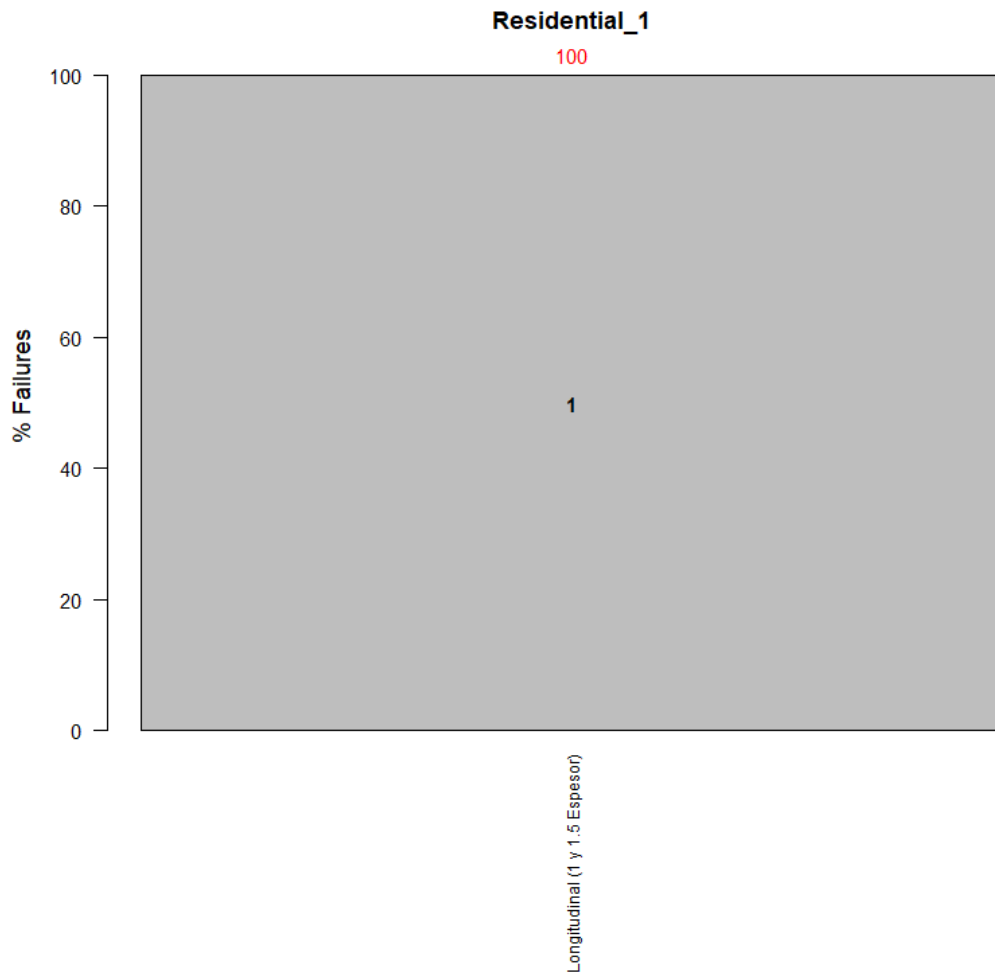
En la ilustración 16 se presenta el porcentaje según el tipo de falla que más se presenta en la UPZ Las Cruces que hace referencia al código 1.1.1.5 que se encuentra descrito en la Tabla

2. Parámetros descripción estructural.

### 19.3 Fallas Estructurales (Grado 2)

#### 19.3.1 UPZ Gran Britalia

Ilustración 17. Fallas Recurrentes UPZ Verbenal



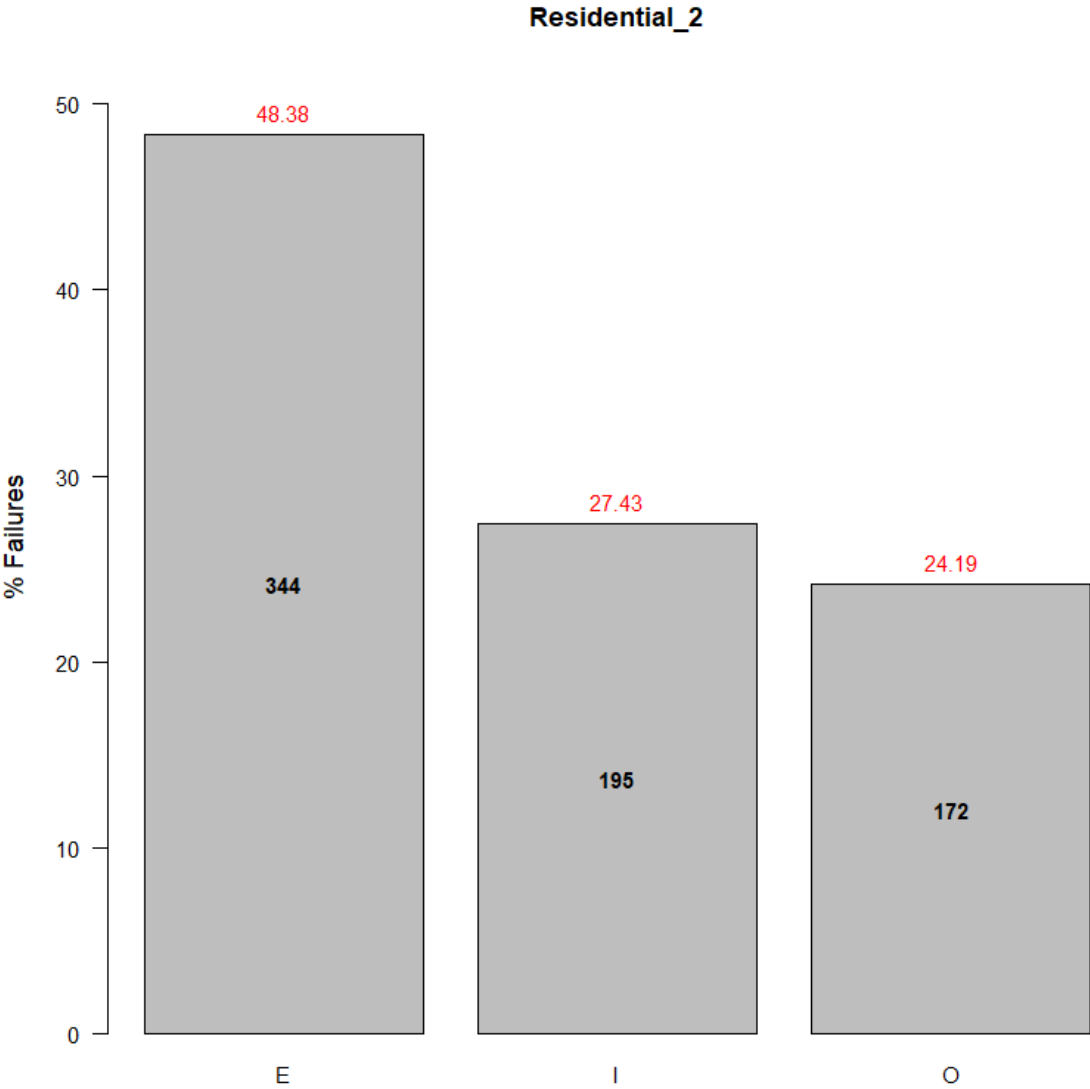
Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.

En la ilustración 17 se presenta el porcentaje según el tipo de falla que más se presenta en la UPZ Gran Britalia que hace referencia al código 1.1.1.5 que se encuentra descrito en la Tabla 2. Parámetros descripción estructural.

### 19.4 Fallas tipo residencial 2 (EIO)

#### 19.4.1 UPZ Castilla

Ilustración 18. Clasificación tipo (EIO) UPZ Castilla



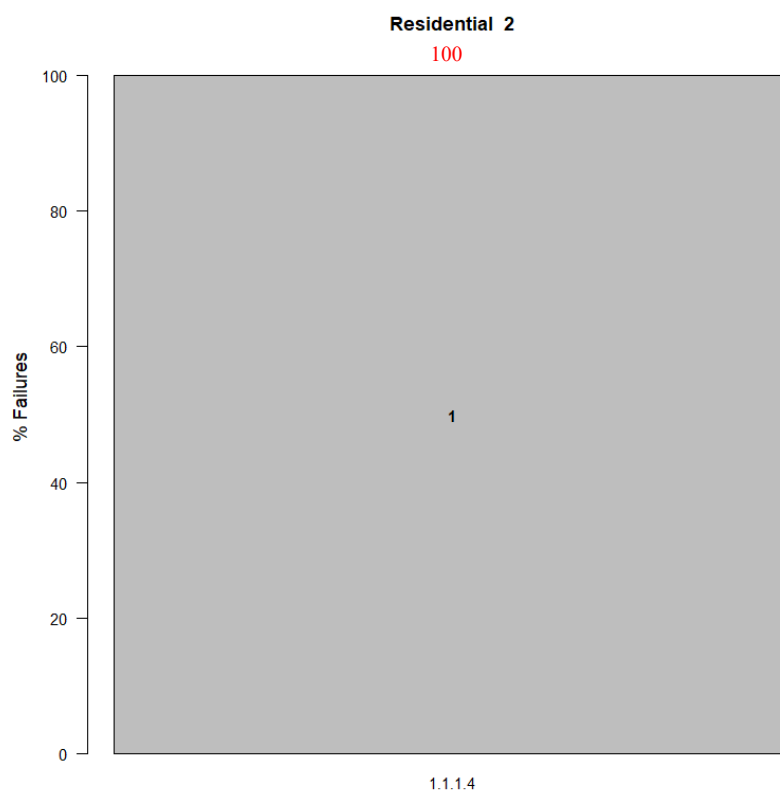
Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.

En la ilustración 18 se muestra el porcentaje de fallas totales del uso del suelo, donde predomina la falla estructural residencial tipo 2 presentes en la Upz Boyacá Real esta se clasifica por tipo EIO, es decir, Estructural, Inventario u operacional.

## 19.5 Fallas estructurales residencial 2

### 19.5.1 UPZ Bolivia

Ilustración 19. Fallas Estructurales UPZ Bolivia



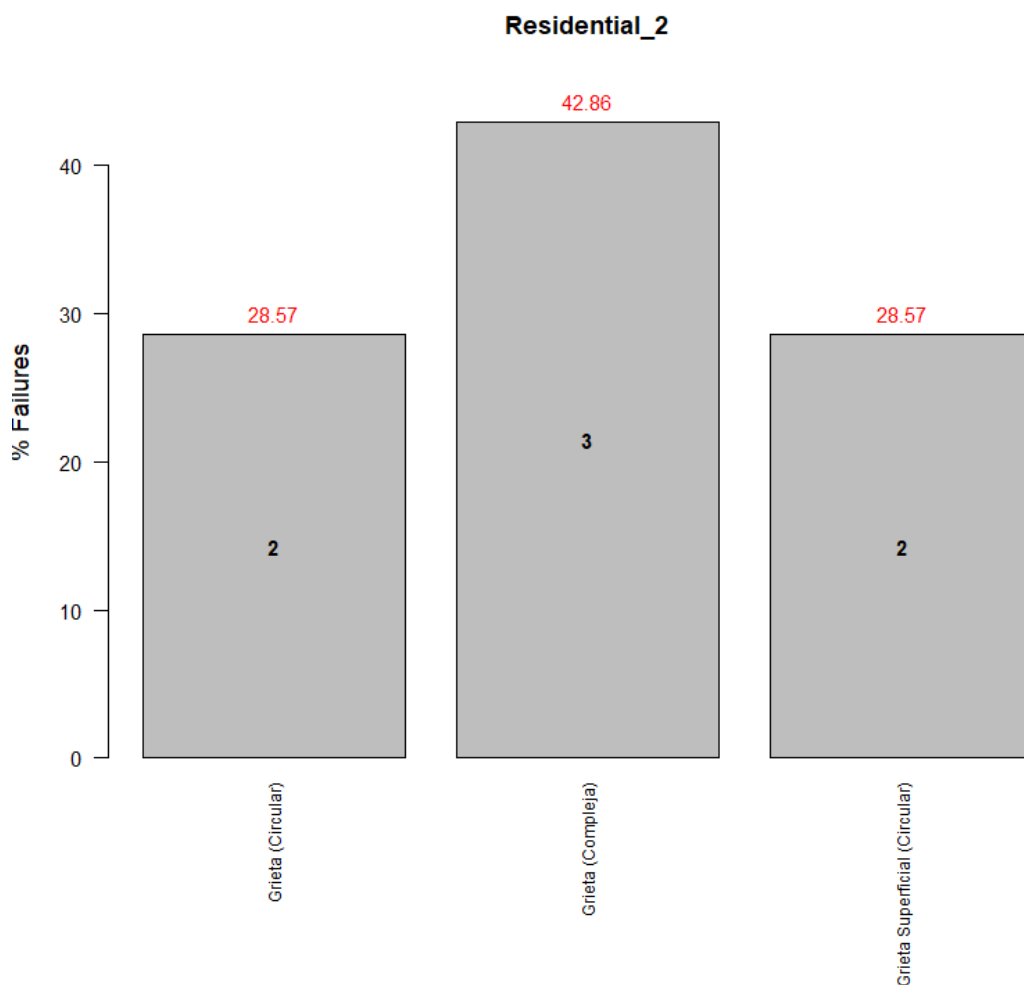
Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.

En la ilustración 19 se muestra el porcentaje de fallas estructurales totales del uso del suelo, donde predomina la falla estructural con el código de identificación 1.1.1.4.

## 19.6 Fallas estructurales más recurrente tipo residencial 2 (Grado 1)

### 19.6.1 UPZ Apogeo

Ilustración 20. Fallas Recurrentes UPZ Apogeo



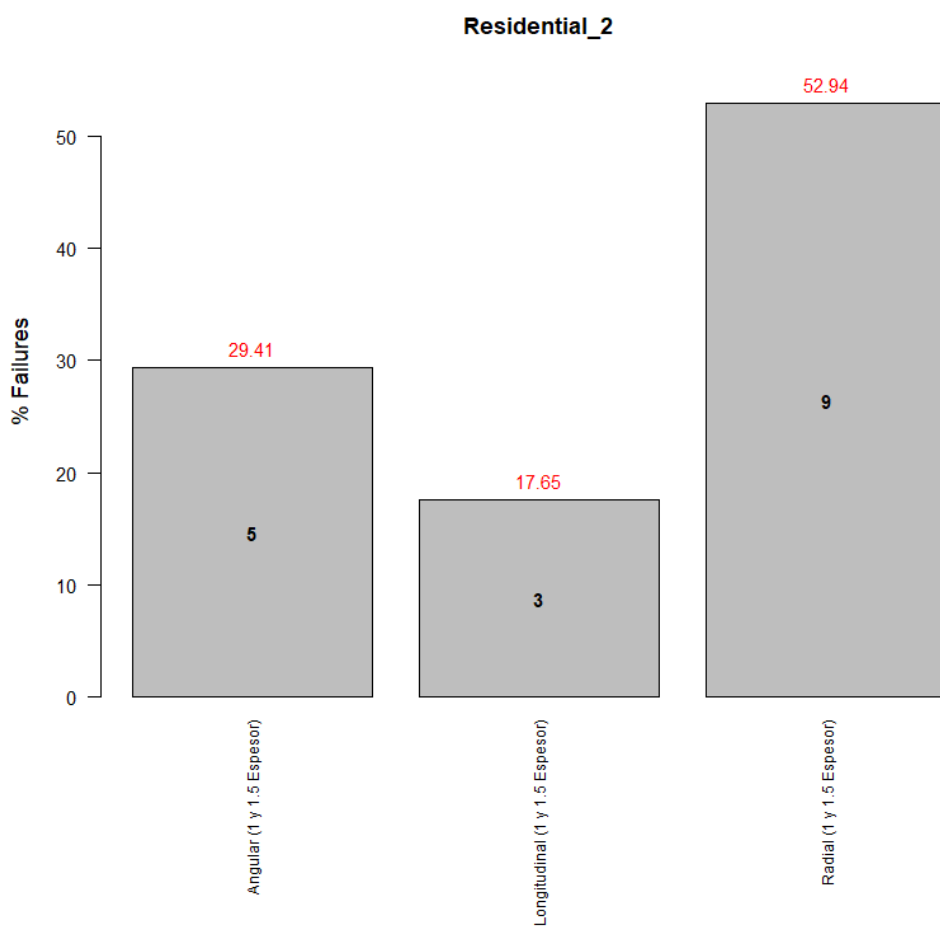
Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.

