

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL DE UNA RED DE  
TUBERÍAS DE AGUAS LLUVIAS UTILIZANDO  
HERRAMIENTAS TECNOLÓGICAS, ROBOT CÁMARA  
IBAK KIEL T-86EX**

PRESENTADA POR:

**CRISTIAN ANTONIO RAMOS LÓPEZ**

**LUIS ENRIQUE SEGOVIA MARINERO**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO DE 2022

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

RECTOR:

**MSc. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO**

SECRETARIO GENERAL:

**ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

DECANO:

**Ph.D. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROAR**

SECRETARIO:

**ING. JULIO ALBERTO PORTILLO**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

DIRECTOR:

**ING. ANÍBAL RODOLFO ORTIZ**

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Tesina de Pasantía de Práctica Profesional previa a la opción al Grado de:

**INGENIERO CIVIL**

Título:

**DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL DE UNA RED DE TUBERÍAS  
DE AGUAS LLUVIAS UTILIZANDO HERRAMIENTAS  
TECNOLÓGICAS, ROBOT CÁMARA IBAK KIEL T-86EX**

Presentado por:

**CRISTIAN ANTONIO RAMOS LÓPEZ**

**LUIS ENRIQUE SEGOVIA MARINERO**

Tesina de Pasantía de Práctica Profesional Aprobada por:

Docentes Asesores:

**ING. JOSÉ RANULFO CÁRCAMO Y CÁRCAMO**

**ING. HÉCTOR EDUARDO GONZÁLEZ BONILLA**

**ING. DANIEL EDGARDO ZÚNIGA GUARDADO**

San Salvador, agosto de 2022

Tesina de Pasantía de Práctica Profesional Aprobada por:

Docentes Asesores:

**ING. JOSÉ RANULFO CÁRCAMO Y CÁRCAMO**

**ING. HÉCTOR EDUARDO GONZÁLEZ BONILLA**

**ING. DANIEL EDGARDO ZÚNIGA GUARDADO**

## ÍNDICE

<i>INTRODUCCIÓN</i> .....	XIX
<b>CAPÍTULO 1: GENERALIDADES</b> .....	1
<i>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</i> .....	2
<i>JUSTIFICACIÓN</i> .....	3
<i>OBJETIVOS</i> .....	4
<i>OBJETIVO GENERAL</i> .....	4
<i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i> .....	4
<i>ALCANCES</i> .....	5
<i>LIMITACIONES</i> .....	6
<b>CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO</b> .....	8
2.1 DRENAJE PLUVIAL URBANO.....	9
2.2 IMPORTANCIA DEL DRENAJE PLUVIAL URBANO .....	9
2.3 DRENAJE PLUVIAL URBANO Y LA GESTIÓN DE RIESGOS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO .....	11
2.4 CONSECUENCIAS DE UN MAL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL URBANO .....	14
2.5 NIVEL DE RIESGO ADMISIBLE EN ZONAS URBANAS.....	15
2.6 TIPOS DE SISTEMAS DE DRENAJE .....	16

2.7 COMPONENTES DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL URBANO ....	17
--	----

### **CAPÍTULO 3: DEMOSTRACIÓN Y PROCESAMIENTO DE LOS DATOS**

<b>USANDO SOFTWARE PIPELOGIX.....</b>	<b>35</b>
---------------------------------------	-----------

3.1 ¿QUÉ EVALÚAN LOS ESTÁNDARES DE CALIFICACIÓN EN UNA TUBERÍA? .....	36
---	----

3.2 CONFIGURACIÓN Y USO DE SOFTWARE PIPELOGIX PARA REALIZAR UNA INSPECCIÓN POR CCTV .....	43
---	----

3.3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	58
--	----

### **CAPÍTULO 4: CASO DE ESTUDIO DE UNA RED DE TUBERÍAS EN EL**

<b>ÁREA METROPOLITANA DE SAN SALVADOR .....</b>	<b>61</b>
---	-----------

DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL DE LA RED AGUAS LLUVIAS DE LA COLONIA SANTA LUCÍA DEL MUNICIPIO DE ILOPANGO DEL DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR.....	62
---	----

ANTECEDENTES DE LA PROBLEMÁTICA EN LA ZONA DE ESTUDIO ....	62
--	----

RECONOCIMIENTO DE CAMPO .....	66
-------------------------------	----

PLANIFICACIÓN DE LA INSPECCIÓN EN LA RED DE DRENAJE DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	72
--	----

INSPECCIÓN CON EL ROBOT CÁMARA EN LA ZONA DE ESTUDIO .....	76
--	----

PROCESAMIENTO DE LOS RESULTADOS.....	80
--------------------------------------	----

CALLE PRINCIPAL .....	81
-----------------------	----

CALLE No 5.....	89
CALLE No 1.....	91
CALLE No 2.....	102
CALLE CIRCUNVALACIÓN .....	112
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	130
<b>CAPÍTULO 5:</b> .....	<b>145</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>145</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>148</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>151</b>

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>Fotografía 4.1</b> Apertura de pozos para reconocimiento del estado de las estructuras que componen la red de drenaje .....	69
<b>Fotografía 4.2</b> Verificación de altura de pozo y del estado en su interior para decidir si es punto de introducción del robot.....	69
<b>Fotografía 4.3</b> Apertura de pozos para etapa de reconocimiento de campo	70
<b>Fotografía 4.4</b> Instalación de neumáticos en tractor, proceso de preparación para la inspección.....	76
<b>Fotografía 4.5</b> Instalación de cámara al tractor en proceso de preparación para la inspección.....	77
<b>Fotografía 4.6</b> Presurización del equipo en el proceso de preparación para la inspección.....	77
<b>Fotografía 4.7</b> Preparación y configuración del software para el registro de las fallas y observaciones .....	78
<b>Fotografía 4.8</b> Introducción del equipo en el pozo para la inspección .....	78
<b>Fotografía 4.9</b> Control del equipo de inspección mientras está dentro de un tramo de tubería por medio del panel de control. ....	79
<b>Fotografía 4.10</b> Control de equipo de inspección y registro de fallas u observaciones en el software. ....	79

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.

<b>Ilustración 2.1.</b> Sistema de drenaje pluvia conceptual, fuente Show et al., (1994) retomado y adaptado Comisión Nacional del Agua (2019). .....	17
<b>Ilustración 2.2.</b> Tipos más comunes de coladeras pluviales o bocas tormenta, diseños conceptuales, (2013).....	19
<b>Ilustración 2.3.</b> Lavadero que descarga el agua lluvia hacia canal natural al costado de la carretera, 2021 .....	20
<b>Ilustración 2.4</b> Ejemplos de conducciones superficiales a los costados de las calles,2021. ....	22
<b>Ilustración 2.5</b> Ejemplos de diversos diámetros de tuberías de drenaje subterráneo, elaboración propia,2021. ....	23
<b>Ilustración 2.6.</b> Trazo conceptual de los componentes de una red de drenaje pluvial, fuente imagen retomada y modificada de (CONAGUA, 2019). .....	24
<b>Ilustración 2.7.</b> Perfil de la unión de las estructuras de conducción utilizando pozos de inspección, fuente (Carmona, 2013). ....	25
<b>Ilustración 2.8.</b> Detalle conceptual de los pozos de visita, fuente base de datos Google imágenes <a href="http://www.google.com">www.google.com</a> ,2021. ....	26
<b>Ilustración 2.9.</b> Ejemplos conceptuales y ejecución real de descarga con conductos cerrados, fuente base de datos Google imágenes, 2017.....	27

<b>Ilustración 2.10.</b> Canal de descarga abierto ubicado en Torreón, México. Fuente,2021 .....	28
<b>Ilustración 2.11.</b> Ejemplo de zanja de pasto para bajas velocidades de flujo, (2016) .....	30
<b>Ilustración 2.12.</b> Ejemplo del funcionamiento de un pavimento permeable, (2016). .....	31
<b>Ilustración 2.13.</b> Ejemplo del Zanja de infiltración,2021 .....	32
<b>Ilustración 2.14.</b> Ejemplo conceptual de pozos de infiltración de aguas lluvias,2016.....	33
<b>Ilustración 2.15.</b> Ejemplo del Laguna de retención de aguas lluvias ,2017..	34
<b>Ilustración 4.1</b> Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 1, Calle Principal.....	82
<b>Ilustración 4.2</b> Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 2, Calle Principal.....	84
<b>Ilustración 4.3</b> Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 3, Calle Principal.....	85
<b>Ilustración 4.4</b> Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 4, Calle Principal.....	86
<b>Ilustración 4.5</b> Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 5, Calle Principal.....	88

<b>Ilustración 4.6</b> Presentación esquemática de las fallas encontradas en Calle No 5.....	90
<b>Ilustración 4.7</b> Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 1, Calle No 1.....	93
<b>Ilustración 4.8</b> Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 2, Calle No 1.....	94
<b>Ilustración 4.9</b> Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 3, Calle No 1.....	96
<b>Ilustración 4.10</b> Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 4, Calle No 1 .....	98
<b>Ilustración 4.11</b> Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 5, Calle No 1.....	100
<b>Ilustración 4.12</b> Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 6, Calle No 1.....	101
<b>Ilustración 4.13</b> Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 1, Calle No 2.....	104
<b>Ilustración 4.14</b> Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 2, Calle No 2.....	105
<b>Ilustración 4.15</b> Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 3, Calle No 2.....	106

<b>Ilustración 4.16</b> Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 4, Calle No 2.....	107
<b>Ilustración 4.17</b> Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 5, Calle No 2.....	109
<b>Ilustración 4.18</b> Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 6, Calle No 2.....	111
<b>Ilustración 4.19</b> Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 1, Calle Circunvalación.....	115
<b>Ilustración 4.20</b> Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 2, Calle Circunvalación.....	117
<b>Ilustración 4.21</b> Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 3, Calle Circunvalación.....	118
<b>Ilustración 4.22</b> Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 4, Calle Circunvalación.....	119
<b>Ilustración 4.23</b> Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 5, Calle Circunvalación.....	121
<b>Ilustración 4.24</b> Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 6, Calle Circunvalación.....	123
<b>Ilustración 4.25</b> Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 7, Calle Circunvalación.....	124