En la ilustración 20 se presenta el porcentaje según el tipo de falla que más se presenta en la UPZ Apogeo que hace referencia al código 1.1.1.2 que se encuentra descrito en la Tabla 2. Parámetros descripción estructural.

## 19.7 Fallas estructurales más recurrente tipo residencial 2 (Grado 2)

### 19.7.1 UPZ Carvajal

Ilustración 21. Fallas Recurrentes UPZ Carvajal



Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.

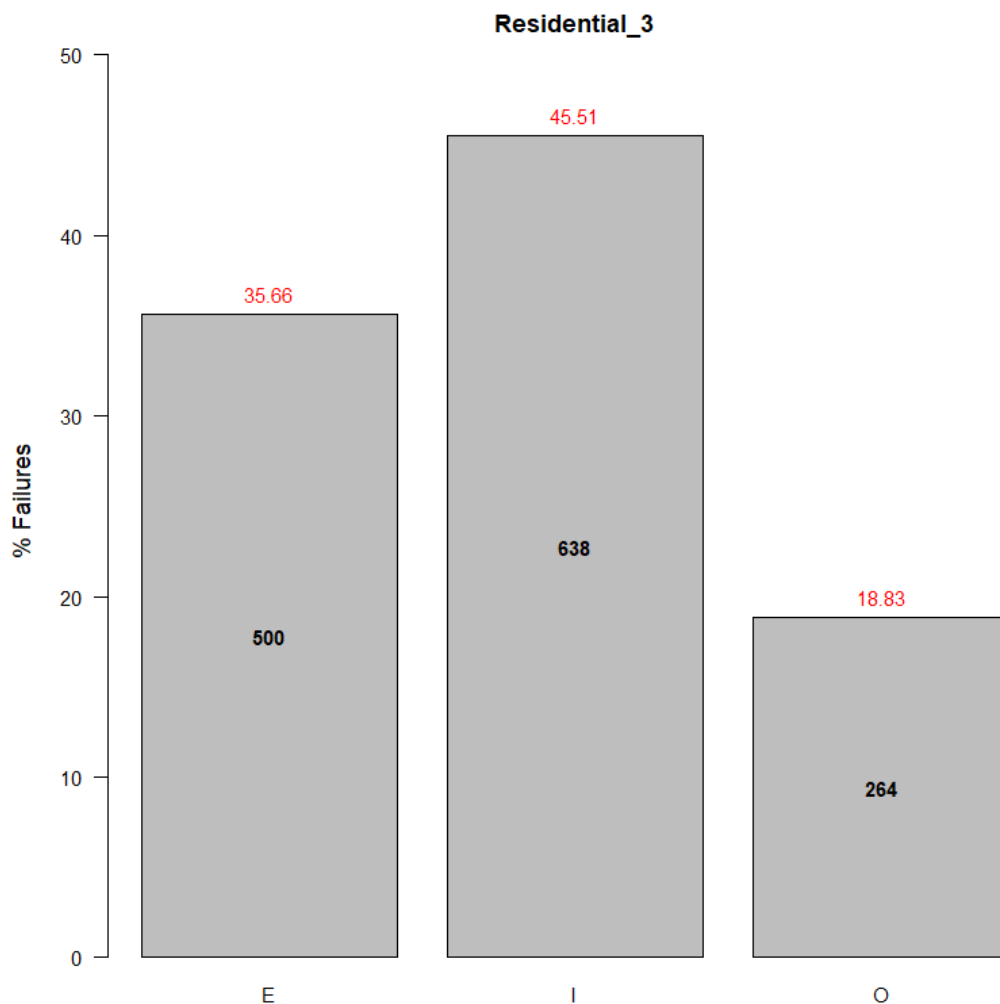
En la ilustración 21 se presenta el porcentaje según el tipo de falla que más se presenta en la UPZ Carvajal que hace referencia al código 1.1.1.5, en donde se presenta un 52% de la falla Radial, esta falla corresponde al uso de suelo residencial y la clasificación de falla estructural.



## 19.8 Fallas Tipo Residencial 3 (EIO)

### 19.8.1 UPZ El Refugio

Ilustración 22. Clasificación tipo (EIO) UPZ El Refugio



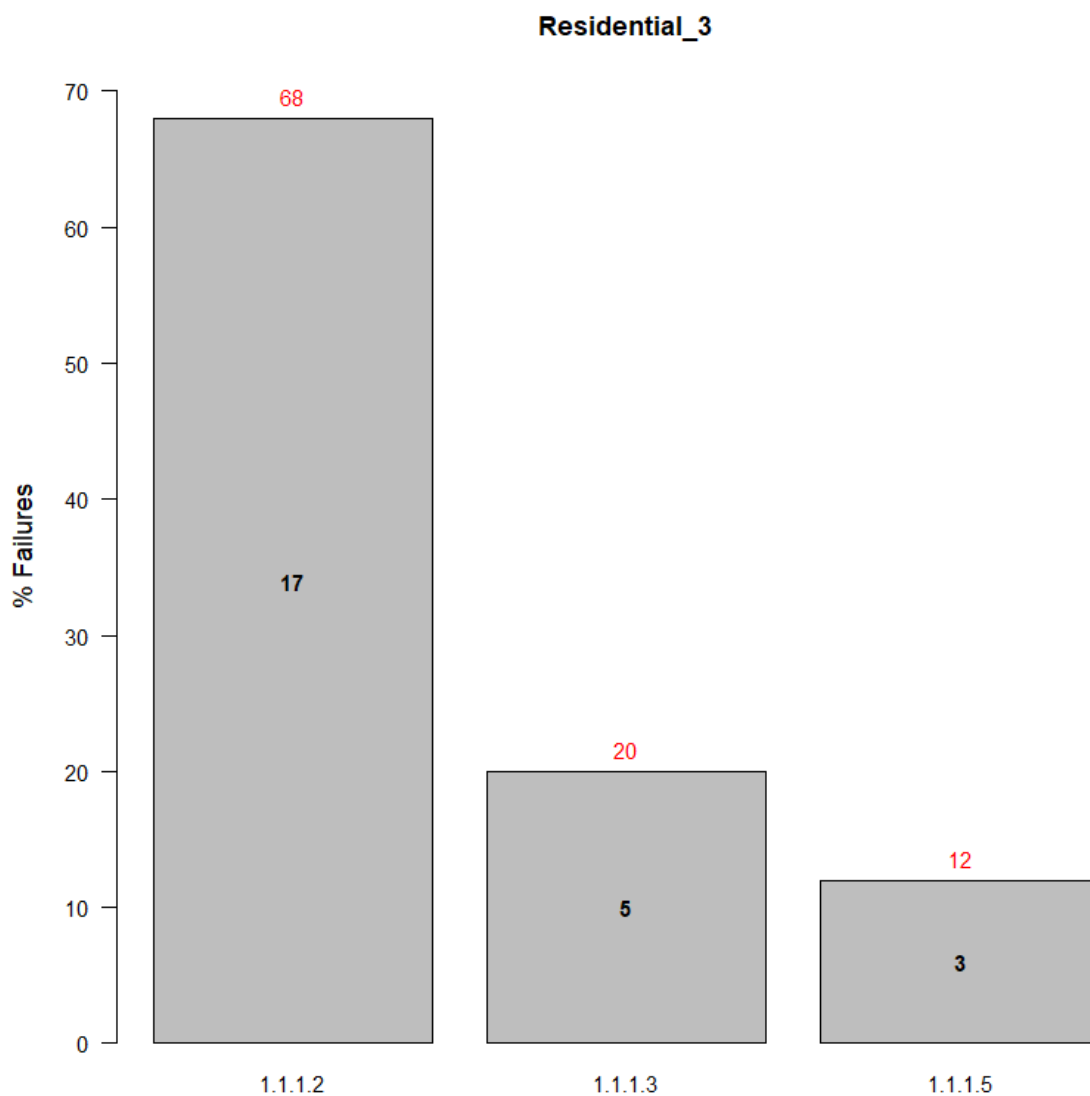
Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.

En la ilustración 22 se demuestra el porcentaje de fallas estructurales, operacionales e inventario que se presenta en la UPZ el refugio, en donde se muestra un 35% de fallas estructurales, un 45% de fallas por inventario y 18% de fallas operacionales. Teniendo en cuenta que el uso del suelo corresponde a un área actividad residencial tipo 3.

## 19.9 Fallas Estructurales Residencial 3

### 19.9.1 UPZ La Esmeralda

Ilustración 23. Fallas Estructurales UPZ La Esmeralda



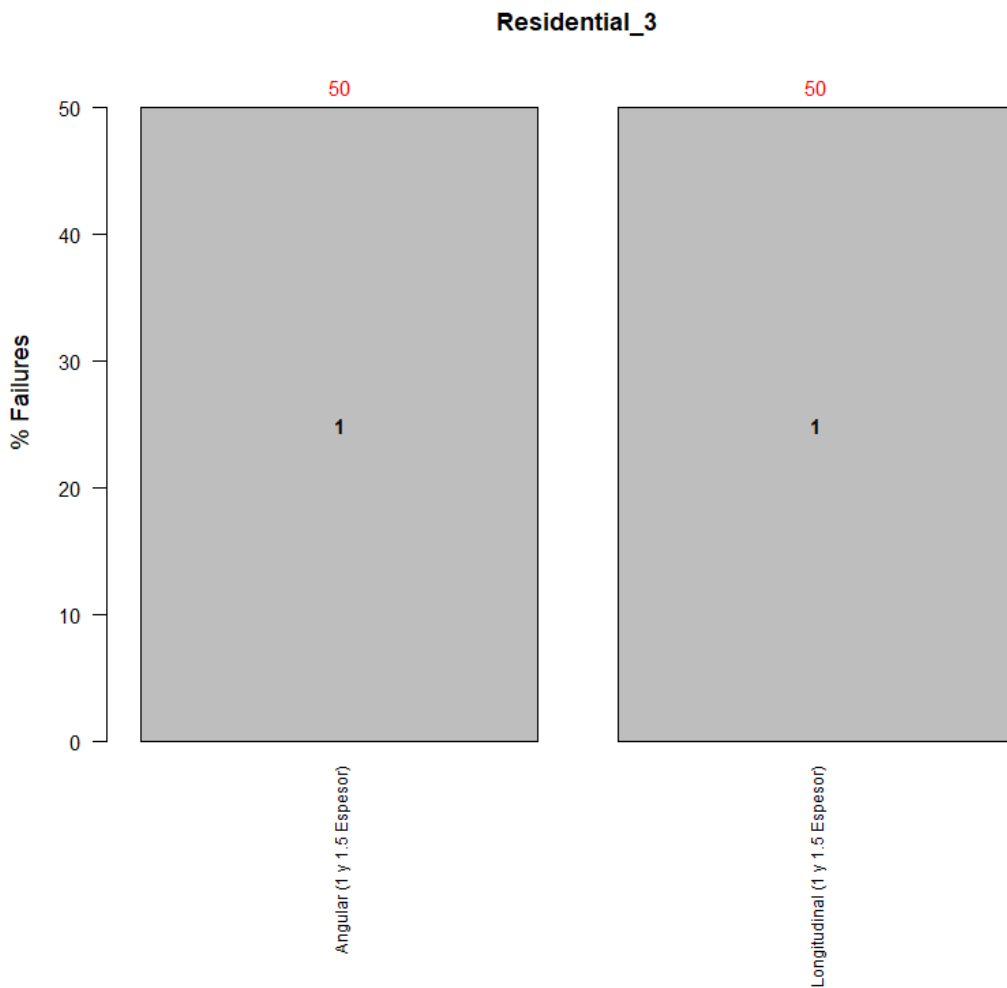
Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.

En la ilustración 23 se muestra el porcentaje de fallas estructurales totales del uso del suelo, donde predomina la actividad residencial tipo 3 presentes en la Upz La Esmeralda.

## 19.10 Fallas Estructurales Mas Recurrentes Tipo Residencial 3 (Grado 1)

### 19.10.1 UPZ La Esmeralda

Ilustración 24. Fallas Estructurales UPZ La Esmeralda



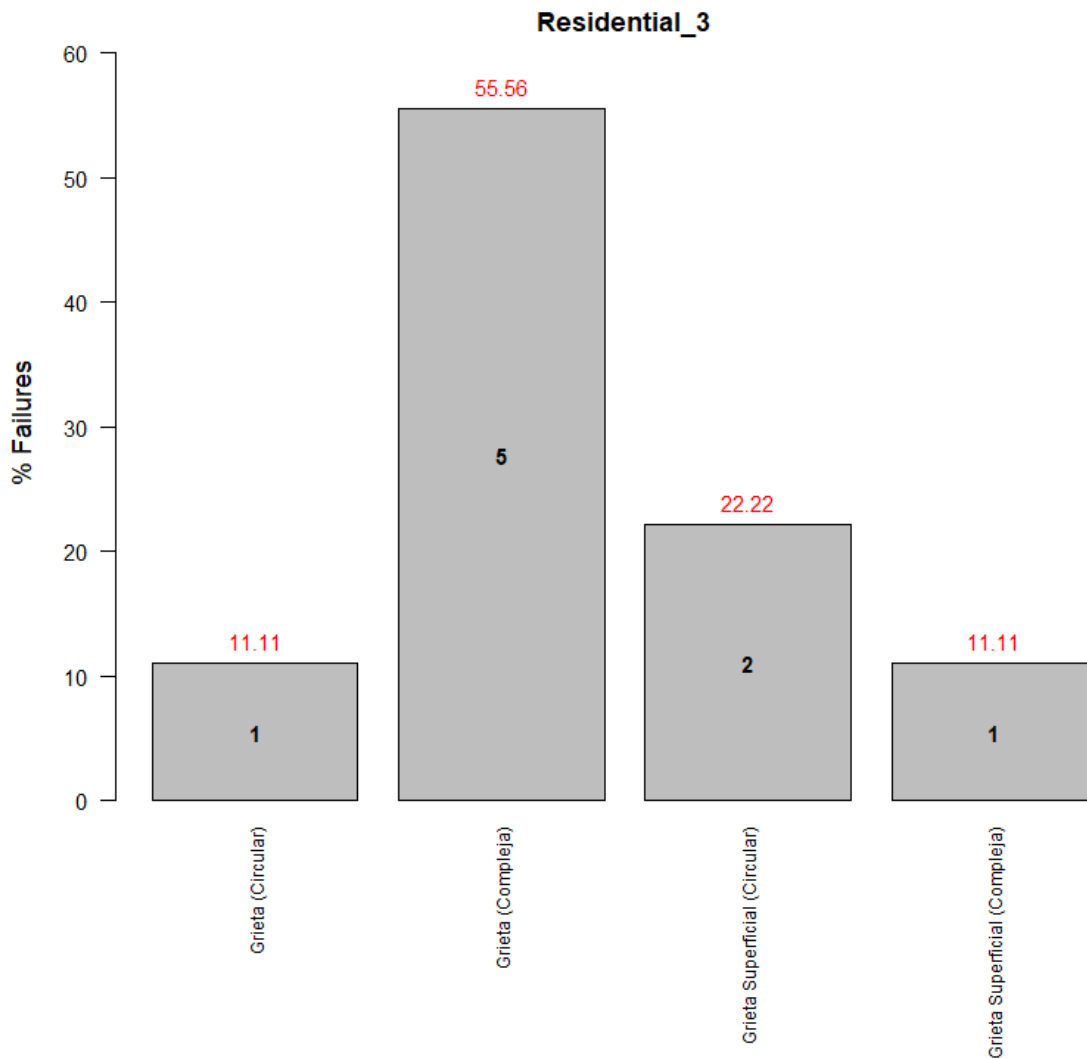
Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.

En la ilustración 24 se muestra el porcentaje según el tipo de falla estructural que más se presenta en la UPZ la esmeralda que hace referencia al código 1.1.1.5 que se encuentra descrito en la tabla 2. parámetros descripción estructural.

## 19.11 Fallas Estructurales Mas Recurrentes Tipo Residencial 3 (Grado 2)

### 19.11.1 UPZ Modelia

Ilustración 25. Fallas Recurrentes UPZ Modelia



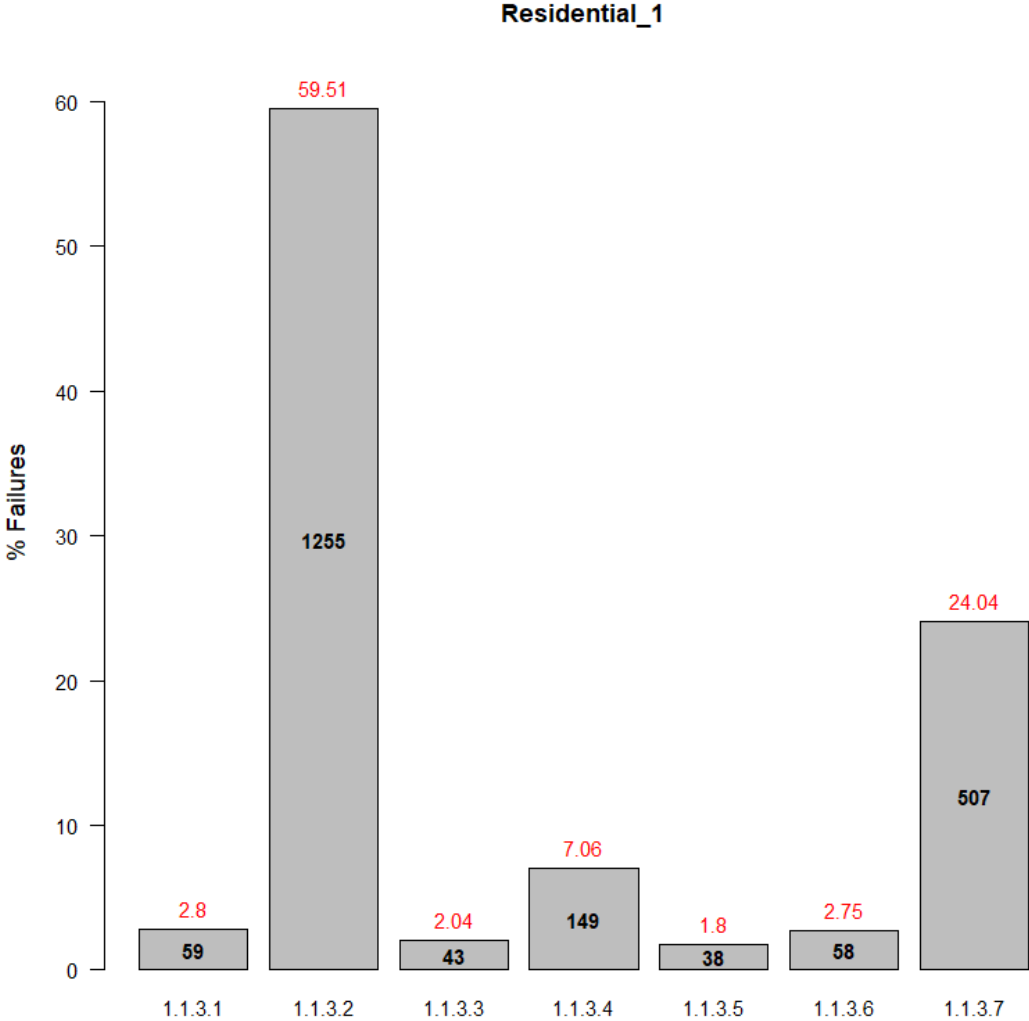
Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.

En la ilustración 25 se presenta el porcentaje según el tipo de falla más recurrente en la UPZ Modelia que hace referencia al código 1.1.1.2 que se encuentra descrito en la Tabla 2. Parámetros descripción estructural.

## 20. FALLAS POR INVENTARIO RESIDENCIAL 1

### 20.1.1 UPZ 20 de Julio

Ilustración 26.Fallas por Inventario UPZ 20 de Julio



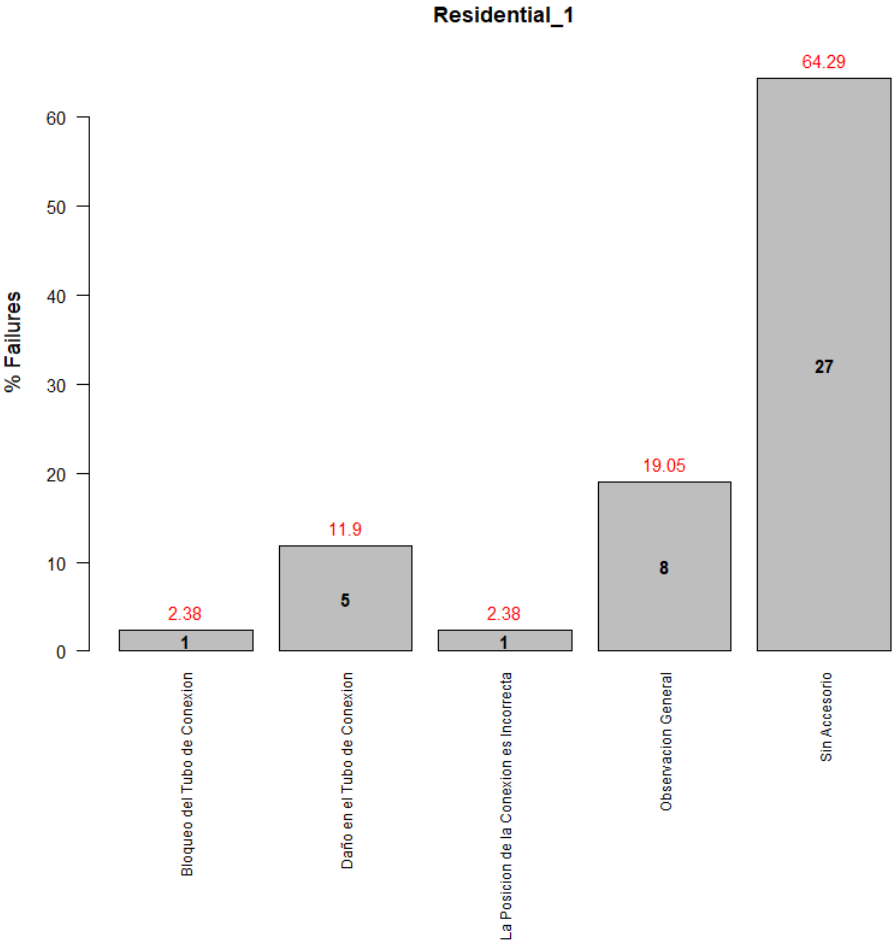
Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.

En la ilustración 26 se demuestra el porcentaje de fallas totales por Inventario, en donde se refleja un porcentaje del 59% que hace referencia al código 1.1.3.2 del uso del suelo, donde predomina actividad residencial tipo 1 presentes en la Upz 20 de Julio.

**21. FALLAS POR INVENTARIO MAS RECURRENTES TIPO RESIDENCIAL 1  
(GRADO 1)**

**21.1.1 UPZ Bosa Occidental**

Ilustración 27.Fallas Recurrentes UPZ Bosa Occidental



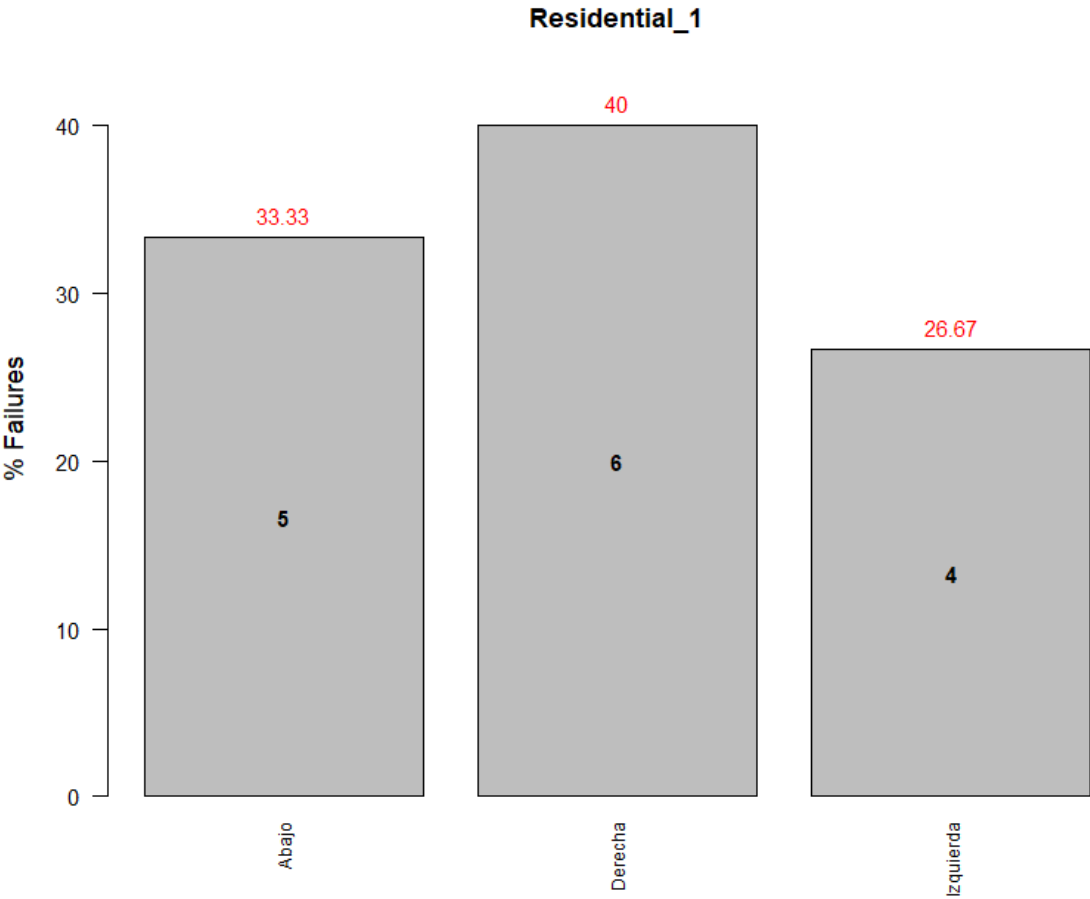
Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.

En la ilustración 27 se presenta el porcentaje según el tipo de falla por inventario que más se presenta en la UPZ Bosa Occidental, hace referencia al código 1.1.3.2 que se encuentra descrito en la Tabla 2. Descripción por Inventario

**22. FALLAS POR INVENTARIO MAS RECURRENTE TIPO RESIDENCIAL 1  
(GRADO 2)**

**22.1.1 UPZ Las Cruces**

Ilustración 28.Fallas Recurrentes UPZ Las Cruces



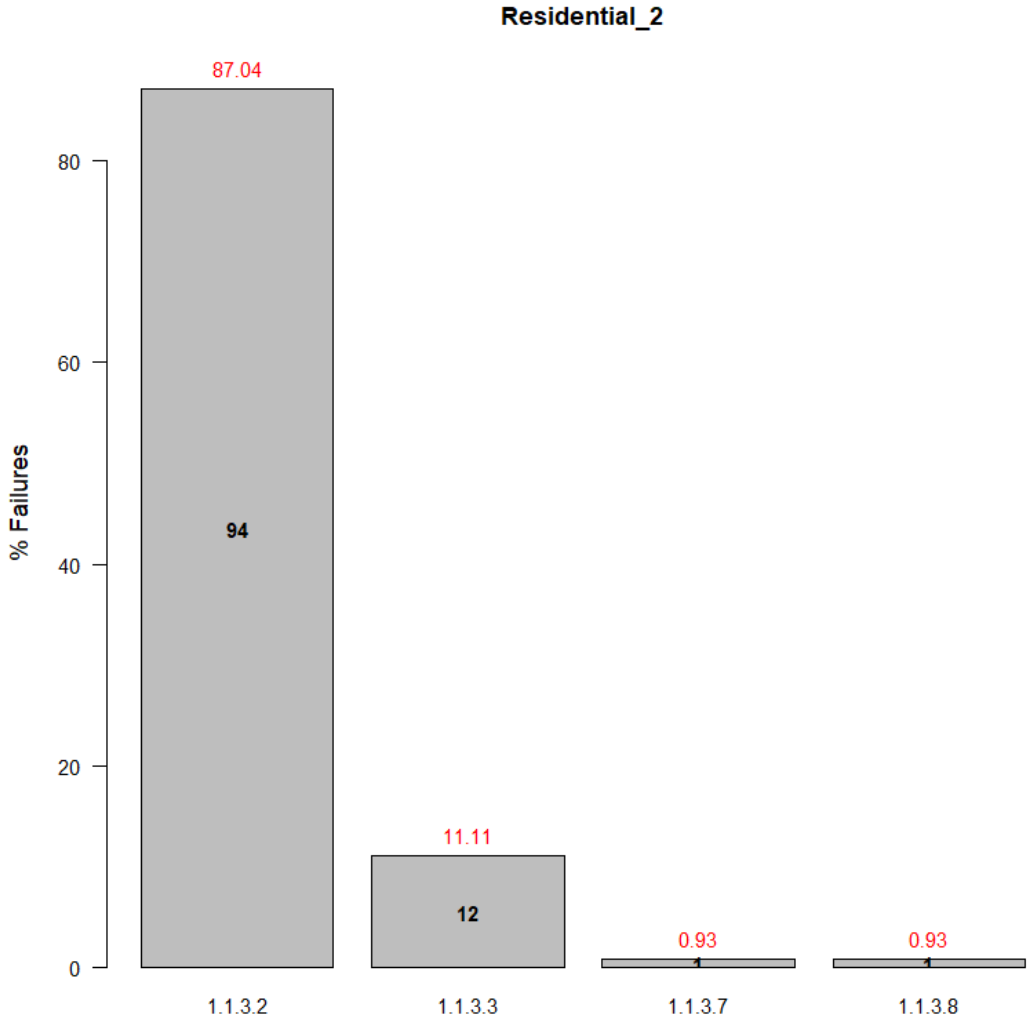
Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.