<b>Ilustración 4.26</b> Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 8, Calle Circunvalación.....	126
<b>Ilustración 4.27</b> Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 9, Calle Circunvalación.....	127
<b>Ilustración 4.28</b> Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 10, Calle Circunvalación.....	129

## ÍNDICE DE IMÁGENES

<b>Imagen 4.1</b> Vista general de la colonia Santa Lucía, lugar donde se realizó el estudio. Fuente: Google Earth, 27 de Julio de 2021.....	62
<b>Imagen 4.2</b> Noticias acerca de las inundaciones que se generan en la colonia Santa Lucía .....	63
<b>Imagen 4.3</b> Fotografías que evidencian el nivel al que llega el agua después de un evento lluvioso en la Colonia Santa Lucía .....	63
<b>Imagen 4.4</b> Superposición de datos de catastro sobre una imagen satelital de la zona. Fuente: Creación propia con datos de catastro sobre foto de Google Earth. 27 de julio de 2021.....	66
<b>Imagen 4.5</b> Esquema de la red que será inspeccionada .....	80
<b>Imagen 4.6</b> Tramos que componen el drenaje de la Calle principal de Col. Santa Lucía. ....	81

<b>Imagen 4.7</b> Tramos que componen el drenaje de la Calle N° 5 de Col. Santa Lucía.....	89
<b>Imagen 4.8</b> Tramos que componen el drenaje de la Calle N° 1 de Col. Santa Lucía.....	91
<b>Imagen 4.9</b> Tramos que componen el drenaje de la Calle N° 2 de Col. Santa Lucía.....	102
<b>Imagen 4.10</b> Tramos que componen el drenaje de la Calle Circunvalación de Col. Santa Lucía. ....	112
<b>Imagen 4.11</b> Ejemplos de Refuerzo superficial visible encontrado en tuberías de Calle n°1 .....	131
<b>Imagen 4.12</b> Ejemplo de Grietas múltiples encontradas encontrada al final del tramo de Calle n°1 .....	133
<b>Imagen 4.13</b> Evidencia de desgaste en la superficie de la tubería .....	134
<b>Imagen 4.14</b> Defecto Refuerzo superficial visible encontrado en tuberías de Calle Principal.....	135
<b>Imagen 4.15</b> Foto retomada para ejemplificar estado de Operación y Mantenimiento de Calle Principal. ....	136
<b>Imagen 4.16</b> Juntas separadas encontradas en la Calle N°2 .....	137
<b>Imagen 4.17</b> Raíces encontradas en las tuberías de la Calle N°2 .....	138

<b>Imagen 4.18</b> Falla grietas longitudinal, circular, y múltiples encontradas a lo largo de la Calle Circunvalación .....	140
<b>Imagen 4.19</b> Condición de acumulación de basura, arena, rocas y agua estancada en Calle Circunvalación. ....	141
<b>Imagen 4.20</b> Caja colectora de la Colonia donde se terminó la inspección de la red .....	142

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1</b> Parámetros clave en la consideración del diseño conceptual para los sistemas de drenaje pluvial Urbanos y los resultados deseados.....	12
<b>Tabla 4.1</b> Lista de pozos que componen la red de drenaje de la zona “El Triángulo”.....	67
<b>Tabla 4.2</b> Datos obtenidos del reconocimiento de campo realizado previo a la inspección por CCTV.....	70
<b>Tabla 4.3</b> Datos provenientes de catastro.....	73
<b>Tabla 4.4</b> Planificación de la inspección realizada con los datos de catastro y del reconocimiento de campo.....	74
<b>Tabla 4.5</b> Planificación de la investigación con la fecha de ejecución.....	75
<b>Tabla 4.6</b> Tramos que componen la Calle Principal. ....	81
<b>Tabla 4.7</b> Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 1, Calle Principal.. ..	82

<b>Tabla 4.8</b> Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 2, Calle Principal.....	83
<b>Tabla 4.9</b> Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 3, Calle Principal.....	85
<b>Tabla 4.10</b> Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 4, Calle Principal.....	86
<b>Tabla 4.11</b> Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 5, Calle Principal.....	87
<b>Tabla 4.12</b> Registro y códigos de las fallas encontradas en Calle No 5.....	90
<b>Tabla 4.13</b> Tramos que componen la Calle No 1. ....	92
<b>Tabla 4.14</b> Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 1, Calle No 1.....	92
<b>Tabla 4.15</b> Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 2, Calle No 1.....	94
<b>Tabla 4.16</b> Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 3, Calle No 1.....	95
<b>Tabla 4.17</b> Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 4, Calle No 1.....	97
<b>Tabla 4.18</b> Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 5, Calle No 1.....	99
<b>Tabla 4.19</b> Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 6, Calle No 1.....	101

<b>Tabla 4.20</b> Tramos que componen la calle No 2. ....	103
<b>Tabla 4.21</b> Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 1, Calle No 2.....	103
<b>Tabla 4.22</b> Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 2, Calle No 2.....	105
<b>Tabla 4.23</b> Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 3, Calle No 2.....	106
<b>Tabla 4.24</b> Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 4, Calle No 2.....	107
<b>Tabla 4.25</b> Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 5, Calle No 2.....	108
<b>Tabla 4.26</b> Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 6, Calle No 2.....	110
<b>Tabla 4.27</b> Tramos que componen la Calle Circunvalación. ....	113
<b>Tabla 4.28</b> Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 1, Calle Circunvalación.. ....	114
<b>Tabla 4.29</b> Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 2, Calle Circunvalación.. ....	116
<b>Tabla 4.30</b> Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 3, Calle Circunvalación.. ....	118
<b>Tabla 4.31</b> Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 4, Calle Circunvalación.. ....	119

<b>Tabla 4.32</b> Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 5, Calle Circunvalación..	120
<b>Tabla 4.33</b> Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 6, Calle Circunvalación.	122
<b>Tabla 4.34</b> Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 7, Calle Circunvalación	124
<b>Tabla 4.35</b> Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 8, Calle Circunvalación..	125
<b>Tabla 4.36</b> Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 9, Calle Circunvalación..	127
<b>Tabla 4.37</b> Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 10, Calle Circunvalación..	128
<b>Tabla 4.38</b> Resumen de las calificaciones de cada uno de los tramos de la red de drenaje.....	132

## **INTRODUCCIÓN**

En los últimos años, la tendencia mundial en gestión de recursos ha introducido el concepto de activo fijo a los sistemas de drenajes, debido a que una mala gestión de los alcantarillados produce fuertes consecuencias económicas, sociales, ambientales y sanitarias en la población, entre otras. Por estos motivos, se destaca la importancia que tienen los drenajes en las áreas urbanizadas, ya que a través de los años la creciente demanda de espacios habitacionales ha generado una modificación en las capacidades de permeabilidad de los suelos, además están los efectos del cambio climático que influyen en el comportamiento de las precipitaciones respecto a su intensidad, duración y frecuencia, mientras que otro factor a destacar es que gran cantidad de las estructuras de drenaje tienen muchos años de servicio, por lo que en muchos casos estas pueden estar deterioradas, colapsadas, y puede que ya no presten el servicio para el que fueron diseñadas en su tiempo de instalación. En torno a lo expresado anteriormente, a nivel mundial, en las últimas décadas han sido desarrolladas diferentes tecnologías y metodologías que permiten ejecutar una gestión sobre las redes de alcantarillado, basándose en un conocimiento actualizado de las condiciones del sistema, información que después de ser procesada y analizada, permite tomar decisiones de inversión inteligente de recursos.

Ya que en el país la evaluación estructural del sistema de drenajes por Circuito Cerrado de Televisión es una tecnología relativamente nueva, que solamente está siendo utilizada por 2 instituciones gubernamentales, es por estos motivos

que el Ministerio de Obras Públicas y Transporte de El Salvador, por iniciativa de la Dirección de Adaptación al Cambio Climático y Gestión Estratégica del Riesgo (DACGER) en cooperación con alumnos egresados de la carrera de ingeniería civil de la Universidad de El Salvador presentan un proyecto técnico que tiene por objetivo aplicar la primera etapa de la gestión de sistemas de drenajes que consiste en el planteamiento de la metodología para la ejecución del diagnóstico estructural para sistemas de drenajes pluviales utilizando el modelo de Robot Cámara IBAK KIEL T-86Ex para inspecciones por Circuito Cerrado de TV.

Por lo tanto, en este documento se presentan las partes que componen el sistema de inspección, el mantenimiento del equipo a nivel preventivo, recomendaciones de seguridad, aplicación de normativa de estándares internacionales, elaboración del plan de trabajo, desarrollo de las actividades que hay ejecutar in situ, registro de fallas o defectos en software especializado para posteriormente presentar un informe detallado que permita sustentar las acciones o decisiones a tomar para cada caso en específico. Y finalmente, se presenta la ejecución de un caso real en la colonia Santa Lucia del área metropolitana de San Salvador, en el que se aplica la metodología de gestión, que contempla el proceso de catastro de la red, organización de los trabajos de inspección y un esquema que permite priorizar la intervención de algún tramo del sistema de alcantarillado, además de permitir depurar procesos y emitir recomendaciones para mantener la metodología planteada en un proceso de mejora constante.

# **CAPÍTULO 1:**

# **GENERALIDADES**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La importancia radica en desarrollar una metodología práctica para el uso óptimo de las herramientas tecnológicas con las que cuenta el MOPT (Ministerio de Obras Públicas Y Transporte) específicamente en la Dirección de Adaptación al Cambio Climático y Gestión Estratégica del Riesgo (DACGER), en la subdirección de drenajes. Con la finalidad de generar un subproducto de la ingeniería civil que será utilizado como un documento técnico, al momento de realizar inspecciones en campo enfocada a la prevención de riesgos, buscando daños estructurales que afecten el funcionamiento del sistema de tuberías colectoras de aguas lluvias en los lugares afectados por problemas de drenaje, también se pueden utilizar estas herramientas tecnológicas en el proceso de recepción de obras por parte del (MOPT), para garantizar el buen funcionamiento de las obras de drenaje terminadas y evitar la recepción final de obras que contengan vicios ocultos resultados del proceso de construcción.