En la ilustración 28 se presenta el porcentaje según el tipo de falla por inventario más recurrente en la UPZ Las Cruces que hace referencia al código 1.1.3.7 que se encuentra descrito en la Tabla 2. Descripción por Inventario.

## 23. FALLAS POR INVENTARIO RESIDENCIAL 2

### 23.1.1 Upz Carvajal

Ilustración 29.Fallas Por Inventario Carvajal



Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.

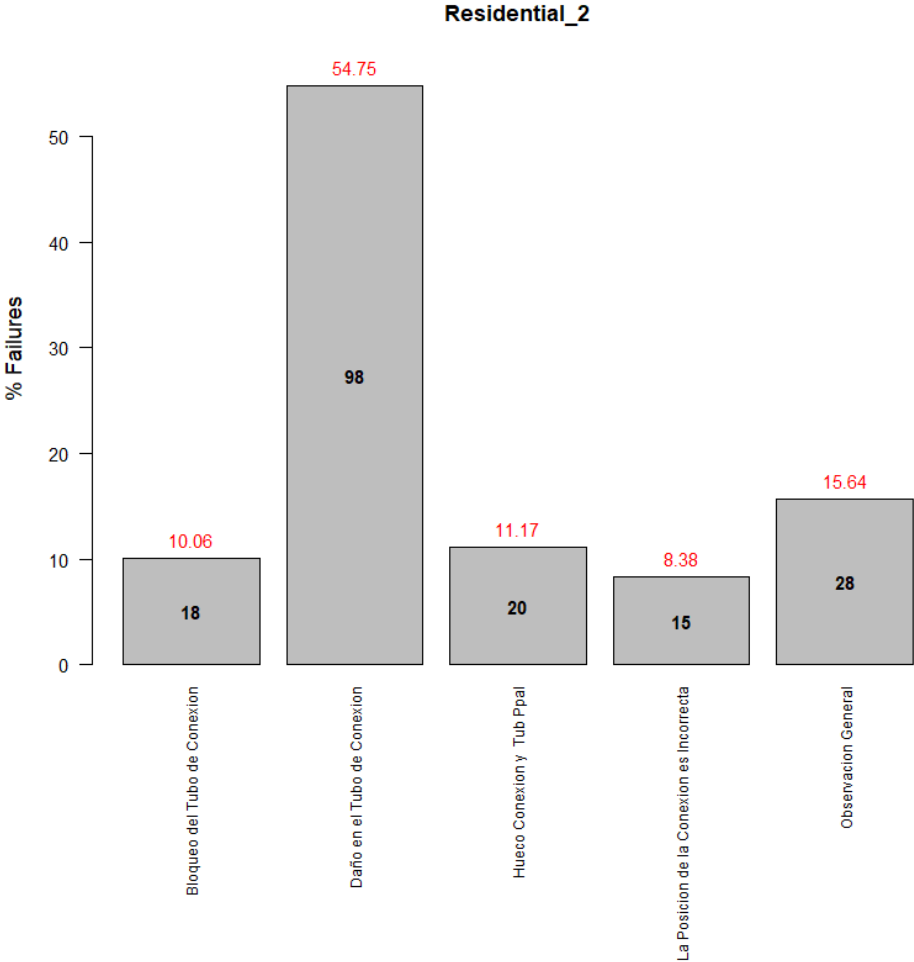
En la ilustración 29 se demuestra el porcentaje de fallas totales por Inventario del uso del suelo, donde predomina actividad residencial tipo 2 presentes en la Upz Carvajal.



**24.FALLAS POR INVENTARIO MAS RECURRENTES TIPO RESIDENCIAL 2  
(GRADO 1)**

**24.1.1 UPZ Ciudad Montes**

Ilustración 30.Fallas Recurrentes UPZ Ciudad Montes



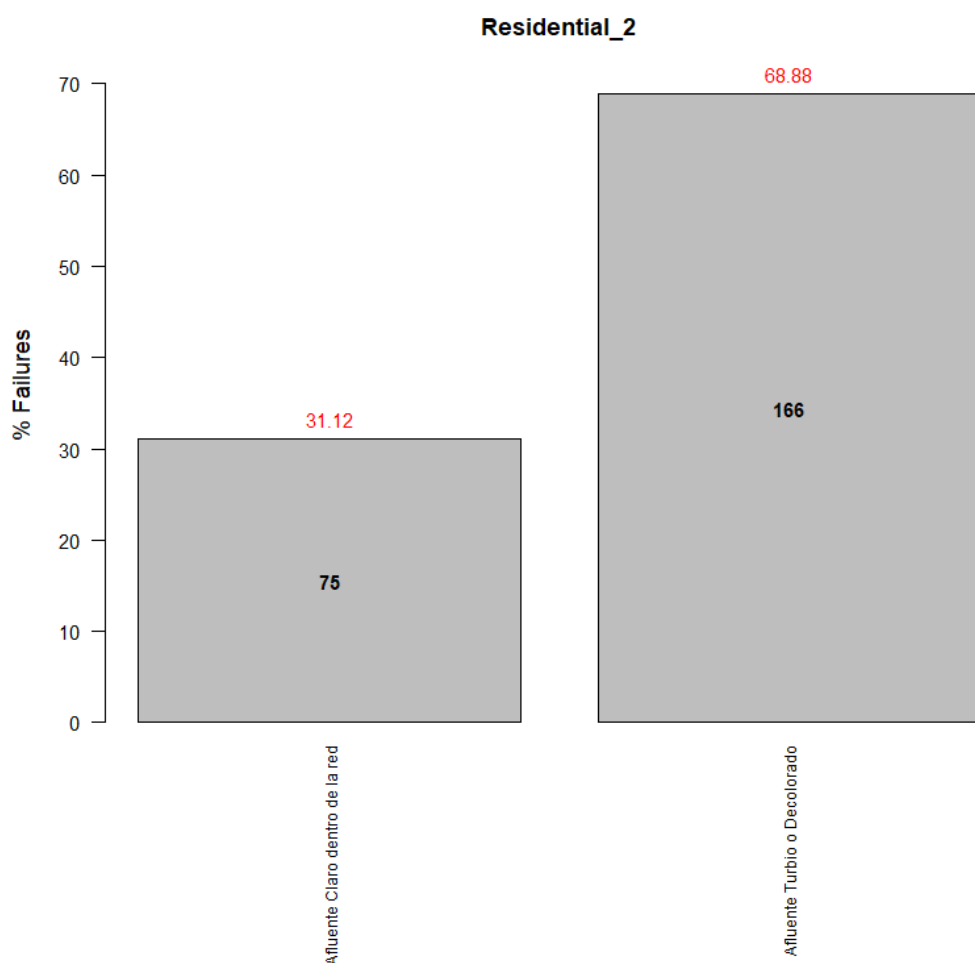
Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.

En la ilustración 30 muestra el porcentaje según el tipo de falla por inventario que más recurrente en la UPZ Ciudad Montes que hace referencia al código 1.1.3.1 en donde se presenta un 54% de la falla daño en el tubo de conexión. Corresponde al uso del suelo residencial 2 y clasificación de la falla por inventario.

## 25. FALLAS POR INVENTARIO MAS RECURRENTES TIPO RESIDENCIAL 2 (GRADO 2)

### 25.1.1 UPZ Boyacá Real

Ilustración 31. Fallas Recurrentes UPZ Boyacá Real



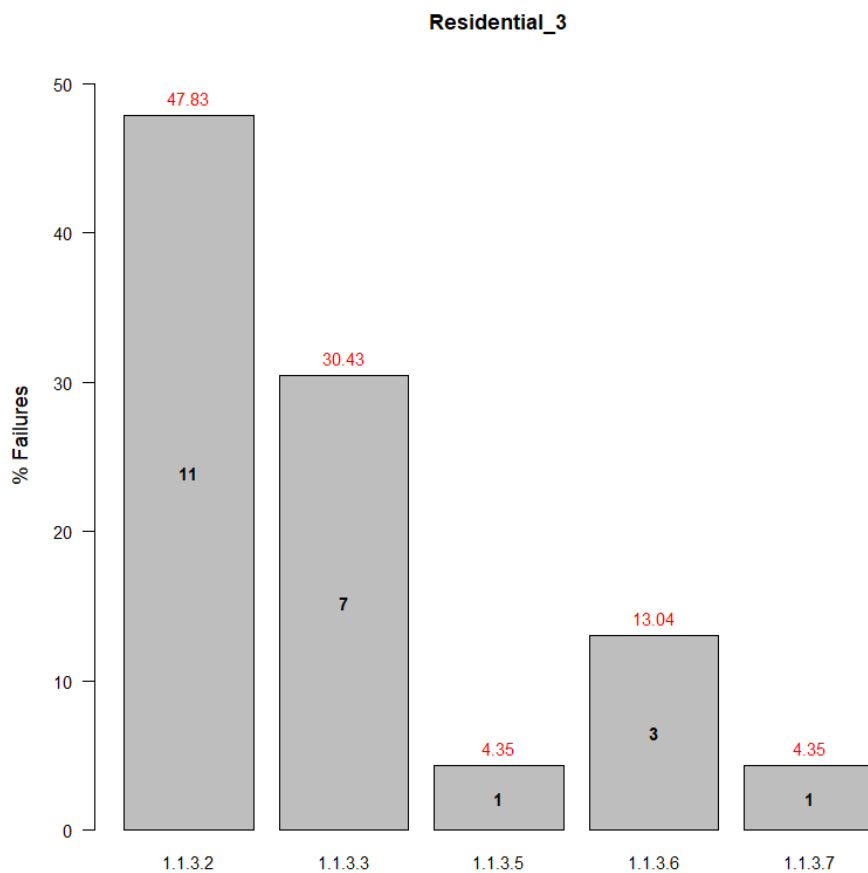
Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.

En la ilustración 31 se presenta el porcentaje según el tipo de falla que más se reflejan la UPZ Boyacá Real que hace referencia al código 1.1.3.3 con un 68 % de afluente turbio o decolorado de la falla, que se encuentra descrito en la tabla 2. Descripción por inventario.

## 26. FALLAS POR INVENTARIO RESIDENCIAL 3

### 26.1.1 UPZ Los Cedros

Ilustración 32. Fallas por Inventario UPZ Los Cedros



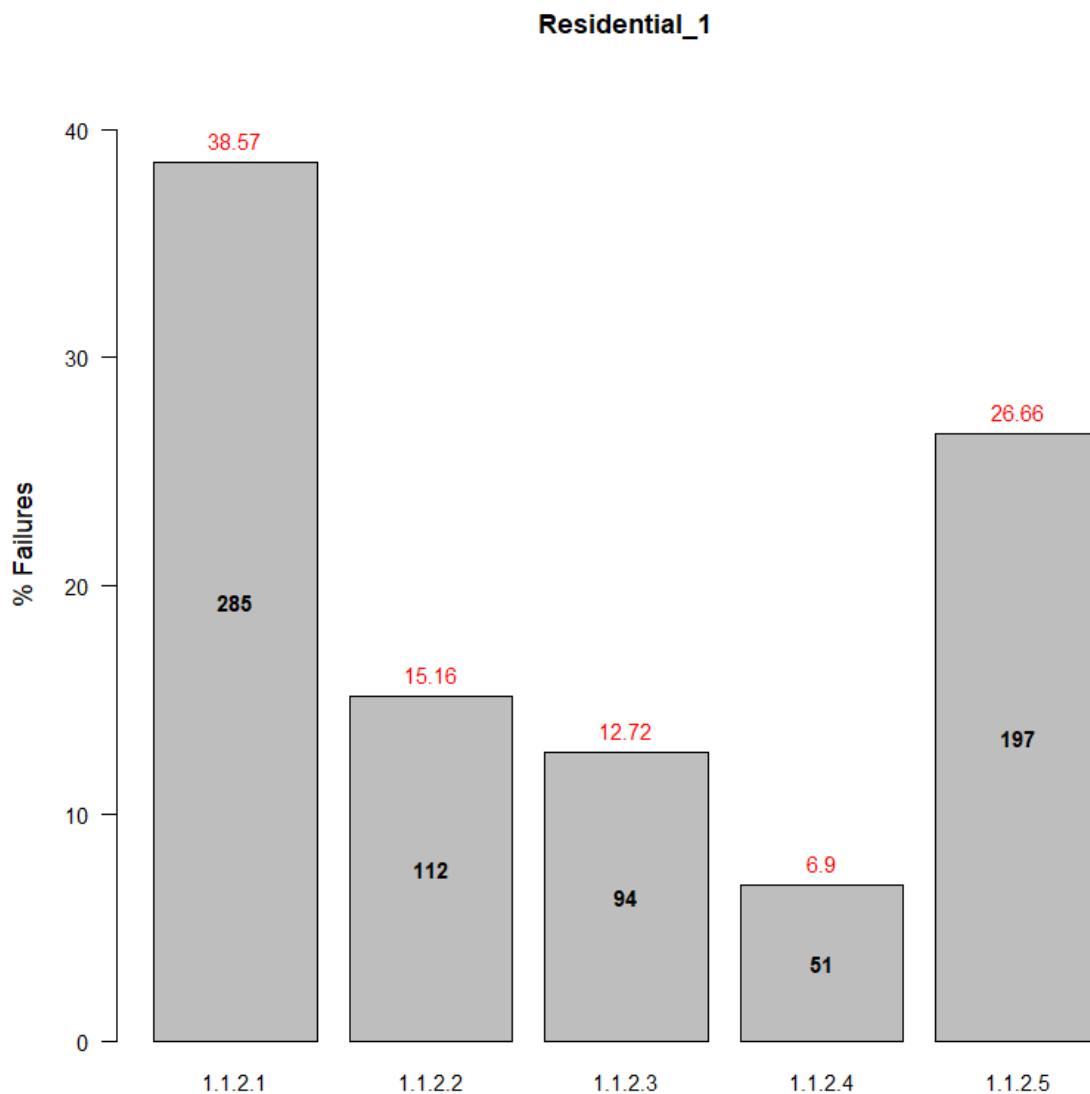
Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.