Además, este equipo ha sido adoptado por muchos países para la inspección de tuberías de drenaje, enfocándose en el reconocimiento visual, por lo que es necesario complementarlo con softwares utilitarios de uso específico para el procesamiento de los datos obtenido por el robot cámara, bajo el criterio del operario, por lo tanto; es importante hacer énfasis en la utilización de normas internacionales para lograr la estandarización del procesamiento y la presentación final de resultados.

Por consiguiente, la propuesta a desarrollar en el MOPT es la elaboración de una metodología para el uso del Robot Cámara IBAK KIEL T-86Ex para la evaluación estructural de las redes de drenaje pluvial, así mismo se proporcionará una adaptación de la norma de estandarización (internacional) con la tipificación de los daños que comúnmente son encontrados en las tuberías.

### **JUSTIFICACIÓN**

En coordinación con los miembros de la subdirección de drenajes de la DACGER, es que la finalidad de esta investigación práctico-teórica es la de poder desarrollar una metodología para el uso correcto en campo del robot cámara IBAK KIEL T-86Ex insumo tecnológico utilizado en la inspección de los sistemas de tuberías de aguas lluvias, que permite tomar imágenes y vídeo en un circuito cerrado de TV, en lugares de acceso complicado para el equipo técnico que realiza la inspección, además de proporcionar una clasificación adecuada de las patologías que se pudiesen encontrar en los sistemas.

Este trabajo pretende:

Presentar una metodología que simplifique el entendimiento y uso del robot cámara IBAK KIEL T-86Ex

Estandarizar la interpretación de los datos que da como resultado el robot cámara, utilizando la norma PACP<sup>1</sup>, la cual es adoptada como método de interpretación de datos estandarizada.

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

- Desarrollar un diagnóstico estructural de una red de tuberías de aguas lluvias utilizando el robot cámara IBAK KIEL T-86Ex, utilizado en inspecciones de campo en redes de drenaje.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Aprender a reconocer las partes que componen el robot cámara al igual que su mantenimiento y limpieza.
- Aprender a través de las capacitaciones el uso de los programas de computadoras utilitarios necesarios para poder operar el robot cámara.
- Estandarizar lineamientos de uso y notación de los datos en campo.
- Definir una estandarización de los daños encontrados en tuberías basados en la norma PACP.
- Aplicar lo antes mencionado en un caso de la vida real bajo la supervisión de la subdirección de drenajes de la DAGER en el MOPT.

---

<sup>1</sup> PACP: Pipeline Assessment Certification Program (Programa de Certificación de Evaluación de Tuberías).

- Realizar el diagnóstico de la red de drenajes de la colonia Santa Lucía en la zona conocida como Parque El Triángulo.

## **ALCANCES**

- Ya que al momento de realizar el proyecto el equipo está recibiendo mantenimiento se obtendrá conocimiento básico acerca del mantenimiento y limpieza que debe recibir el equipo a modo que su funcionamiento sea el óptimo y que los resultados sean procesados de forma correcta.
- Por medio de la DACGER se aprenderá la metodología PACP para la interpretación y procesamiento de datos, la cual es la más utilizada por los programas de computadoras y que proporcionan al robot cámara la interpretación de datos.
- Se conocerá y presentará la manera en la cual se hace uso del programa PIPELOGIX<sup>2</sup> para la interpretación de datos y reportes en el Robot Cámara IBAK KIEL T-86Ex.
- Se llevará la teoría a la práctica en campo y se realizará un diagnóstico estructural de una red de drenaje de aguas lluvias de una zona del área metropolitana de San Salvador para garantizar que los objetivos planteados se han logrado satisfactoriamente.

---

<sup>2</sup> PIPELOGIX: Software especializado de inspección de tuberías para la recopilación de encuestas de CCTV y la generación de informes.

## LIMITACIONES

- Disponibilidad del equipo de transporte debido a emergencias o a compromisos institucionales, ya que para el equipo de diagnóstico por CCTV y las herramientas complementarias para ejecutar la investigación es necesario el uso de 2 vehículos para movilizarse, lo cual a veces no es posible debido a investigaciones de campo que realizan otras subdirecciones.
- Personal auxiliar no capacitado, esto es un inconveniente debido, a que la manipulación del equipo requiere cuidados especiales en cuanto al ensamble de las partes mecánicas, conexiones eléctricas, puesta en marcha y recuperación del equipo al finalizar la jornada, entre otras actividades. Lo que puede retrasar o disminuir el rendimiento de productividad diaria.
- Condiciones adversas del estado del tiempo en la zona de estudio, ya que un estado lluvioso pondría en riesgo parte del equipo que no debe estar expuesto a la lluvia, por ejemplo, el panel de control, así como también hay que tener en cuenta que los diagnósticos en esta subdirección se efectúan en drenajes de agua lluvia, y al tener un estado climatológico de mucha lluvia, la tubería no presentaría las mejores condiciones para poder efectuar un diagnóstico lo más detallado posible.
- Orden de prioridades de acuerdo a las necesidades del MOPT y los titulares, debido al carácter institucional de la misma, se pueden destinar

la totalidad de los recursos con los que cuenta la institución a una prioridad en específico por orden o decreto administrativo.

- Seguridad en el lugar del diagnóstico, esta puede ser considerada como una posible causa de retraso en el estudio ya que no se pondrá en riesgo al equipo de trabajo ni a los instrumentos que se necesitan para realizar una inspección por circuito cerrado de televisión.

# **CAPÍTULO 2:**

# **MARCO TEÓRICO**

## **2.1 DRENAJE PLUVIAL URBANO**

En su concepto más simple un sistema de drenaje pluvial es una red de conductos con puntos de inspección entre tramos que sirven para reencausar y desalojar el agua lluvia de las zonas urbanas hacia un cuerpo receptor de agua, incluyendo sus obras complementarias. Por lo tanto, es necesario considerar el aspecto del mantenimiento en cuestión de asequibilidad por parte del ente administrativo responsable de la red de drenaje. (CARPIO, GARCIA SIGARAN, & TOBIAS HERNANDEZ, 2011)

El uso de los drenajes pluviales tiene como finalidad el manejo y el control del agua de lluvia que cae sobre las ciudades, para conducirla hasta lugares especiales donde puede acumularse de una manera segura y posteriormente, pasarla por distintos procesos que la hagan reutilizable. CONAGUA (2019) señala que los drenajes “se encargan de conducir las aguas de desecho y pluviales captadas en los sitios de asentamiento (...) hasta lugares donde no provoquen daños o inconvenientes a los habitantes de poblaciones de donde provienen”.

## **2.2 IMPORTANCIA DEL DRENAJE PLUVIAL URBANO**

Como premisa de la importancia de los sistemas de drenajes se presenta una idea simple y concisa según Rafael Pérez Carmona (2013) “Todo lugar o población que cuente con un sistema de suministro de agua, de cualquiera que

fuese su procedencia, requiere de un sistema de evacuación llamado alcantarillado” (pág. 3).

Por lo tanto, en las zonas urbanas, se tiene la necesidad de desalojar el agua de lluvia de tal modo que se mitiguen los riesgos para los habitantes, las viviendas, los comercios, las industrias y otras áreas que afectan a la población. Sin embargo, la construcción de edificios, casas, la pavimentación de calles, estacionamientos y otras construcciones modifican el entorno natural y generan superficies poco permeables; aumentando los volúmenes de escurrimiento. Así, la urbanización incrementa los volúmenes que escurren superficialmente, debido a la impermeabilidad de las superficies de concreto y pavimento. Esto obliga a diseñar los sistemas de drenaje artificial con mayor capacidad que la que tenían las corrientes naturales originales. El drenaje pluvial urbano, tiene como función la captación y desalojo de las aguas de lluvia hasta sitios donde se descarguen en los cuerpos de agua, de tal forma que se reduzcan los daños e inconvenientes a los habitantes donde llegan o cruzan los escurrimientos (CONAGUA, 2019).

Gracias a este tipo de sistemas el agua que escurre por las calles y avenidas no se acumula, evitando encharcamientos donde después de cierto tiempo la materia orgánica que tiene el agua se descompone, produciendo gases tóxicos que, además de tener un olor desagradable, son causantes de enfermedades.

### **2.3 DRENAJE PLUVIAL URBANO Y LA GESTIÓN DE RIESGOS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO**

Los sistemas de drenaje urbano, al igual que las demás estructuras hidráulicas, se proyectan con base en el caudal de diseño obtenido a través de modelos probabilísticos elaborados con registros históricos hidrológicos y bajo la hipótesis de hidro-sistemas estacionarios. Por lo tanto, el resultado del proceso de diseño de dichas estructuras tiene cierto grado de incertidumbre. Con el fenómeno del Cambio Climático la confiabilidad de los modelos probabilísticos disminuye, debido a que bajo este escenario se evidencian cambios en las variables climáticas tales como la temperatura, la precipitación, la humedad relativa, el nivel del mar, etc. (Acevedo Aristizábal & Poveda Jaramillo, 2011 retomado textualmente de Lalinde, 2013).

Debido a los cambios producidos por una explosión demográfica acelerada, a la creciente demanda de vivienda en la zona urbana, a la modificación de la permeabilidad del suelo y el impacto generando por el cambio climático en el ciclo hidrológico, es necesario tomar en cuenta en las etapas de la planificación y diseño de sistemas de drenaje pluvial la Tabla 2.1, además se deben realizar las siguientes consideraciones (Department of Energy and Water Supply, 2013):

- Garantizar que el desalojo de las aguas pluviales no afecte las zonas aguas abajo; esto es: viviendas, carreteras, vías de ferrocarril o cualquier otra infraestructura.
- Definir los criterios de riesgo admisible ante inundaciones.

- Evaluar y disminuir el impacto sobre el tráfico peatonal y vehicular durante el desalojo de aguas pluviales en zonas urbanas.