En la ilustración 32 se muestra el porcentaje de fallas totales por Inventario del uso del suelo, donde predomina actividad residencial tipo 3 presentes en la Upz Los Cedros.

## 27. FALLAS OPERACIONALES RESIDENCIAL 1

### 27.1.1 UPZ 20 de Julio

Ilustración 33. Fallas Operacionales UPZ 20 de Julio



Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.

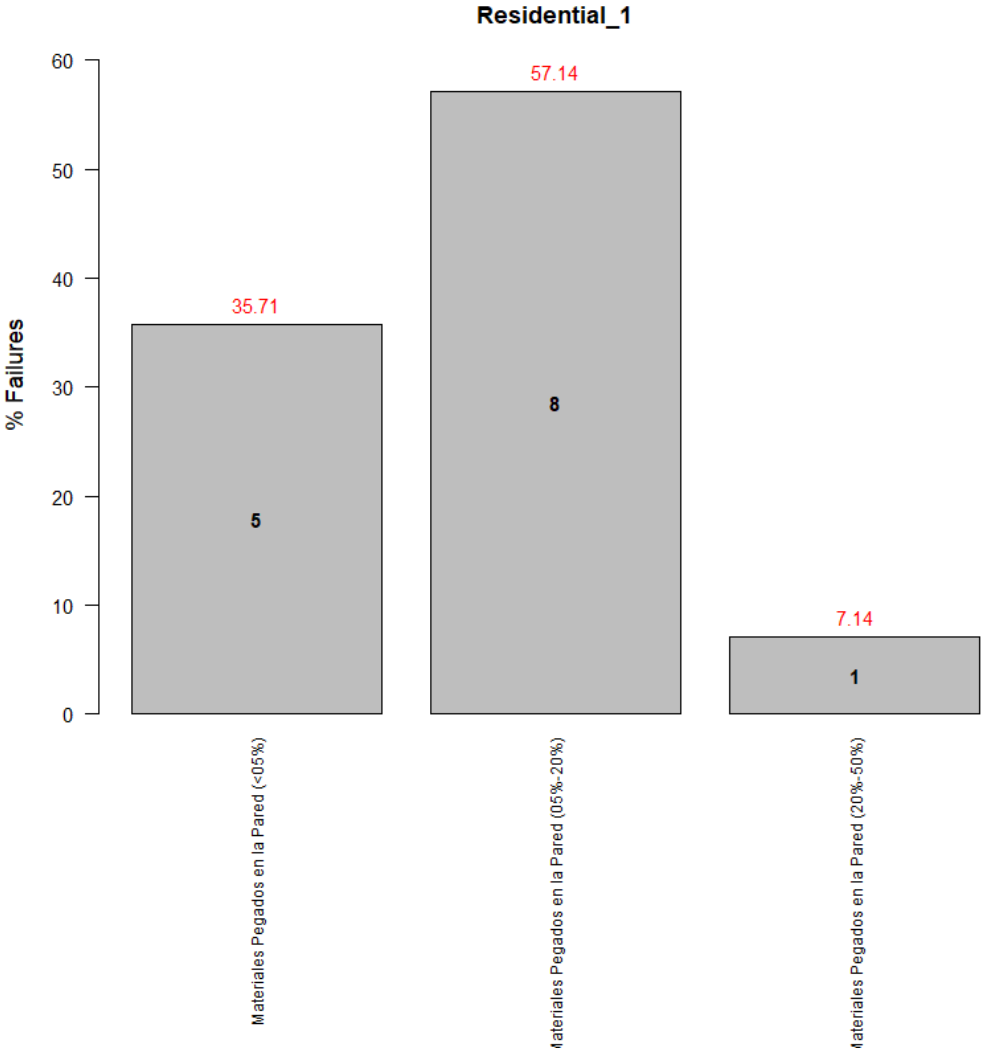
En la ilustración 33 muestra el porcentaje de fallas Operacionales totales del uso del suelo, donde predomina actividad residencial tipo 1 presentes en la Upz 20 de Julio.

## 28. FALLAS OPERACIONALES MAS RECURRENTES TIPO RESIDENCIAL 1

(GRADO 1)

### 28.1.1 UPZ Patio Bonito

Ilustración 34. Fallas Operacionales Recurrentes UPZ Patio Bonito



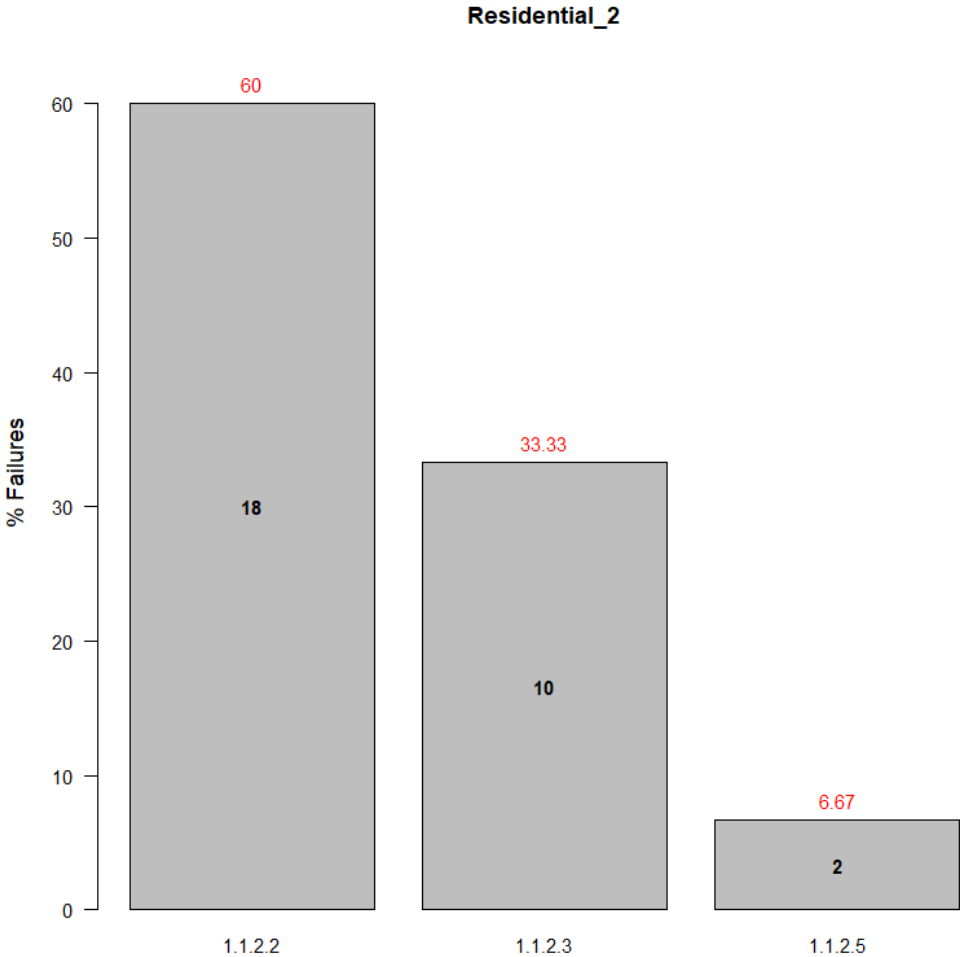
Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.

En la ilustración 34 se presenta el porcentaje según el tipo de falla más recurrente en la UPZ Patio Bonito que hace referencia al código 1.1.2.3, en donde se presenta un 57 % de la falla materiales pegados en la pared, esta corresponde al uso residencial tipo 1.

## 29. FALLAS OPERACIONALES RESIDENCIAL 2

### 28.1.1UPZ Bolivia

Ilustración 35.Fallas Operacionales UPZ Bolivia



Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.

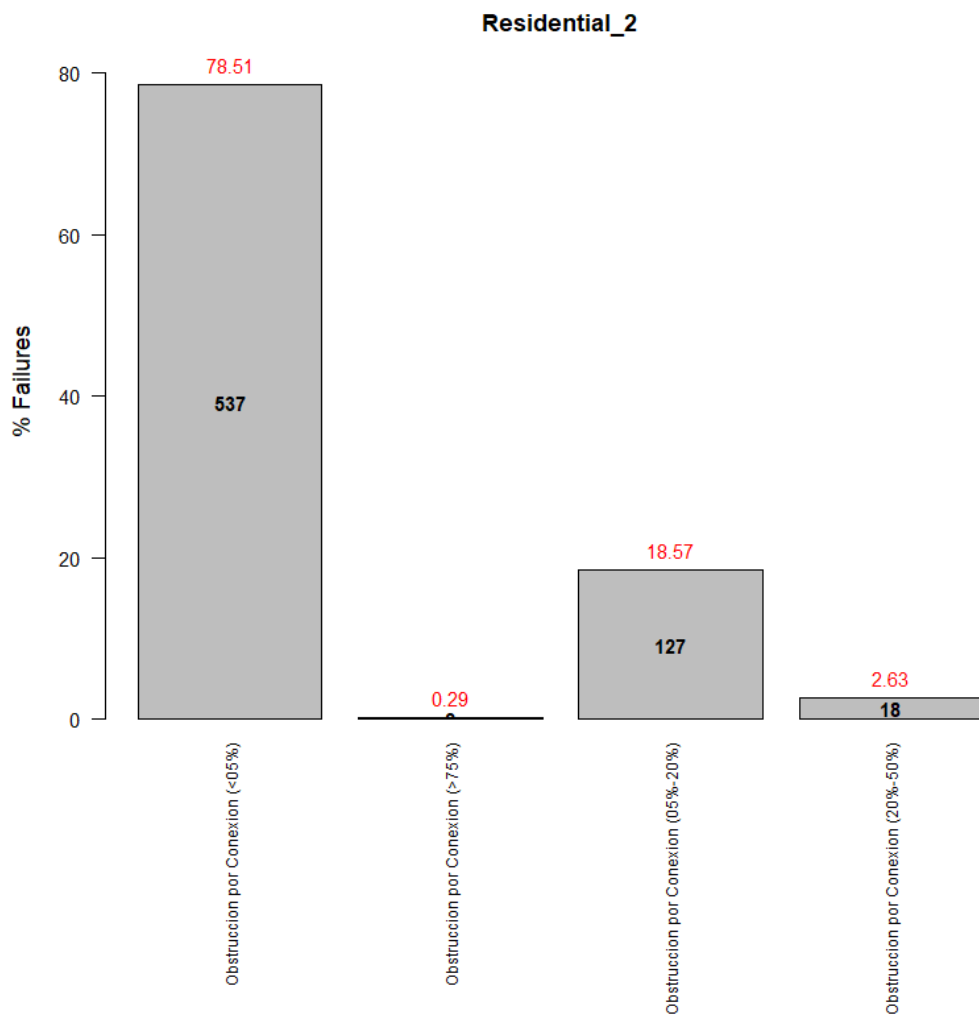
En la ilustración 35 se muestra el porcentaje de fallas operacionales totales del uso del suelo, donde predomina actividad residencial tipo 2 presentes en la Upz Bolivia

### 30. FALLAS OPERACIONALES MAS RECURRENTES TIPO RESIDENCIAL 2

(GRADO 1)

#### 30.1.1 UPZ Doce de Octubre

Ilustración 36.Fallas Operacionales Recurrentes UPZ Doce de Octubre



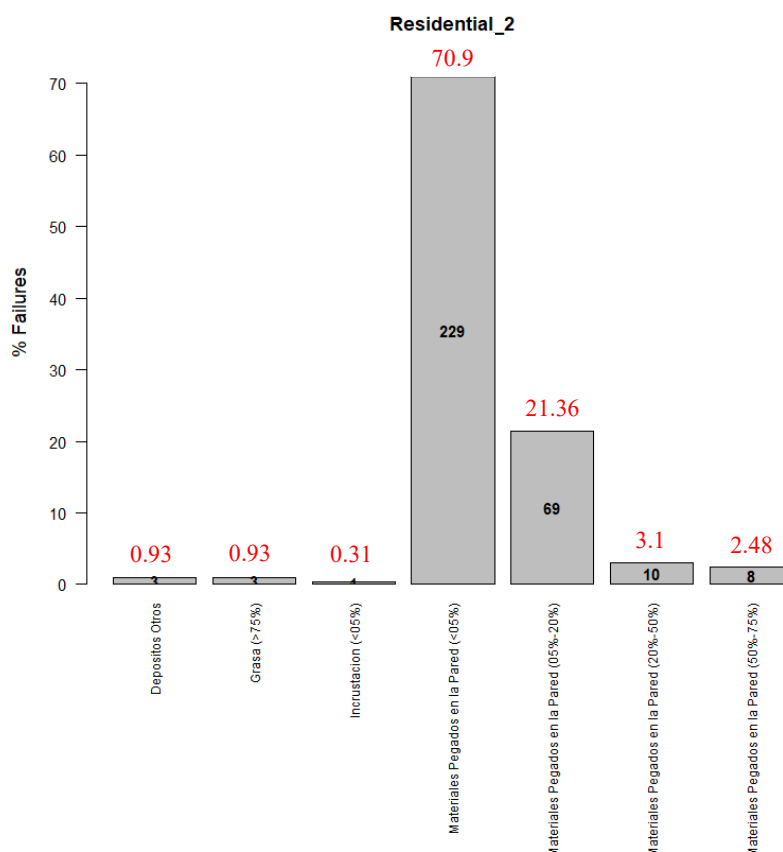
Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.

En la ilustración se refleja el porcentaje según el tipo de fallas operacionales que más se presenta en la UPZ Doce de Octubre que hace referencia al código 1.1.2.1, en donde se muestra un 78% de la falla obstrucción por conexión. Que se encuentra descrito en la Tabla 2. Parámetros descripción operacional.

## 31. FALLAS OPERACIONALES MAS RECURRENTES TIPO RESIDENCIAL 2 (GRADO 2)

### 31.1.1UPZ Doce de Octubre

Ilustración 37.Fallas Operacionales Recurrentes UPZ Doce de Octubre



Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.

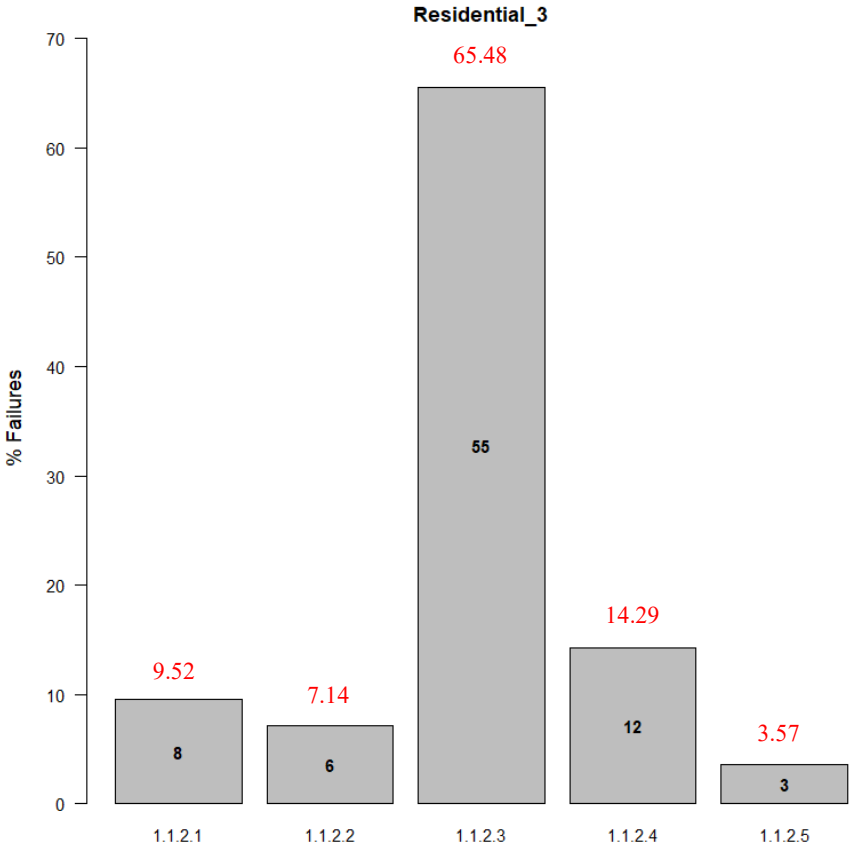


En la ilustración 37 se presenta el porcentaje según el tipo de fallas operacionales que más se muestra en la UPZ Doce de Octubre que hace referencia al código 1.1.2.3 que se encuentra descrito en la Tabla 2. Parámetros descripción operacional.

### 32. FALLAS OPERACIONALES RESIDENCIAL 3

#### 32.1.1 UPZ La Esmeralda

Ilustración 38.Fallas Operacionales UPZ La Esmeralda



Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.

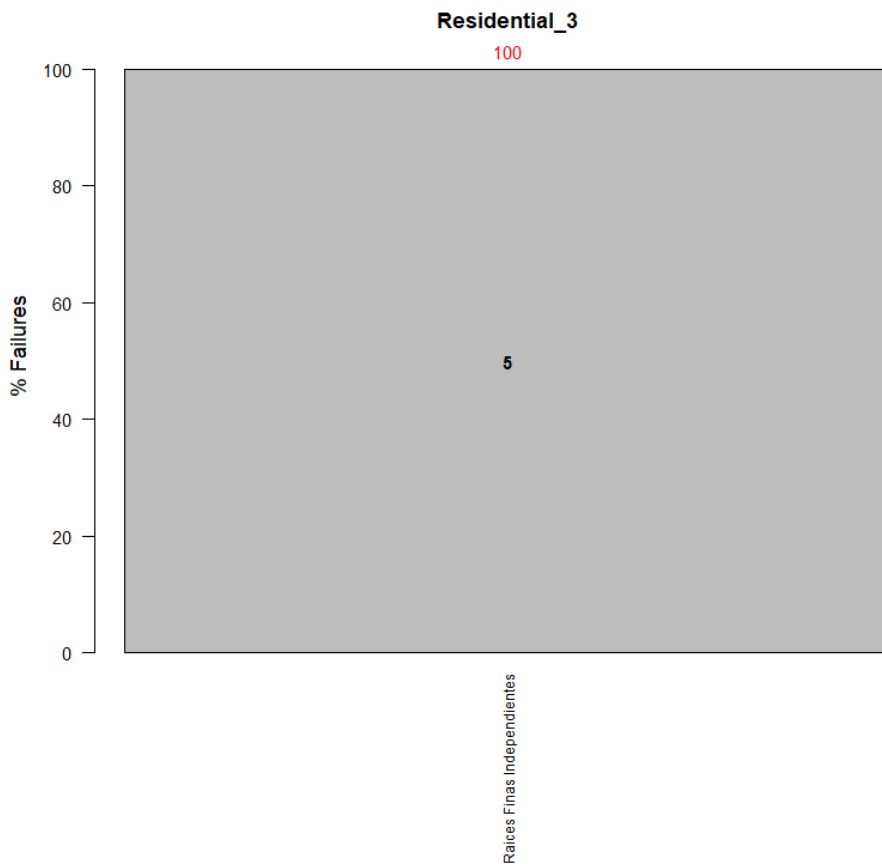
En la ilustración 38 se muestra el porcentaje de fallas totales Operacionales del uso del suelo, donde predomina actividad residencial tipo 3 presentes en la Upz La Esmeralda.

### 33.. FALLAS OPERACIONALES MAS RECURRENTES TIPO RESIDENCIAL 3

(GRADO 1)

#### 33.1.1 UPZ La Floresta

Ilustración 39.Fallas Operacionales Recurrentes UPZ La Florestas



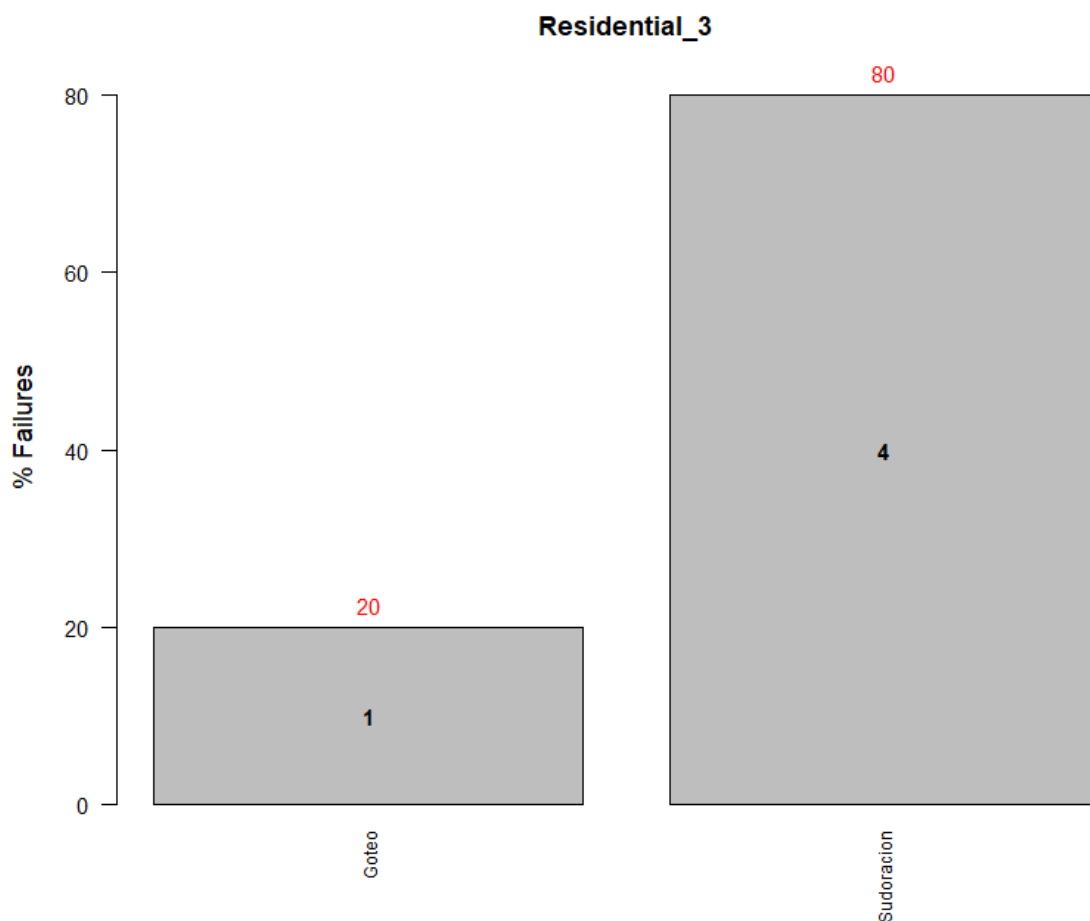
Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.

En la ilustración 39 se presenta el porcentaje según el tipo de fallas operacionales totales del uso del suelo, donde predomina la falla operacional con el código de identificación 1.1.2.2 en la UPZ la floresta.

### 34. FALLAS OPERACIONALES MÁS RECURRENTES TIPO RESIDENCIAL 3 (GRADO 2)

#### 34.1.1 UPZ La Floresta

Ilustración 40. Fallas Operacionales Recurrentes UPZ La Floresta



Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio.

En la ilustración 40, se presenta las fallas operacionales, donde según la inspección realizada por la empresa de servicios públicos de Bogotá, la falla más frecuente se presenta en un 80% denominada sudoración.

## 35. ANALISIS DE RESULTADOS

### 35.1 Densidad

Por lo que se refiere a la densidad de la población, se realizó una categorización de acuerdo con el uso de los cuartiles, evaluando la dispersión y la tendencia central del conjunto de datos; la clasificación se realizó en tres grupos: i) baja: primer cuartil; ii) medio: segundo cuartil; iii) alto: tercer cuartil.

La estratificación social responde a criterios sociales, culturales y técnicos; esta información está a cargo del Departamento Nacional Administrativo de Estadística (DANE).

Según el código en el programa RStudio se clasificó de la siguiente manera:

Si las Upz tiene un rango menor a 61.024 Hab va se categorizado como bajo, entre 61,024-90.364 habitantes va a hacer medio y si es mayor a 112.205 va a hacer alto. Además, muestra el porcentaje de fallas presentes.

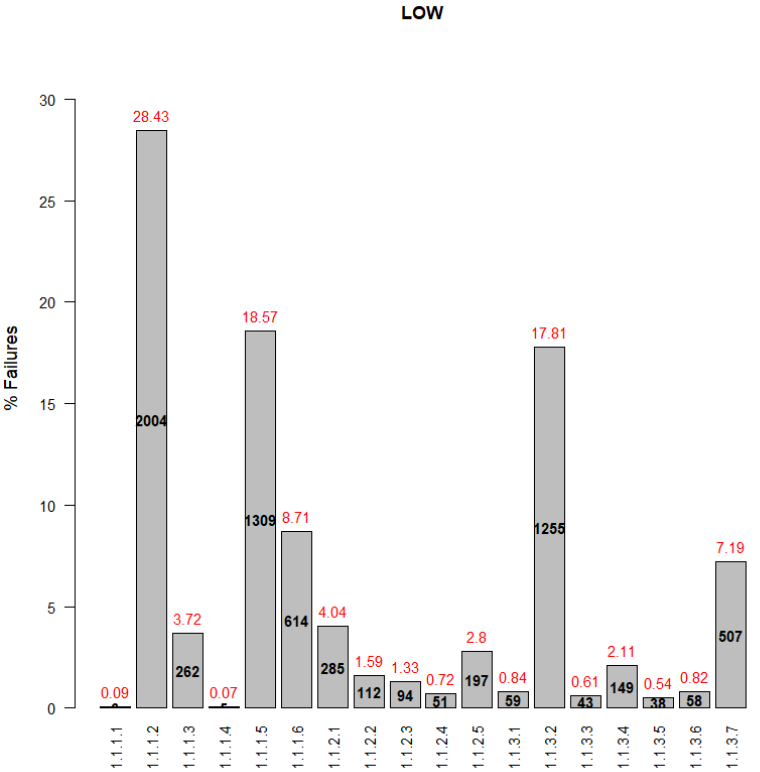
Ilustración 41. Código de categorización RStudio

```
1- function(Data_merge){
2
3   boxplot(Data_merge$PopDensity_num, outline = TRUE) #Mostrar el boxplot con outliers
4   boxplot(Data_merge$PopDensity_num, outline = FALSE) #Mostrar el boxplot sin outliers
5
6   boxplot.stats(Data_merge$PopDensity_num)$stats # Para saber los cuartiles y la mediana de mis datos (Distribución)
7
8
9   PopDensity_cat<- rep(NA, nrow(Data_merge))
10  PopDensity_cat[which(Data_merge$PopDensity_num<=90364)]<- "LOW"
11  PopDensity_cat[which(Data_merge$PopDensity_num>90364 & Data_merge$PopDensity_num <= 112205)]<- "MEDIUM"
12  PopDensity_cat[which(Data_merge$PopDensity_num>112205)]<- "HIGH"
13
14  Data_merge$PopDensity_cat <- PopDensity_cat
15
16  return(Data_merge)
```

Fuente: Elaboración Propia, Software RStudio

A partir de la ilustración 41 se muestra la categorización que se realizó mediante software RStudio teniendo en cuenta la cantidad de habitantes que se encuentra por Upz. A su vez, se evidencia la codificación realizada en cuanto a las fallas descritas en la NS-058; las cuales reflejaran un porcentaje de las fallas en las Upz.

Ilustración 42. Porcentaje de fallas UPZ 20 de julio



Fuente: Elaboración Propia Software RStudio.