Por otra parte, se deben considerar los niveles de superficie libre del agua en los cauces a los que descargarán los sistemas de drenaje pluvial, asociados al periodo de retorno de diseño para la protección de la población. A su vez, uno de los aspectos más relevantes actualmente en el diseño de los sistemas de drenaje pluvial urbano es reducir al mínimo los cambios del régimen de flujo natural del agua en la cuenca y los cuerpos receptores. Por lo que el diseño no debe limitarse al control de la velocidad de flujo y la descarga máxima. Si se reducen al mínimo los cambios en el volumen de escurrimiento, y por lo tanto los cambios en el ciclo natural del agua, se pueden alcanzar beneficios tales como:

- Menor arrastre de contaminantes
- Menor riesgo de inundaciones aguas abajo
- Menor riesgo de erosión de los cuerpos receptores
- Menor costo en la operación y mantenimiento de la infraestructura pluvial

**Tabla 2.1** Parámetros clave en la consideración del diseño conceptual para los sistemas de drenaje pluvial Urbanos y los resultados deseados (adaptado de Department of Energy and Water Supply, 2013).

Parámetro	Resultado deseado
Eficacia del drenaje	Salud pública: El sistema de drenaje debe ser capaz de evitar inundaciones o encharcamientos que puede ser foco de infecciones y atraer insectos o fauna nociva
	El funcionamiento del sistema de drenaje debe garantizar la seguridad de tránsito para peatones y vehículos
	Debe minimizar las afectaciones a la infraestructura urbana y a los habitantes ante la ocurrencia de tormentas

Control de inundaciones	El sistema de drenaje debe proteger las vías de comunicación de la población ante inundaciones
	El funcionamiento del sistema de drenaje debe garantizar la seguridad de tránsito para peatones y vehículos
	El sistema de drenaje debe ser adecuado para desalojar el agua ocasionada por la precipitación de diseño determinada
Volumen de escurrimiento	Control de inundaciones
	Debe ser capaz de captar el volumen de agua generado por la precipitación de diseño
	El sistema debe ser resistente a la erosión provocada por el flujo
	La descarga del agua pluvial no debe causar afectaciones a los ecosistemas o a los cuerpos receptores
Descarga máxima	Control de inundaciones
	El funcionamiento debe evitar disputas legales entre el organismo operador y comunidades aguas abajo
	La descarga debe ser tal, que prevenga la erosión en los cuerpos receptores
Velocidad de flujo	Debe garantizar el control de inundaciones en los cuerpos receptores y/o zonas aguas abajo de la descarga
	El funcionamiento del sistema de drenaje debe garantizar la seguridad de tránsito para peatones y vehículos
	El sistema de drenaje debe ser resistente a la erosión
Profundidad de flujo	Se debe priorizar el control de inundaciones
	El funcionamiento del sistema de drenaje debe garantizar la seguridad de tránsito para peatones y vehículos
	Debe minimizar las afectaciones a la infraestructura urbana y a los habitantes ante la ocurrencia de tormentas
Estética	El sistema de drenaje debe ser acorde al paisaje urbano
	Se debe procurar la protección
Infraestructura y costo de mantenimiento	La puesta en marcha de un sistema de drenaje debe generar un costo asequible al organismo operador y la comunidad
	Debe ser tal que los requisitos de operación y mantenimiento permitan la sostenibilidad
	El sistema de drenaje pluvial debe ser estructuralmente resistente ante las inundaciones que superen su capacidad

## 2.4 CONSECUENCIAS DE UN MAL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL

### URBANO

Debido al cambio apresurado de la migración de poblaciones rurales hacia las ciudades en las últimas décadas, estas últimas han experimentado un crecimiento urbano y una transformación del suelo que ha modificado las características hidrográficas de la zona, esto también ha afectado los sistemas de drenajes que ya existían en algunas ciudades los cuales terminaron colapsando debido a la presión del exceso de caudales aportados por el área de contribución para determinados sectores de las ciudades.

Es por motivos de una adecuada gestión del riesgo en las zonas urbanas por las cuales se debe tomar conciencia y consideración de los principales problemas que se generan por un ineficiente sistema de drenaje pluvial en las ciudades.

Como, por ejemplo:

**Inundaciones en las zonas urbanas**, estas se producen con más frecuencia bajo precipitaciones de corta duración, pero de gran intensidad que provocan que los drenajes artificiales sobrepasen su capacidad hidráulica, y por ende permitan la acumulación y empozamiento del agua en los sectores más bajos y condicionados por la topografía de la zona, lo que a su vez produce daños materiales, inhabilitación de las vías de comunicación, pérdida de vidas humanas, entre otros.

**Aumentan la vulnerabilidad frente a las estaciones lluviosas**, la cual está condicionada a los factores físicos como la localidad y la infraestructura, y los factores socioeconómicos como el impacto económico en la zona, el nivel de exposición de los pobladores al fenómeno, que en este caso serían las precipitaciones.

**Daños y deterioro de la infraestructura:** en este caso se consideran las vías de comunicación ya que pueden generar cárcavas por un colapso resultado de licuefacciones del suelo, erosión de taludes, agrietamiento y abrasión de la capa asfáltica por la velocidad de la escorrentía superficial no drenada correctamente, etc.

## **2.5 NIVEL DE RIESGO ADMISIBLE EN ZONAS URBANAS**

En el diseño de sistemas de drenaje pluvial se deben considerar los costos asociados con las inundaciones. Ya que estos pueden incluir: la reconstrucción de la infraestructura dañada, la rehabilitación de los equipos dañados, los impactos sobre la economía local, ante el cierre de los centros de trabajo, los gastos del Estado y fondos Gubernamentales para la atención de desastres.

Por lo tanto, los proyectistas de sistemas de drenaje pluvial urbano deben considerar en el diseño los siguientes aspectos de seguridad:

- Impacto a un "nivel local" aceptable para la comunidad, ante la ocurrencia de una precipitación de diseño

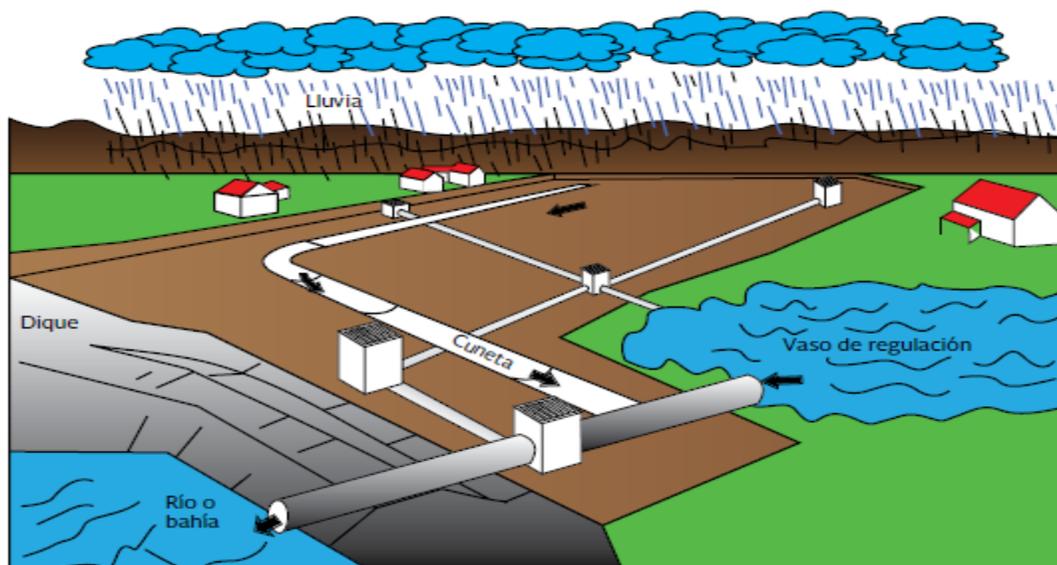
- Efecto potencial sobre la comunidad en términos de tiempo de recuperación
- Preservar la integridad de las principales conducciones de drenaje, naturales y artificiales

El uso de suelo, las condiciones climáticas y el tipo de precipitación son distintos de un lugar a otro. Por lo tanto, la solución al problema deberá ser acorde a estas condiciones. El mantenimiento de las tasas de infiltración natural del agua de lluvia en los suelos de captación puede beneficiar en gran medida la salud ecológica, manteniendo los flujos de aguas subterráneas naturales. Así, el diseño del sistema de drenaje pluvial debe reflejar las condiciones locales del suelo y sus tasas de infiltración naturales. (CONAGUA, 2019)

## **2.6 TIPOS DE SISTEMAS DE DRENAJE**

Los sistemas de drenaje por lo general se clasifican en 3 ramas las cuales son el drenaje sanitario, cuando únicamente tiene la función de conducir las aguas residuales producto de las actividades cotidianas de la población contribuyente de los caudales residuales, y la otra es el drenaje pluvial cuya función principal es la conducción de la escorrentía superficial directa que transita por la cuenca hidrográfica en cuestión, y por ultimo tenemos el tercer sistema de drenaje el cual

es una combinación de las aguas residuales y aguas pluviales en un solo sistema de conducciones<sup>3</sup>.



**Ilustración 2.1.** Sistema de drenaje pluvial conceptual, fuente Show et al., (1994) retomado y adaptado Comisión Nacional del Agua (2019).

## 2.7 COMPONENTES DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL URBANO

Un sistema de alcantarillado urbano debe estar dirigido al logro de unos objetivos indispensables para su operabilidad. Estos objetivos son 2: uno básico y otro complementario. El básico es disminuir al máximo los daños que las aguas de lluvia pueden ocasionar a la ciudadanía y las edificaciones en el entorno urbano. Por otro lado, lo complementario es garantizar el normal desenvolvimiento de la vida diaria en las ciudades, permitiendo así un apropiado tráfico de personas y vehículos durante la ocurrencia de las lluvias. (CARPIO, GARCIA SIGARAN, & TOBIAS HERNANDEZ, 2011)

<sup>3</sup> En El Salvador por normativa proporcionada por el ente regulador, la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANEA) los sistemas de drenaje se deben diseñar y construir por separado.

Los componentes principales de un sistema de drenaje pluvial se agrupan por la función que desempeñan, por lo tanto, la clasificación será la siguiente:

- Estructuras de captación
- Estructuras de conducción
- Estructuras de conexión y mantenimiento
- Estructuras de vertido
- Obras complementarias
- Disposición final.

#### ❖ **2.7.1 ESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN**

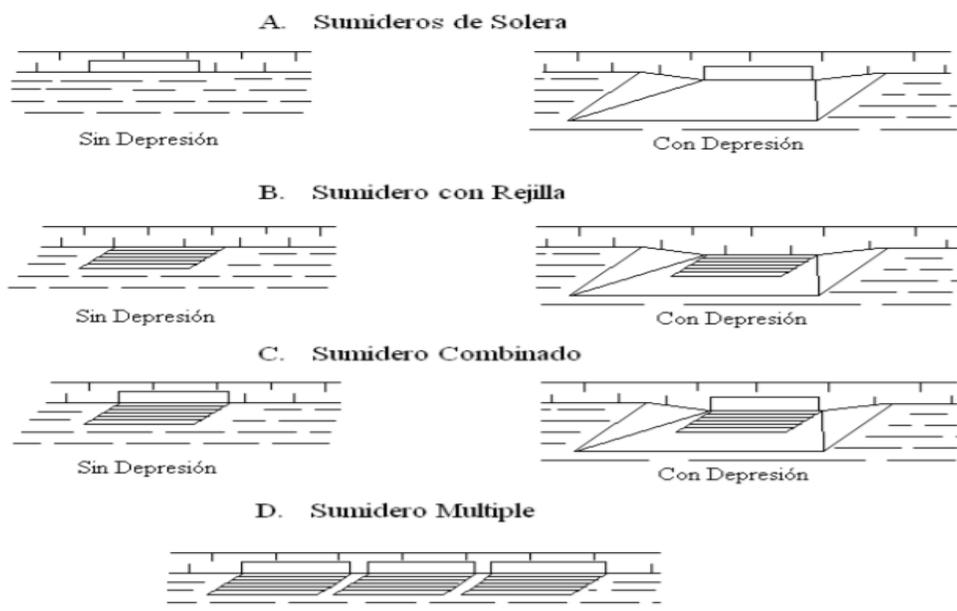
Recolectan las aguas de lluvia a transportar; en los sistemas de alcantarillado pluvial se utilizan sumideros o coladeras pluviales (también llamados comúnmente bocas de tormenta) como estructuras de captación, aunque también pueden existir conexiones domiciliarias donde se vierta el agua de lluvia que cae en techos y patios. En general se considera que los escurrimientos pluviales también son captados por las vialidades, vados, cunetas, contra cunetas además de las coladeras pluviales o bocas de tormenta, para ser encauzados hacia las instalaciones de drenaje pluvial. (SIAPA, 2014)

##### ✓ **2.7.1.1 BOCAS DE TORMENTA**

Las bocas de tormenta son estructuras que recolectan el agua que escurre sobre la superficie del terreno y la introducen por las rejillas al sistema de conducción. Se ubican comúnmente aguas arriba del cruce de calles y en avenidas de

importancia, además de colocarse en puntos bajos del terreno evitando la acumulación de agua. Normalmente están integradas con una rejilla que permite el acceso del agua y bloquea el paso de residuos de tamaños mayores que pueden obstruir las obras de conducción. Generalmente están constituidas por una caja que funciona como desarenador donde se depositan las materias que son arrastradas por el escurrimiento producto de la lluvia. Existen varios tipos de bocas de tormenta a los cuales se acostumbra llamarles coladeras pluviales, de piso, banqueteta, combinadas, longitudinales y transversales.

Las coladeras de piso se instalan formando parte del pavimento al mismo nivel de la superficie y las de banqueteta se construyen formando parte de la guarnición, en caso de tenerse un mayor gasto de diseño puede utilizarse una combinación de ambas. Las coladeras longitudinales son un tipo especial de las de banquetetas.



**Ilustración 2.2.** Tipos más comunes de coladeras pluviales o bocas tormenta, diseños conceptuales, fuente Hydraulic Engineering Circular No. 22, (2013) retomado y adaptado en NIÑO CAMPOS & LOPEZ ALVARADO (2016).

### ✓ 2.7.1.2 LAVADEROS

Son canales que conducen y descargan el agua recolectada por las aceras, cunetas y bordillos a lugares donde no causen daños a la estructura del pavimento. Los lavaderos pueden ser de mampostería, concreto hidráulico o metálicos.

Los que se construyen con mampostería o concreto hidráulico, generalmente tienen sección triangular, ya que con esto se logra una concavidad en su intersección con el acotamiento, con lo cual se facilita la entrada del agua al lavadero. El diseño de estas obras de captación estará en función de las características específicas de sitio.



**Ilustración 2.3.** Lavadero que descarga el agua lluvia hacia canal natural al costado de la carretera, fuente base Google imágenes, [www.google.com](http://www.google.com), 2021.

### ❖ **2.7.2 ESTRUCTURAS DE CONDUCCIÓN**

Transportan las aguas recolectadas por las estructuras de captación hacia sitios de tratamiento o vertido. Representan la parte medular de un sistema de alcantarillado y se forman con conductos cerrados y abiertos conocidos como tuberías y canales, respectivamente. (SIAPA, 2014)

#### ✓ **2.7.2.1 ESTRUCTURAS DE CONDUCCIÓN SUPERFICIAL**

Las calles, veredas y otros elementos destinados al tránsito de personas o vehículos reciben parte importante de las lluvias y en muchos casos se consideran como los elementos iniciales del sistema de drenaje. Como su principal tarea no es conducir aguas lluvias, se debe tener especial precaución para evitar disfuncionalidades que impidan el tránsito, considerando de manera especial las capacidades de conducción de agua y la forma de evacuarla hacia los sistemas de drenaje (SIAPA, 2014).

#### ✓ **2.7.2.2 CUNETAS Y SOLERAS.**

En las vías urbanas la solera permite delinear y limitar la calzada evitando que los vehículos salgan de ella. Al mismo tiempo se utilizan para formar una cuneta y facilitar la recolección y conducción de las aguas lluvias. En la cuneta se ubican los sumideros para extraer el agua desde la calzada y dirigirla hacia el sistema de drenaje. La operación de los sumideros se facilita si el flujo en la cuneta tiene mayor profundidad.



**Ilustración 2.4** Ejemplos de conducciones superficiales a los costados de las calles, elaboración propia sobre imágenes de base Google imágenes, [www.google.com](http://www.google.com), 2021.

#### ✓ **2.7.2.3 ESTRUCTURAS DE CONDUCCIÓN SUBTERRÁNEAS.**

En este caso el sistema de conducción de la red secundaria de un sistema de aguas lluvias está formada por tuberías y cámaras (Pozos), que reciben el agua desde los sumideros y la conducen hacia un punto de entrega.

Los tubos de los colectores son generalmente circulares prefabricados de materiales como mortero de cemento comprimido, fibrocemento, PVC y otros materiales autorizados. Pueden considerarse otros tipos de sección y construidos en terreno de acuerdo a las condiciones de proyecto y los costos involucrados.

(MINVU [CHILE], 2005)



**Ilustración 2.5** Ejemplos de diversos diámetros de tuberías de drenaje subterráneo, elaboración propia sobre imágenes de base Google imágenes, [www.google.com](http://www.google.com), 2021.

**Drenaje intradomiciliario o atarjeas<sup>4</sup>.** Son los conductos de menor diámetro en la red, a los cuales descargan la mayor parte de las estructuras de captación.

**Subcolectores.** Son conductos de mayor diámetro que las atarjeas, que reciben directamente las aportaciones de dos o más drenajes intradomiciliario y las conducen hacia los colectores.

**Colectores.** Son los conductos de mayor área transversal en la red y representan la parte medular del sistema de drenaje, también pueden ser interceptores, dependiendo de su acomodo en la red. Su función es reunir el agua recolectada

---

<sup>4</sup> Atarjeas: se define como conducto o encañado por donde las aguas de la casa van al sumidero. Fuente página en línea oficial de la REA

por los subcolectores y llevarla hasta el punto de salida de la red e inicio del emisor

**Emisores.** Conducen el flujo hasta el punto de vertido o tratamiento. Una red puede tener más de un emisor dependiendo del tamaño de la localidad. Se le distingue de los colectores porque no recibe conexiones adicionales en su recorrido.

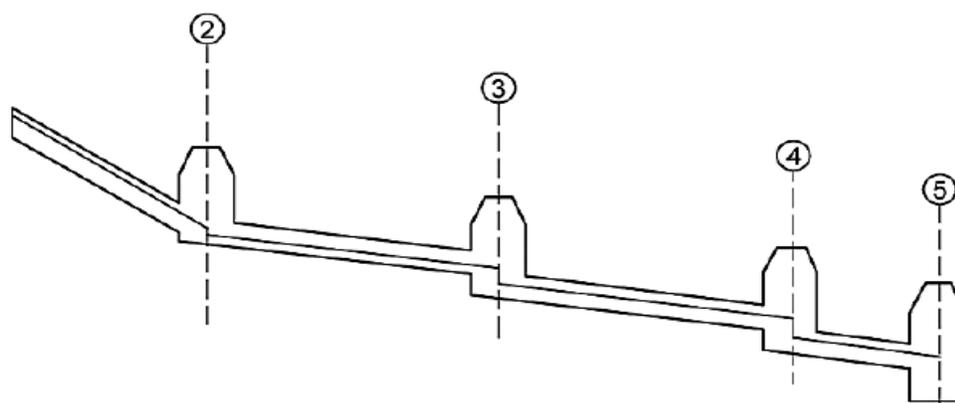


**Ilustración 2.6.** Trazo conceptual de los componentes de una red de drenaje pluvial, fuente imagen retomada y modificada de (CONAGUA, 2019).