En la ilustración 42 se muestra los tipos de fallas totales a partir de la estratificación social mediante la codificación en RStudio, en este caso para la Upz 20 de julio se evidencia una categorización baja respecto a la población de habitantes. Representando un porcentaje de fallas de la siguiente manera:

### 36. CATEGORIZACIÓN BAJA

Tabla 5.Fallas Estructurales UPZ 20 de Julio

#### 36.1.1 Fallas estructurales

ESTRUCTURAL		ESTRUCTURAL	
CODIGO	DESCRIPCIÓN	CODIGO	DESCRIPCIÓN
1.1.1.1	Vertical (>03,0% y <07,5%)	1.1.1.5	Longitudinal (Junta de desplazada por encima de NS-073 o suelo vis
1.1.1.1	Vertical (>07.5% y <12,5%)	1.1.1.5	Longitudinal (1 y 1,5 Espesor)
1.1.1.1	Vertical (>12,5%)	1.1.1.5	Longitudinal (>1,5 Espesor)
1.1.1.1	Horizontal (>12,5%)	1.1.1.5	Radial (1 y 1,5 Espesor)
1.1.1.2	Grieta Superficial (Circular)	1.1.1.5	Radial (>10% del Diámetro)
1.1.1.2	Grieta Superficial (Compleja)	1.1.1.5	Radial (>1,5 Espesor)
1.1.1.2	Grieta Superficial (Helicoidal)	1.1.1.5	Angular (1 y 1,5 Espesor)
1.1.1.2	Grieta Superficial (Longitudinal)	1.1.1.5	Angular (>10% Diámetro)
1.1.1.2	Grieta (Circular)	1.1.1.5	Angular (>1,5 Espesor)
1.1.1.2	Grieta (Compleja)	1.1.16	Rugosidad (Alta)
1.1.1.2	Grieta (Helicoidal)	1.1.16	Rugosidad (Leve)
1.1.1.2	Grieta (Longitudinal)	1.1.16	Rugosidad (Moderada)
1.1.1.2	Fractura (Circular)	1.1.16	Rugosidad (Muy Alta)
1.1.1.2	Fractura (Compleja)	1.1.16	Descascaramiento (Alta)
1.1.1.2	Fractura (Helicoidal)	1.1.16	Descascaramiento (Leve)
1.1.1.2	Fractura (Logitudinal)	1.1.16	Descascaramiento (Moderada)
1.1.1.3	Rotura (+1/4)	1.1.16	Descascaramiento (Muy Alta)
1.1.1.3	Rotura (<1/4)	1.1.16	Agregado Visible (Alta)
1.1.1.3	Colapso(Perdida Completa)	1.1.16	Agregado Visible (Leve)
1.1.1.4	Donde el sello es un anillo (Desplazado Visiblemente)	1.1.16	Agregado Visible (Muy Alta)
1.1.1.4	Donde el sello es un anillo (Mas de la Mitad)	1.1.16	Agregado Saliendo de la Superficie (Alta)
1.1.1.4	Donde el sello es un anillo (Menos de la Mitad)	1.1.16	Agregado Saliendo de la Superficie (Leve)
1.1.1.4	Donde el sello es un anillo (Roto)	1.1.16	Agregado Saliendo de la Superficie (Moderada)
1.1.1.4	Otro sellante (05%)	1.1.16	Agregado Saliendo de la Superficie (Muy Alta)
1.1.1.4	Otro sellante (05%-20% )	1.1.16	Agregado Ausente (Alta)
1.1.1.4	Otro sellante (>20%)	1.1.16	Agregado Ausente (Leve)
1.1.1.4	Sin sello	1.1.16	Agregado Ausente (Moderada)
		1.1.16	Agregado Ausente (Muy Alta)

- Fuente: EAAB, 2001

### 36.1.2 Fallas Operacionales

Tabla 6.Fallas Operacionales UPZ 20 de Julio

<b>OPERACIONAL</b>	
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1.1.2.1	Obstrucción por Conexión (<05%)
1.1.2.1	Obstrucción por Conexión (<05%-20%)
1.1.2.1	Obstrucción por Conexión (<05%-50%)
1.1.2.1	Obstrucción por Conexión (<05%-75%)
1.1.2.1	Obstrucción por Conexión (>75%)
1.1.2.2	Raiz Bloqueada Conexión
1.1.2.2	Masa Compleja de Raices (<05%)
1.1.2.2	Masa Compleja de Raices (05%-20%)
1.1.2.2	Masa Compleja de Raices (20%-50%)
1.1.2.2	Masa Compleja de Raices (50%-75%)
1.1.2.2	Masa Compleja de Raices (>75%)
1.1.2.5	Materiales Pegados en la Pared (<05%)

Fuente: EAAB, 2001

### 36.1.3 Fallas Por Inventario

Tabla 8.Fallas Por inventario UPZ 20 de Julio

<b>INVENTARIO</b>	
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1.1.3.1	Reparación Puntual
1.1.3.2	Con Accesorio
1.1.3.2	Sin Accesorio
1.1.3.2	La Posición de la Conexión es Incorrecta
1.1.3.2	Hay un Hueco entre la Conexión y la Tubería Principal
1.1.3.2	Hay un Hueco Parcial
1.1.3.2	Bloqueo del Tubo de Conexión
1.1.3.2	Observación General (Conexión en Buen Estado)
1.1.3.2	Observación General (Conexión Fuera de Servicio)
1.1.3.3	Afluente Clarp dentro de la red
1.1.3.3	Afluente Turbio o Decorolado
1.1.3.7	Izquierda
1.1.3.7	Derecha
1.1.3.7	Arriba
1.1.3.7	Abajo
1.1.3.7	Otros

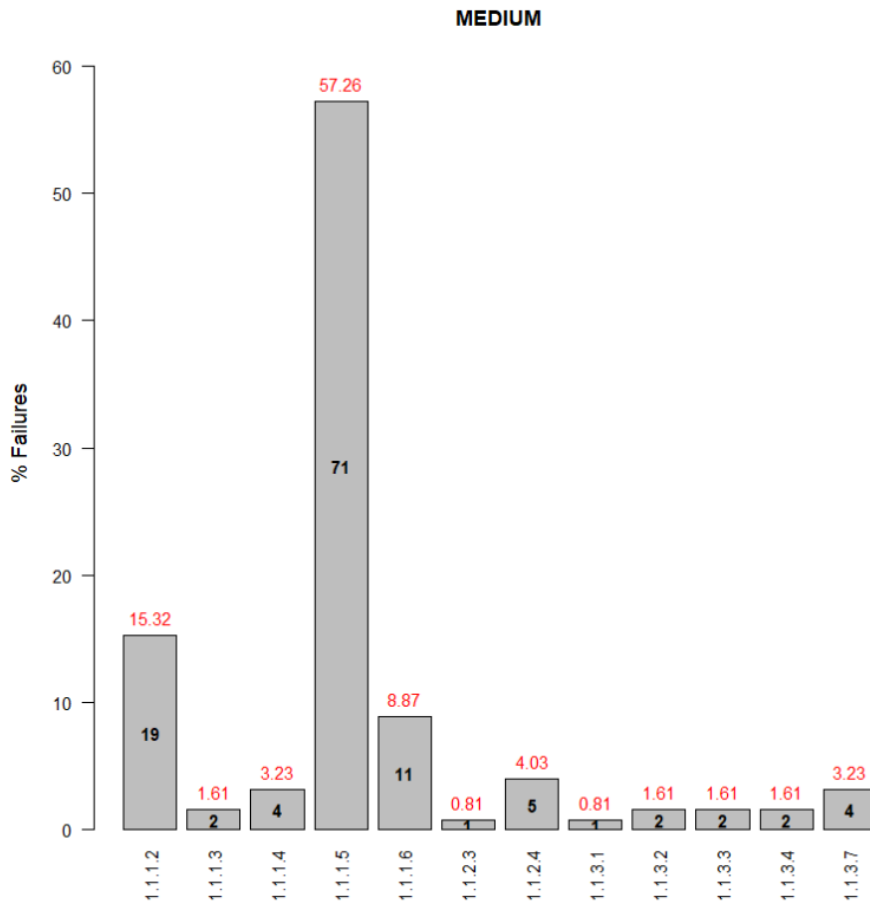
Fuente: EAAB, 2001

De acuerdo con las fallas totales presentes en la UPZ 20 de Julio, se analizan los códigos 1.1.1.2, 1.1.1.5 y 1.1.3.2 lo cual hace referencia a que esta UPZ presenta más fallas de tipo estructural e inventario.

Para en el caso de la falla 1.1.1.2 se pueden presentar fisuras, grietas y fracturas; cada una de ellas se puede presentar de tipo longitudinal, circular, compleja y helicoidal. En cuanto a la falla 1.1.1.5 aparecen usualmente juntas desplazadas que quiere decir que las tuberías adyacentes se desplazan de su posición prevista, presentándose diferentes tipos de desplazamiento longitudinal, angular y radial alrededor de la tubería. Y por último la falla 1.1.3.2 hace referencia a defectos de conexión, es decir, una tubería está conectada a la otra tubería que está siendo inspeccionada. Ya sea con tipo de conexión con accesorio o sin accesorio que nos determina el estado en que se encuentra.



Ilustración 43. Porcentaje de fallas UPZ Comuneros



Fuente: Elaboración Propia Software RStudio.

En este grafico nos muestra los tipos de fallas totales a partir de la estratificación social mediante la codificación en RStudio, en este caso estamos hablando de la Upz Comuneros que nos arroja una categorización media respecto a la población de Hab. Representando un porcentaje de fallas de la siguiente manera:

## 36.2 Categorización Media

### 36.2.1 Falla Estructurales

Tabla 9.Fallas Estructurales UPZ Comuneros

ESTRUCTURAL		ESTRUCTURAL	
CODIGO	DESCRIPCIÓN	CODIGO	DESCRIPCIÓN
1.1.1.1	Vertical (>03,0% y <07,5%)	1.1.1.5	Longitudinal (Junta desplazada por encima de NS-073 o suelo vis
1.1.1.1	Vertical (>07.5% y <12,5%)	1.1.1.5	Longitudinal (1 y 1,5 Espesor)
1.1.1.1	Vertical (>12,5%)	1.1.1.5	Longitudinal (>1,5 Espesor)
1.1.1.1	Horizontal (>12,5%)	1.1.1.5	Radial (1 y 1,5 Espesor)
1.1.1.2	Grieta Superficial (Circular)	1.1.1.5	Radial (>10% del Diametro)
1.1.1.2	Grieta Superficial (Compleja)	1.1.1.5	Radial (>1,5 Espesor)
1.1.1.2	Grieta Superficial (Helicoidal)	1.1.1.5	Angular (1 y 1,5 Espesor)
1.1.1.2	Grieta Superficial (Longitudinal)	1.1.1.5	Angular (>10% Diametro)
1.1.1.2	Grieta (Circular)	1.1.1.5	Angular (>1,5 Espesor)
1.1.1.2	Grieta (Compleja)	1.1.16	Rugosidad (Alta)
1.1.1.2	Grieta (Helicoidal)	1.1.16	Rugosidad (Leve)
1.1.1.2	Grieta (Longitudinal)	1.1.16	Rugosidad (Moderada)
1.1.1.2	Fractura (Circular)	1.1.16	Rugosidad (Muy Alta)
1.1.1.2	Fractura (Compleja)	1.1.16	Descascaramiento (Alta)
1.1.1.2	Fractura (Helicoidal)	1.1.16	Descascaramiento (Leve)
1.1.1.2	Fractura (Logitudinal)	1.1.16	Descascaramiento (Moderada)
1.1.1.3	Rotura (+1/4)	1.1.16	Descascaramiento (Muy Alta)
1.1.1.3	Rotura (<1/4)	1.1.16	Agregado Visible (Alta)
1.1.1.3	Colapso(Perdida Completa)	1.1.16	Agregado Visible (Leve)
1.1.1.4	Donde el sello es un anillo (Desplazado Visiblemente)	1.1.16	Agregado Visible (Muy Alta)
1.1.1.4	Donde el sello es un anillo (Mas de la Mitad)	1.1.16	Agregado Saliendo de la Superficie (Alta)
1.1.1.4	Donde el sello es un anillo (Menos de la Mitad)	1.1.16	Agregado Saliendo de la Superficie (Leve)
1.1.1.4	Donde el sello es un anillo (Roto)	1.1.16	Agregado Saliendo de la Superficie (Moderada)
1.1.1.4	Otro sellante (05%)	1.1.16	Agregado Saliendo de la Superficie (Muy Alta)
1.1.1.4	Otro sellante (05%-20%)	1.1.16	Agregado Ausente (Alta)
1.1.1.4	Otro sellante (>20%)	1.1.16	Agregado Ausente (Leve)
1.1.1.4	Sin sello	1.1.16	Agregado Ausente (Moderada)
		1.1.16	Agregado Ausente (Muy Alta)

- Fuente: EAAB, 2001

### 36.2.2 Fallas Operacionales

Tabla 10.Fallas Operacionales UPZ Comuneros

<b>OPERACIONAL</b>	
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1.1.2.1	Obstrucción por Conexión (<05%)
1.1.2.1	Obstrucción por Conexión (<05%-20%)
1.1.2.1	Obstrucción por Conexión (<05%-50%)
1.1.2.1	Obstrucción por Conexión (<05%-75%)
1.1.2.1	Obstrucción por Conexión (>75%)
1.1.2.4	Grasa (75%)

Fuente: EAAB, 2001

### 36.2.3 Fallas Inventario

Tabla 11.Fallas Por Inventario UPZ Comuneros

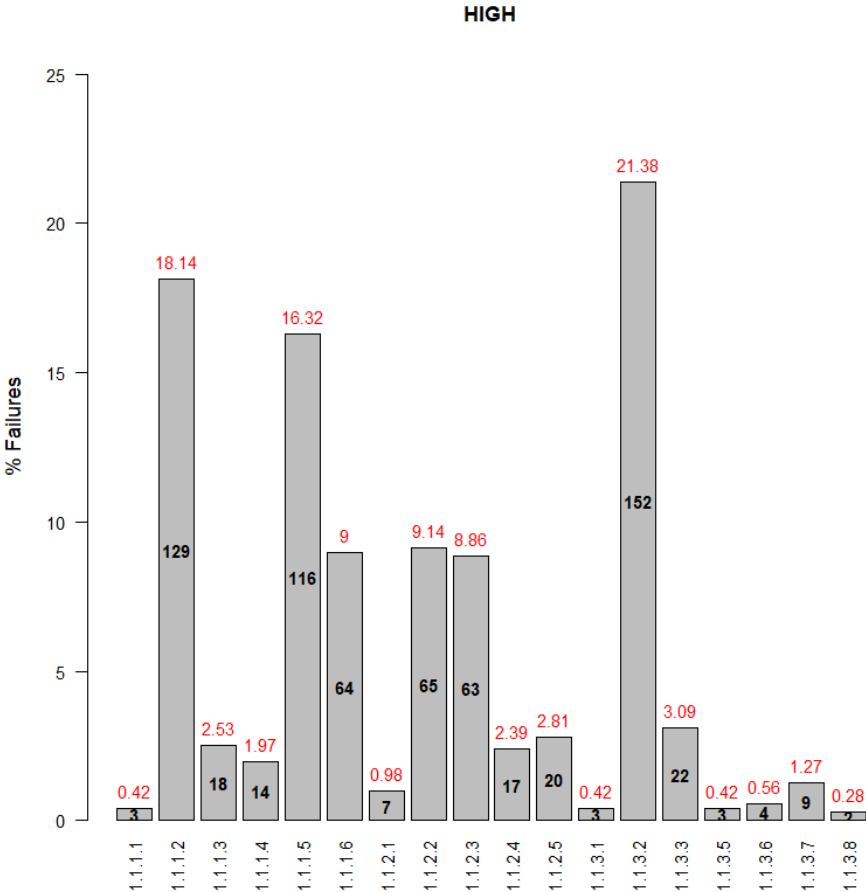
<b>INVENTARIO</b>	
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1.1.3.1	Reparación Puntual
1.1.3.2	Con Accesorio
1.1.3.2	Sin Accesorio
1.1.3.2	La Posición de la Conexión es Incorrecta
1.1.3.2	Hay un Hueco entre la Conexión y la Tubería Principal
1.1.3.2	Hay un Hueco Parcial
1.1.3.2	Bloqueo del Tubo de Conexión
1.1.3.2	Observación General (Conexión en Buen Estado)
1.1.3.2	Observación General (Conexión Fuera de Servicio)
1.1.3.3	Afluente Clarp dentro de la red
1.1.3.3	Afluente Turbio o Decorolado
1.1.3.4	Exfiltración
1.1.3.7	Izquierda
1.1.3.7	Derecha
1.1.3.7	Arriba
1.1.3.7	Abajo
1.1.3.7	Otros

Fuente: EAAB, 2001

De acuerdo con las fallas totales presentes en la UPZ de Comuneros, se analizan los códigos 1.1.1.2 y 1.1.1.5, lo cual hace referencia a que esta UPZ presenta más fallas de tipo estructural.