### ❖ 2.7.3 ESTRUCTURAS DE CONEXIÓN Y MANTENIMIENTO

Facilitan la conexión y mantenimiento de los conductos que forman la red de alcantarillado, pues además de permitir la conexión de varias tuberías, incluso de diferente diámetro o material, también disponen del espacio suficiente para que

un hombre baje hasta el nivel de las tuberías y maniobre para llevar a cabo la limpieza e inspección de los conductos; tales estructuras son conocidas como pozos de visita. (SIAPA, 2014).



**Ilustración 2.7.** Perfil de la unión de las estructuras de conducción utilizando pozos de inspección, fuente (Carmona, 2013).

Pozo de inspección en términos generales es una estructura de ladrillo, concreto o PVC de forma cilíndrica que remata generalmente en su parte superior en forma de tronco de cono, con tapa removible para permitir la ventilación, el acceso a los colectores, y el mantenimiento de estos. La localización y construcción de un pozo de inspección obedecerá a los siguientes criterios: Se construirá un pozo de inspección, cuando sea necesario proyectar un cambio de dirección de un colector, cuando a un solo punto confluyan varios colectores, cuando se requiera por condiciones de diseño, incrementar el diámetro del colector, cuando se requiera hacer un cambio de pendiente por condiciones específicas del diseño, cuando se requiera por causas del mantenimiento ya que no proyectarán

colectores a una longitud superior a los 100 metros, en cambio de materiales de los colectores.



**Ilustración 2.8.** Detalle conceptual de los pozos de visita, fuente base de datos Google imágenes [www.google.com](http://www.google.com),2021.

### ❖ 2.8 ESTRUCTURAS DE VERTIDO

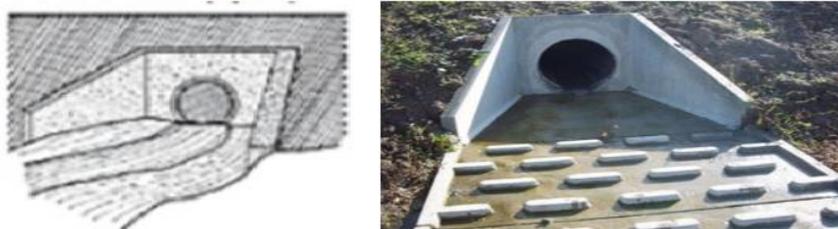
Son estructuras terminales que protegen y mantienen libre de obstáculos la descarga final del sistema de alcantarillado, pues evitan posibles daños al último tramo de tubería que pueden ser causados por la corriente a donde descarga el sistema o por el propio flujo de salida de la tubería.

Se le llama disposición final al destino que se le dará al agua captada por un sistema de drenaje. En la mayoría de los casos, las aguas se vierten a una corriente natural que pueda conducir el volumen desalojado por el colector pluvial.

Las estructuras de descarga se pueden clasificar en dos tipos:

- a. Estructura de descarga con conducto cerrado. Esta se da cuando el emisor de la red es entubado, generalmente se requiere verter el agua a una corriente receptora que posee cierta velocidad y dirección

#### Muro de cabeza con muros de aletones



#### Saliente oblícua



#### Sobresaliente del terraplén



**Ilustración 2.9.** Ejemplos conceptuales y ejecución real de descarga con conductos cerrados, fuente base de datos Google imágenes [www.google.com](http://www.google.com), 2017.

- b. Estructura de descarga con canal abierto. Consiste en un canal, construido generalmente de zampeado de mampostería y el ancho se incrementa gradualmente hasta la corriente receptora, con esto se evita la socavación del terreno natural



**Ilustración 2.10.** Canal de descarga abierto ubicado en Torreón, México. Fuente, [www.google.com](http://www.google.com), 2021

El funcionamiento hidráulico del cuerpo receptor no deberá comprometer la seguridad aguas abajo o arriba de la zona de estudio, debiéndose verificar que no se presentarán remanso o alguna alteración del agua que se conduce al cuerpo receptor.

Por otra parte, la tendencia actual está encaminada al uso del agua pluvial, ya que puede ser utilizada en el riego de áreas verdes en zonas urbanas, tales como jardines, parques y camellones; o en zonas rurales en el riego de cultivos.

## ❖ 2.9 OBRAS COMPLEMENTARIAS

### **Desconexión de áreas impermeables**

La desconexión de áreas impermeables es un esquema general para abordar el problema basado en evitar que las aguas lluvias escurran rápido. Por el contrario,

se trata de favorecer la retención, privilegiar los caminos lentos y largos del flujo, y dar oportunidades para la infiltración. Las obras de desconexión de áreas impermeables son obras de menor tamaño y costos reducidos, cuyo objetivo es disminuir el caudal máximo hacia aguas abajo. Su uso provoca la reducción del área impermeable que efectivamente aporta al escurrimiento. La mayoría de estas obras no significan costos adicionales para la urbanización, ya que forman de por sí parte de ella. La idea es que su diseño y ubicación favorezcan la solución de los problemas de aguas lluvias. Se trata de intercalar zonas permeables entre zonas impermeables para recoger el flujo proveniente de ellas, y drenar hacia aguas abajo un flujo amortiguado. El diseño y construcción de estas obras se basa en aprovechar los espacios disponibles y controlar la dirección del escurrimiento desde aguas arriba. En general reciben el caudal de zonas aportantes pequeñas, como casas, pasajes, condominios, edificios, centros comerciales, calles y estacionamientos. (MINVU [CHILE], 2005)

Entre las obras de desconexión principales se encuentran las Zanjas, las Franjas de Pasto y los Pavimentos Permeables.

### **Zanja de Pasto**

Vía de drenaje cubierta de pasto, de sección trapezoidal y taludes tendidos. Se diseñan para que el flujo escurra con poca velocidad favoreciendo la retención y la infiltración del agua.



**Ilustración 2.11.** Ejemplo de zanja de pasto para bajas velocidades de flujo, civilgeeks.com (2016)

### **Franja de Pasto**

Superficie uniformemente cubierta con pasto y vegetación densa y resistente. El flujo es transversal a ella, provocando infiltración y retención temporal. Adecuada para franjas entre la vereda y la calle, o entre la línea de edificación y la acera.

### **Pavimentos Permeables**

Pavimentos de alta porosidad o bloques prefabricados con espacio en la superficie que permite la infiltración.



**Ilustración 2.12.** Ejemplo del funcionamiento de un pavimento permeable, fuente base de datos Google imágenes, civilgeeks.com (2016).

### **Obras de infiltración**

Las obras de infiltración captan el flujo superficial y facilitan su infiltración en el suelo. Pueden tener una capacidad de almacenamiento no despreciable, con lo que además de reducir el escurrimiento total, también contribuyen a la disminución del caudal máximo.

Entre las obras de infiltración se encuentran los Estanques de Infiltración, Zanjas de Infiltración y Pozos de Infiltración. (MINVU [CHILE], 2005)

### **Estanques de Infiltración**

Estanque de poca profundidad, ubicado en suelos permeables, que aprovechan la existencia de depresiones naturales en áreas abiertas. Almacenan temporalmente el agua y la infiltran en un tiempo relativamente corto, ya que operan con alturas de agua pequeñas, del orden de pocos centímetros. Entre lluvias, estos son áreas verdes que permiten otros usos públicos.

### Zanjas de Infiltración

Obras de infiltración longitudinales con profundidades recomendables entre 1 y 3 metros. Reciben el escurrimiento ya sea desde la superficie o mediante tuberías perforadas que pueden entrar desde sus extremos. De esta última forma pueden ser tapadas, permitiendo otro uso de la superficie como veredas o calles.



**Ilustración 2.13.** Ejemplo del Zanja de infiltración, fuente base de datos Google imágenes [www.google.com](http://www.google.com),2021

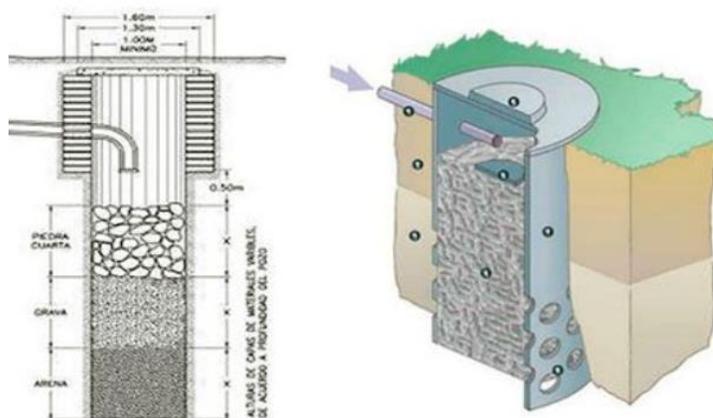
### Pozos de Infiltración

Excavación puntual de profundidad variable donde se infiltra el agua proveniente de la superficie. Pueden usarse en serie con obras de almacenamiento aguas arriba, como estanques.

Además, se pueden utilizar en suelos en que los estratos superficiales no son permeables pero el estrato infiltrante es de textura gruesa. También pueden proyectarse pozos de infiltración semi-profundos, hasta 20 [m], o pozos

profundos hasta 40 o 60m. En todo caso debe cuidarse que este tipo de pozos no descarguen directamente a la napa, para lo cual debe existir entre el fondo del pozo y el nivel máximo del agua subterránea una diferencia libre significativa.

## POZO DE ABSORCION



**Ilustración 2.14.** Ejemplo conceptual de pozos de infiltración de aguas lluvias fuente base de datos Google imágenes [www.google.com](http://www.google.com),2016

### Obras de almacenamiento

Las obras de almacenamiento se usan para disminuir el caudal máximo hacia aguas abajo por medio de la retención temporal y el almacenamiento controlado en zonas especialmente dispuestas y diseñadas para esto. Estas drenan hacia el sistema de drenaje de aguas abajo o hacia algún elemento de infiltración, como pozos o zanjas. Algunas obras de almacenamiento son Estanques y Lagunas.

### Lagunas

Se usan en lugares en que la napa de agua subterránea está alta, o en zonas donde es posible contar con agua para satisfacer un volumen mínimo permanente que posee la laguna durante todo el año.



**Ilustración 2.15.** Ejemplo del Laguna de retención de aguas lluvias, fuente base de datos Google imágenes, [www.google.com](http://www.google.com),2017

## **Estanques**

Volumen de almacenamiento disponible que normalmente se encuentra vacío permitiendo su uso para otras actividades, y que durante las tormentas se llena y vacía en pocas horas.

También pueden utilizarse pavimentos permeables con detención subterránea, es decir con capacidad de almacenar agua en la subbase bajo el pavimento.

**CAPÍTULO 3:**

**DEMOSTRACIÓN Y**

**PROCESAMIENTO DE LOS**

**DATOS USANDO SOFTWARE**

**PIPELOGIX.**

### 3.1 ¿QUÉ EVALÚAN LOS ESTÁNDARES DE CALIFICACIÓN EN UNA TUBERÍA?

En términos generales, los estándares de calificación de la condición de redes de alcantarillado, se centran en tres tipos de defectos: estructurales, de operación y mantenimiento, de construcción o inventario, y además cuentan con una categoría denominada como otros o defectos varios. Los nombres y formas de identificarlos, varían según la norma, pero en esencia representan lo mismo.

#### DEFECTOS ESTRUCTURALES.

Comprende varios tipos de condiciones en las cuales la tubería se encuentra dañada o defectuosa. A continuación, se presentan los defectos que son considerados estructurales (NASSCO, 2012).

**Grieta (C):** el código grieta es utilizado en donde se observan líneas de fisura en la superficie, pero éstas no están visiblemente abiertas. No existe espacio entre los bordes de una grieta. En alcantarillados de mampostería de ladrillo, las líneas de fisura son visibles en las hiladas y/o en el mortero, pero la mampostería sigue en pie.

**Fractura (F):** una fractura es una grieta (fisura) que se ha abierto dejando una abertura visible aun cuando las secciones de la pared de la tubería/alcantarillado están todavía en su lugar y sin posibilidad de desplazarse.

**Rotura (B):** se refiere a un defecto en la tubería donde los fragmentos están visiblemente desplazados y se han movido de su posición original al menos la mitad de su grosor.

**Agujero (H):** un agujero se presenta cuando fragmentos de la pared de la tubería están ausentes y el relleno que rodea la tubería queda expuesto. Esto ocurre en aquellas partes donde los fragmentos se han soltado completamente de la pared de la tubería. En otros sistemas de codificación esto también se conoce como tubería ausente.

**Deformación (D):** las tuberías rígidas se deterioran hasta el punto que su sección transversal original se altera notablemente. En materiales rígidos como el gres o el concreto, la deformación es el último estado de severidad antes del colapso. Es posible que deformaciones pequeñas no afecten substancialmente la integridad estructural de tuberías flexibles, tales como las tuberías plásticas, los tubos de fibra, etc.

**Colapso (X):** un colapso sucede cuando la deformación es tan grande que se ha perdido por completo la integridad estructural del alcantarillado, teniendo como consecuencia una pérdida del área transversal de más de 40%. En estas situaciones, únicamente debe ser codificado el colapso. No es necesario codificar otros defectos dentro del área colapsada.

**Junta (J):** este grupo es utilizado para describir desplazamientos defectuosos en las juntas de las tuberías. Los códigos pueden ser utilizados junto con los códigos de Operación y Mantenimiento, tales como la infiltración y la raíces.

**Daño superficial (S):** este es un grupo de códigos utilizado para describir una gran variedad de daños superficiales en el material interno de la tubería. Los códigos pueden ser utilizados en alcantarillados de tubería o mampostería, al menos que se especifique lo contrario.

**Pandeo (K):** es posible encontrar deformaciones y otros defectos sin una pérdida visible de integridad estructural en conductos tales como tuberías plásticas, de fibra, metálicas, etc. Se anticipa que las tuberías flexibles se flexionen para permitir la interacción con el suelo. Sin embargo, una flexión excesiva y otros daños superficiales en estas tuberías son señales de agotamiento estructural.

**Características del revestimiento (LF):** este grupo describe las características encontradas en alcantarillados rehabilitados.

**Falla en la soldadura (WF):** se refiere a fallas en la soldadura utilizada para soldar secciones de tubería. Las fallas en la soldadura son normalmente utilizadas para describir las soldaduras que no tienen patrones uniformes. Las fallas en la soldadura pueden ocurrir en:

Tuberías de mayor diámetro con revestimiento en espiral soldado, o en tuberías soldadas a tope por fusión.

Tubería metálica, como por ejemplo en colectores de alcantarillado a presión.

***Reparación puntual (RP):*** este grupo de códigos es utilizado para registrar los puntos de la tubería o alcantarillado que han sido reparados o reemplazados.

***Mampostería:*** este grupo de códigos es utilizado solamente en alcantarillados de ladrillo abovedado.

#### **DEFECTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

Describen la existencia de objetos ajenos al sistema de alcantarillado que pueden interferir en la operación del sistema. Estos se clasifican en los siguientes grupos (NASSCO, 2012).

***Depósitos adheridos, precipitados o incorporados (DA/DN/DS):*** este grupo se utiliza para codificar una amplia gama de depósitos que se pueden encontrar en los alcantarillados. Los depósitos pueden causar turbulencia, bloqueos parciales y con ellos dar lugar a una reducción de la capacidad hidráulica.

***Raíces (R):*** este grupo de códigos se utiliza para describir la penetración de raíces a través de los defectos en los alcantarillados, las juntas o las cámaras de acceso. Cuando se observa también el defecto estructural que permite la entrada de la raíz, como por ejemplo una fractura o una acometida por rotura defectuosa, se debe registrar por separado en el formulario de inscripción por CCTV el efecto estructural y las raíces.

***Infiltración (I)***: la infiltración es el ingreso de agua subterránea a las alcantarillas a través de un defecto o un área porosa de la pared de la tubería. Los códigos para la infiltración a menudo se utilizan con otros códigos. Cuando se puede observar el defecto que permite que se produzca la infiltración, como una fractura en la tubería, deben registrarse separadamente la infiltración y a fractura en el formulario de inspección. Sin embargo, si el defecto no es visible o su codificación es intrascendental, use solo el código para la infiltración.

***Obstáculos u obstrucciones (OB)***: este grupo de códigos se utiliza para registrar la presencia de obstáculos grandes y medianos que puedan ser de gran estorbo para el flujo y que causen la reducción de la capacidad hidráulica. Las acumulaciones pequeñas, como por ejemplo la grava, deben ser registradas según el grupo de códigos para los depósitos.

***Alimañas (V)***: este grupo es utilizado para registrar la existencia de cualquier insecto o animal dañino. Si solo se observan indicios de la existencia de alimañas, debe usarse el código MGO (observación general).

***Pruebas de sellado con lechadas químicas (G)***: el grupo es utilizado para registrar los resultados de las pruebas y el sellado de juntas con lechadas o compuestos químicos en las acometidas domiciliarias u otros lugares de la tubería.

### ***CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUCCIÓN.***

Básicamente, describe condiciones relacionadas con los procesos constructivos. Este grupo se clasifica de la siguiente manera (NASSCO, 2012).

***Acometida (T):*** este grupo se utiliza para describir los diferentes tipos de acometidas que conectan la tubería de servicio desde las viviendas u otros inmuebles al alcantarillado principal. Esto también es conocido en otros escenarios como conexiones, conexiones laterales, conexiones domiciliarias o yees.

***Sello Penetrante (IS):*** este grupo se utiliza para describir situaciones en las que el material de sello entre las juntas de dos secciones de tubería se introduce en el alcantarillado. Estos códigos están relacionados con los alcantarillados de tuberías, no con los alcantarillados de ladrillo.

***Alineamiento y/o dirección de la red de alcantarillado (L):*** este grupo de códigos se utiliza para describir un cambio visible en la alineación del alcantarillado. Estos códigos son normalmente relacionados con los alcantarillados de ladrillo y con codos en las alcantarillas de tubos. Estos códigos NO deben ser utilizados para codificar la desviación angular en las juntas, donde la dirección de la tubería no cambia.

***Punto de acceso (A):*** los puntos de acceso, por lo general pozos de acceso, son el punto de iniciación y finalización de una inspección.

### OTROS o Varios.

En este grupo, se describen las condiciones de la tubería o situaciones que se presentan durante la inspección, que no se pueden clasificar en los grupos anteriores. Algunos ejemplos son los siguientes (NASSCO, 2012).

**Video cámara sumergida (MCU):** este código está relacionado con aquellos momentos en los cuales la videocámara pasa por debajo del nivel del agua y la visibilidad se pierde. Se debe registrar la distancia en la cual la videocámara entra al agua y sale de ella.