Para en el caso de la falla 1.1.1.2 se pueden presentar fisuras, grietas y fracturas; cada una de ellas se puede presentar de tipo longitudinal, circular, compleja y helicoidal. En cuanto a la falla 1.1.1.5 aparecen usualmente juntas desplazadas que quiere decir que las tuberías adyacentes se desplazan de su posición prevista, presentándose diferentes tipos de desplazamiento longitudinal, angular y radial alrededor de la tubería.

Ilustración 44. Porcentaje de fallas UPZ Castilla



Fuente: Elaboración Propia Software RStudio.

En este grafico nos muestra los tipos de fallas totales a partir de la estratificación social mediante la codificación en RStudio, en este caso estamos hablando de la Upz Castilla que nos arroja una categorización alta respecto a la población de Hab. Representando un porcentaje de fallas de la siguiente manera:

### 36.3 Categorización alta

#### 36.3.1 Falla Estructural

Tabla 12.Fallas Estructurales

ESTRUCTURAL		ESTRUCTURAL	
CODIGO	DESCRIPCIÓN	CODIGO	DESCRIPCIÓN
1.1.1.1	Vertical (>03,0% y <07,5%)	1.1.1.5	Longitudinal (Junta desplazada por encima de NS-073 o suelo vis
1.1.1.1	Vertical (>07.5% y <12,5%)	1.1.1.5	Longitudinal (1 y 1,5 Espesor)
1.1.1.1	Vertical (>12,5%)	1.1.1.5	Longitudinal (>1,5 Espesor)
1.1.1.1	Horizontal (>12,5%)	1.1.1.5	Radial (1 y 1,5 Espesor)
1.1.1.2	Grieta Superficial (Circular)	1.1.1.5	Radial (>10% del Diametro)
1.1.1.2	Grieta Superficial (Compleja)	1.1.1.5	Radial (>1,5 Espesor)
1.1.1.2	Grieta Superficial (Helicoidal)	1.1.1.5	Angular (1 y 1,5 Espesor)
1.1.1.2	Grieta Superficial (Longitudinal)	1.1.1.5	Angular (>10% Diametro)
1.1.1.2	Grieta (Circular)	1.1.1.5	Angular (>1,5 Espesor)
1.1.1.2	Grieta (Compleja)	1.1.16	Rugosidad (Alta)
1.1.1.2	Grieta (Helicoidal)	1.1.16	Rugosidad (Leve)
1.1.1.2	Grieta (Longitudinal)	1.1.16	Rugosidad (Moderada)
1.1.1.2	Fractura (Circular)	1.1.16	Rugosidad (Muy Alta)
1.1.1.2	Fractura (Compleja)	1.1.16	Descascaramiento (Alta)
1.1.1.2	Fractura (Helicoidal)	1.1.16	Descascaramiento (Leve)
1.1.1.2	Fractura (Logitudinal)	1.1.16	Descascaramiento (Moderada)
1.1.1.3	Rotura (+1/4)	1.1.16	Descascaramiento (Muy Alta)
1.1.1.3	Rotura (<1/4)	1.1.16	Agregado Visible (Alta)
1.1.1.3	Colapso(Perdida Completa)	1.1.16	Agregado Visible (Leve)
1.1.1.4	Donde el sello es un anillo (Desplazado Visiblemente)	1.1.16	Agregado Visible (Muy Alta)
1.1.1.4	Donde el sello es un anillo (Mas de la Mitad)	1.1.16	Agregado Saliendo de la Superficie (Alta)
1.1.1.4	Donde el sello es un anillo (Menos de la Mitad)	1.1.16	Agregado Saliendo de la Superficie (Leve)
1.1.1.4	Donde el sello es un anillo (Roto)	1.1.16	Agregado Saliendo de la Superficie (Moderada)
1.1.1.4	Otro sellante (05%)	1.1.16	Agregado Saliendo de la Superficie (Muy Alta)
1.1.1.4	Otro sellante (05%-20% )	1.1.16	Agregado Ausente (Alta)
1.1.1.4	Otro sellante (>20%)	1.1.16	Agregado Ausente (Leve)
1.1.1.4	Sin sello	1.1.16	Agregado Ausente (Moderada)
		1.1.16	Agregado Ausente (Muy Alta)

Fuente: EAAB, 2001

### 36.3.2 Falla Operacional

Tabla 13. Fallas Operacionales UPZ Castilla

OPERACIONAL	
CODIGO	DESCRIPCIÓN
1.1.2.1	Obstrucción por Conexión (<05%)
1.1.2.1	Obstrucción por Conexión (<05%-20%)
1.1.2.1	Obstrucción por Conexión (<05%-50%)
1.1.2.1	Obstrucción por Conexión (<05%-75%)
1.1.2.1	Obstrucción por Conexión (>75%)
1.1.2.2	Raíz Bloqueada Conexión
1.1.2.2	Masa Compleja de Raíces (<05%)
1.1.2.2	Masa Compleja de Raíces (05%-20%)
1.1.2.2	Masa Compleja de Raíces (20%-50%)
1.1.2.2	Masa Compleja de Raíces (50%-75%)
1.1.2.2	Masa Compleja de Raíces (>75%)
1.1.2.3	Incrustación (<05%)
1.1.2.3	Incrustación (05%-20%)
1.1.2.3	Incrustación (20%)
1.1.2.3	Grasa (<05%)
1.1.2.3	Grasa (05%-20%)
1.1.2.3	Grasa (20%-50%)
1.1.2.3	Grasa (50%-75%)
1.1.2.4	Grasa (75%)
1.1.2.5	Materiales Pegados en la Pared (<05%)

Fuente: EAAB, 2001

### 36.3.3 Fallas por Inventario

Tabla 14. Fallas Por Inventario UPZ Castilla

INVENTARIO	
CODIGO	DESCRIPCIÓN
1.1.3.1	Reparación Puntual
1.1.3.2	Con Accesorio
1.1.3.2	Sin Accesorio
1.1.3.2	La Posición de la Conexión es Incorrecta
1.1.3.2	Hay un Hueco entre la Conexión y la Tubería Principal
1.1.3.2	Hay un Hueco Parcial
1.1.3.2	Bloqueo del Tubo de Conexión
1.1.3.2	Observación General (Conexión en Buen Estado)
1.1.3.2	Observación General (Conexión Fuera de Servicio)
1.1.3.3	Afluente Clarp dentro de la red
1.1.3.3	Afluente Turbio o Decorolado
1.1.3.5	Plugas
1.1.3.6	Afluente Claro en la Conexión
1.1.3.6	Afluente Turbio
1.1.3.6	Conexión Errada de Acantarillado Pluvial a Sanitario
1.1.3.6	Conexión Errada de Acantarillado Sanitario a Pluvial
1.1.3.6	No es Errada
1.1.3.6	No se sabe
1.1.3.7	Izquierda
1.1.3.7	Derecha
1.1.3.7	Arriba
1.1.3.7	Abajo
1.1.3.7	Otros

Fuente: EAAB, 2001

De acuerdo con las fallas totales presentes en la UPZ Castilla, se analizan los códigos 1.1.1.2, 1.1.1.5 y 1.1.3.2 lo cual hace referencia a que esta UPZ presenta más fallas de tipo estructural e inventario.

Para en el caso de la falla 1.1.1.2 se pueden presentar fisuras, grietas y fracturas; cada una de ellas se puede presentar de tipo longitudinal, circular, compleja y helicoidal. En cuanto a la falla 1.1.1.5 aparecen usualmente juntas desplazadas que quiere decir que las tuberías adyacentes se desplazan de su posición prevista, presentándose diferentes tipos de desplazamiento longitudinal, angular y radial alrededor de la tubería. Y por último la falla 1.1.3.2 hace referencia a defectos de conexión, es decir, una tubería está conectada a la otra tubería que está siendo inspeccionada. Ya sea con tipo de conexión con accesorio o sin accesorio que nos determina el estado en el que se encuentra.

## CONCLUSIONES

Con esta investigación se da a conocer a la comunidad sobre los métodos actuales de inspecciones, que se realiza a las redes de alcantarillado en los diferentes países. Así mismo, se da a conocer la importancia de las inspecciones en las redes de alcantarillado, ya que de este modo permite conocer el estado de las redes y saber las zonas donde se requiere intervención. De acuerdo con lo anterior, se garantiza el buen funcionamiento y operación de estas.

Mediante la base de datos ingresada a través del software RStudio, se tiene un mayor acercamiento a lo que está sucediendo actualmente en las redes de alcantarillado. Así mismo, identificar y clasificar las fallas presentes en el sistema, ya sean de tipo Estructurales, Inventario y Operacionales (EIO) para cada uno de los usos de suelo enfocados en usos de suelo residencial, consolida las condiciones del servicio y podría generar un registro e inventario que contribuyan en la ciudad.

Respecto al análisis estadístico según la ilustración 9 “Porcentaje uso del suelo en las áreas de actividad” Se determina que el uso del suelo residencial abarca aproximadamente el 70% siendo este el mayor porcentaje de área de actividad en el que desprende el tipo residencial 1,2 y 3. Asu vez se representa el mayor grado de afectación en las tuberías.

De la investigación se pudo determinar que la manera de priorizar las inspecciones es por medio de los parámetros calificables, que nos permiten reconocer el estado actual de las tuberías y a su vez clasificarlas entre el grado 1 y 5, siendo 1 el grado más bajo de afectación que tiene una periodicidad entre 4 y 5 años para realizar una inspección y 5 hace referencia a una tubería a punto de colapsar.



A lo largo del documento se expone el análisis de la base datos y registros de la ciudad de Bogotá, se basa en una clasificación por UPZ, mostrando el área de actividad del uso del suelo en cada una de ellas. Sin embargo, se identifican las zonas que requieran de una inspección o rehabilitación en el sistema.

Las inspecciones CCTV (circuito cerrado de televisión) en la ciudad de Bogotá es un proceso que optimiza el funcionamiento del alcantarillado, que a su vez manifiesta las condiciones del servicio prestado a la comunidad.

De este modo la norma NS-058 permite la evaluar el estado operacional y estructural de las redes, ya que la mayoría de los estudios se han realizado bajo esta normatividad los datos obtenidos por parte del acueducto y así clasifican las tuberías de la ciudad de Bogotá en un estado entre 4 y 5.

Según los datos obtenidos de las encuestas se llega a conclusión que la población desconoce el estado actual del sistema de alcantarillado y el por qué este presenta deficiencias. Así mismo no tienen conocimiento del proceso de rehabilitación y la importancia de usar nuevas tecnologías.

También se pudo determinar que la Upz Bosa Occidental representa las fallas tipo EIO.

Donde se evidencia que la mayor cantidad de fallas son estructurales con un 45.11% siendo esta área de actividad del uso del suelo residencial tipo 1. De igual forma la Upz el refugio figura como falla por inventario con un 45.51% que equivale a el área de actividad del uso del suelo residencial tipo 3.

Asu vez teniendo en cuenta la estratificación social de acuerdo a la densidad poblacional, se refleja que la UPZ 20 julio se encuentra en un categoría baja que abarca el porcentaje de fallas más recurrentes siendo esta la 1.1.1.2 (Grietas) con un porcentaje de 29.43%

El Cambio Climático es una realidad, y así mismo un factor fundamental que afecta directamente a las redes existentes de alcantarillado, Siendo el causante de no satisfacer los caudales demandados. Hipotéticamente el sistema debe tener cabida para transportar gran magnitud de caudales y operar correctamente. Actualmente no es así debido a las malas condiciones estructurales, operacionales y de inventario que sufre, De igual forma la carencia del mantenimiento. Siendo esta la razón principal de las deficiencias en la gestión del mantenimiento por parte de las Empresas Prestadoras de Servicios.

Para finalizar, en Colombia se sabe de la necesidad de implementar esta gestión, pero una de las razones por las cuales no es gestionada es que no se cuenta con los recursos económicos necesarios. Asu vez no existe la tecnología que promueva la evolución, ya que la actual en comparación con otros países es obsoleta. De este modo es importante la utilización de tecnología avanzada para poder rehabilitar las redes de alcantarillado en su totalidad.

## BIBLIOGRAFIA

- Kemenkes RI. (2011). Title. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 16(2), 39–55.
- Moreno, J. S. O. (2014). Universidad de los Andes Facultad De Ingeniería Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental.
- Moreno, O. L. (2016). ROBOT INSPECCIÓN DE TUBERÍAS [Identificador\_TFG:424.15.7].
- Uniandes, & Alcaldía de Bogotá, A. de. (2017). Información general. *23 de Septiembre*, 1. [http://www.andes-antioquia.gov.co/informacion\\_general.shtml#vias](http://www.andes-antioquia.gov.co/informacion_general.shtml#vias)
- Alcaldía de Bogotá, A. de. (2015). *Norma técnica de servicios*.|
- Pane, D. N., Fikri, M. EL, & Ritonga, H. M. (2018). Journal of Chemical Information and Modeling. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Efrén, Ó., & Zúñiga, O. (2012). Sostenibilidad ambiental urbana mediante predicción de patologías en sistemas de alcantarillado Urban environmental sustainability through prediction of pathologies in sewerage systems. 35–45.
- RiskMapping, 3D. (2008). Teoría y práctica del Escaneado Láser Terrestre Material de aprendizaje basado en aplicaciones prácticas Prefacio.
- Acueducto. (Agosto de 2006). Obtenido de <https://www.acueducto.com.co/wps/html/resources/empresa/DocumentotecnicoDTS.pdf>
- Acueducto. (Enero de 2015). Obtenido de [https://www.acueducto.com.co/wps/portal/EAB2/Home/ambiente/saneamiento/buen-uso-del-sistema-de-alcantarillado!/ut/p/z1/tVTLcoIwFP0VNyyZXMJDXAjToZ2pipaq2TjhoaWFgBC17dc3zHQh1mJbp9lkcnpUua-TIIiWiDC6TzeUpwWjmTgvibEyfAcUE\\_DIHOoD8H3sqz4EnqsDmrcBoGEH\\_NnEno4DR5k4](https://www.acueducto.com.co/wps/portal/EAB2/Home/ambiente/saneamiento/buen-uso-del-sistema-de-alcantarillado!/ut/p/z1/tVTLcoIwFP0VNyyZXMJDXAjToZ2pipaq2TjhoaWFgBC17dc3zHQh1mJbp9lkcnpUua-TIIiWiDC6TzeUpwWjmTgvibEyfAcUE_DIHOoD8H3sqz4EnqsDmrcBoGEH_NnEno4DR5k4)
- *essal*. (2016). Obtenido de <https://www.essal.cl/emergencia-osorno/inspeccion-pruebas-de-humo>
- México, U. A. (Enero de 2012). Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/401/40123894005.pdf>

- *Secretaria Distrital De Planeación*. (13 de Mayo de 2020). Obtenido de <http://www.sdp.gov.co/micrositios/pot/documentos>
- Escaño, J. (2016). *zaguan Unizar*. Obtenido de <https://zaguan.unizar.es/record/57423/files/TAZ-TFG-2016-740.pdf>