**Cambio longitud entre juntas (MJL):** se utiliza cuando hay un cambio la distancia entre las juntas.

**Cambio de Revestimiento (MLC):** se utiliza cuando hay un cambio en el revestimiento del alcantarillado.

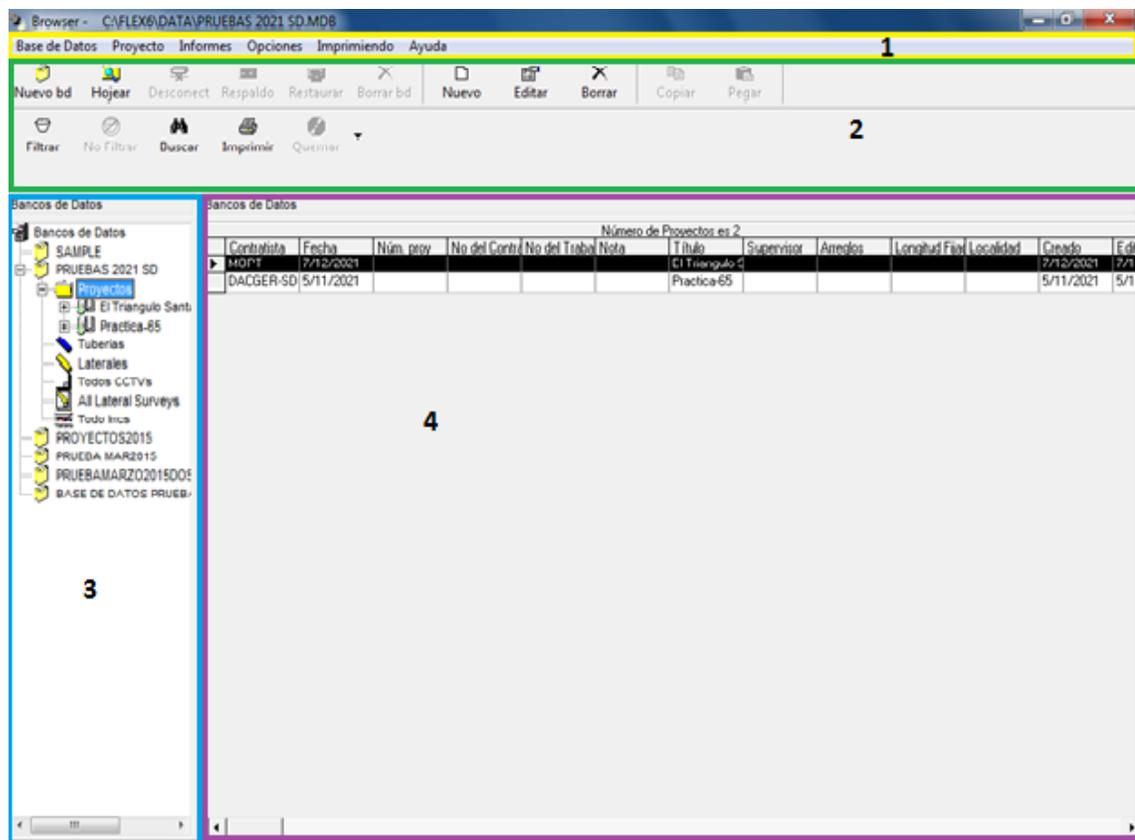
**Cambio de material (MMC):** se utiliza cuando cambia el material del alcantarillado.

**Inspección abandonada (MSA):** se utiliza para codificar que la inspección no se pudo completar. Las inspecciones pueden ser abandonadas debido a un bloqueo causado por una conexión penetrante, una obstrucción y/o desechos, o porque el alcantarillado ha colapsado.

## 3.2 CONFIGURACIÓN Y USO DE SOFTWARE PIPELOGIX PARA REALIZAR UNA INSPECCIÓN POR CCTV

El Software PIPELOGIX es parte del equipo que se necesita para realizar inspecciones por CCTV, ya que este software se va registrando las fallas o detalles que se observan en la tubería o alcantarilla de drenaje para luego procesar esos mismos datos para el diagnóstico de la red.

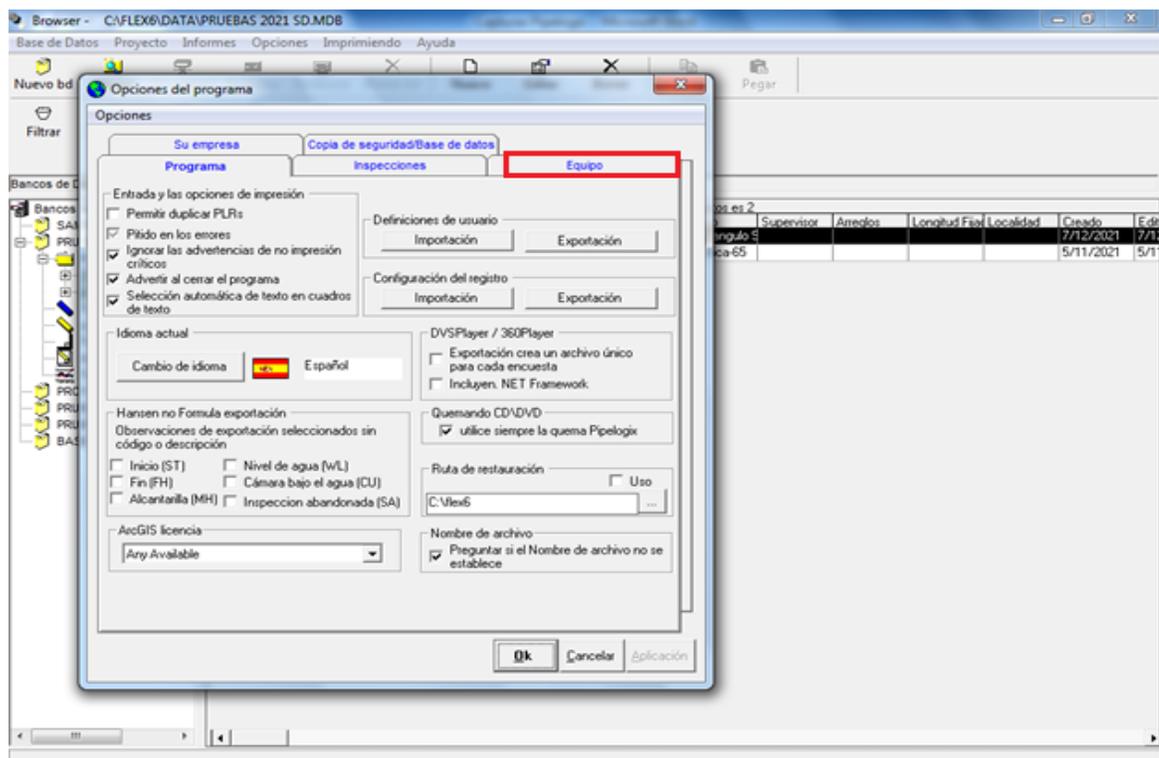
Al comenzar a utilizar el software, es necesario conocer un poco sobre la interfaz de la página principal, para esto mencionaremos las partes que lo componen, como se observa a continuación:



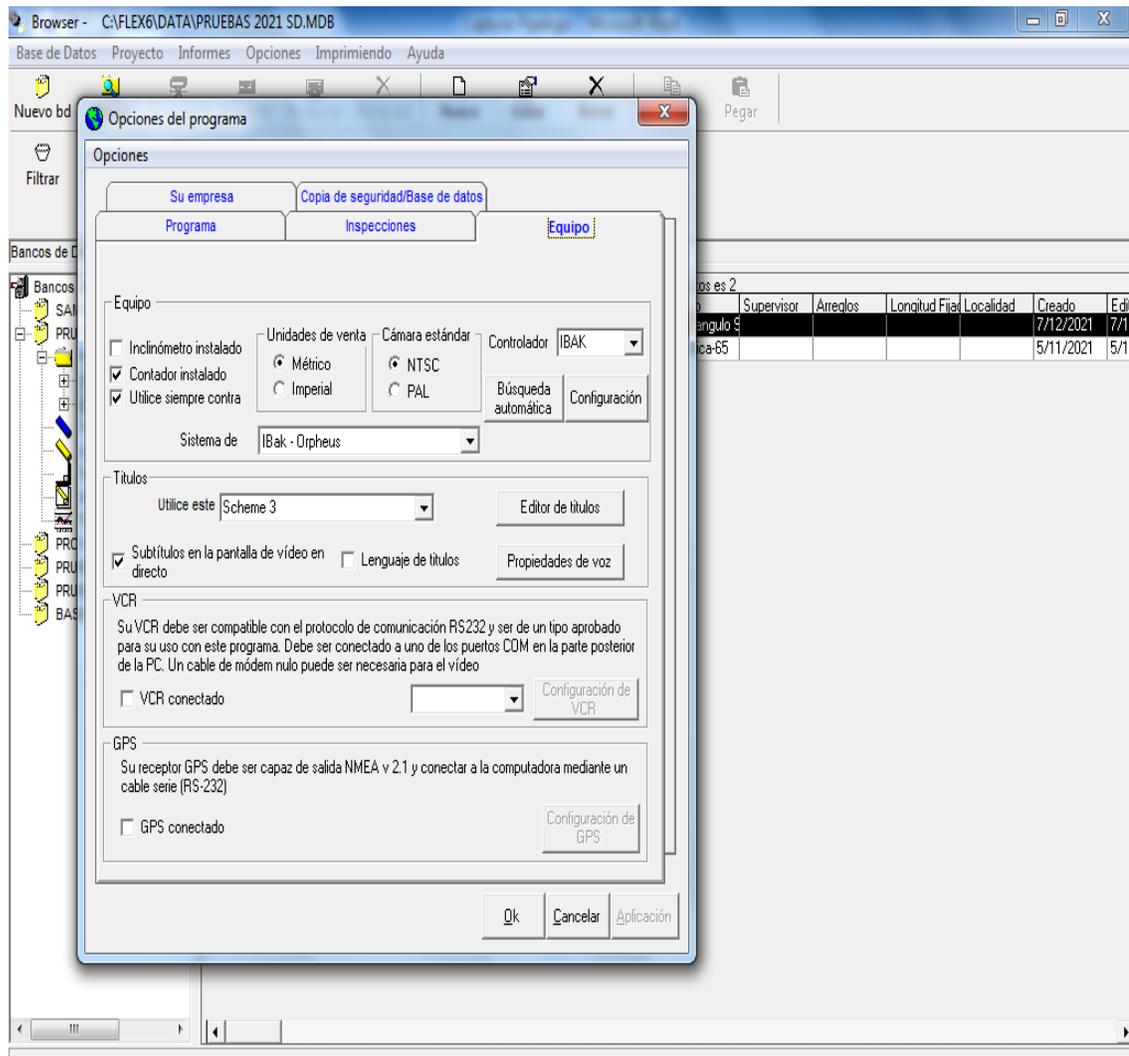
1	Es conocida como <b>“Barra de opciones”, “Menú de opciones” o “Cinta de opciones”</b> .
2	Esta sección se conoce como <b>“Barra de herramientas”</b> .
3	Esta sección es conocida como <b>“Catálogo de contenido”</b> .
4	Esta sección se conoce como <b>“Ventana de contenido”</b> .

Al momento de realizar una inspección in situ, y después de verificar que está conectado de forma adecuada el equipo, se debe configurar el software para establecer la conexión con el panel de control del robot cámara

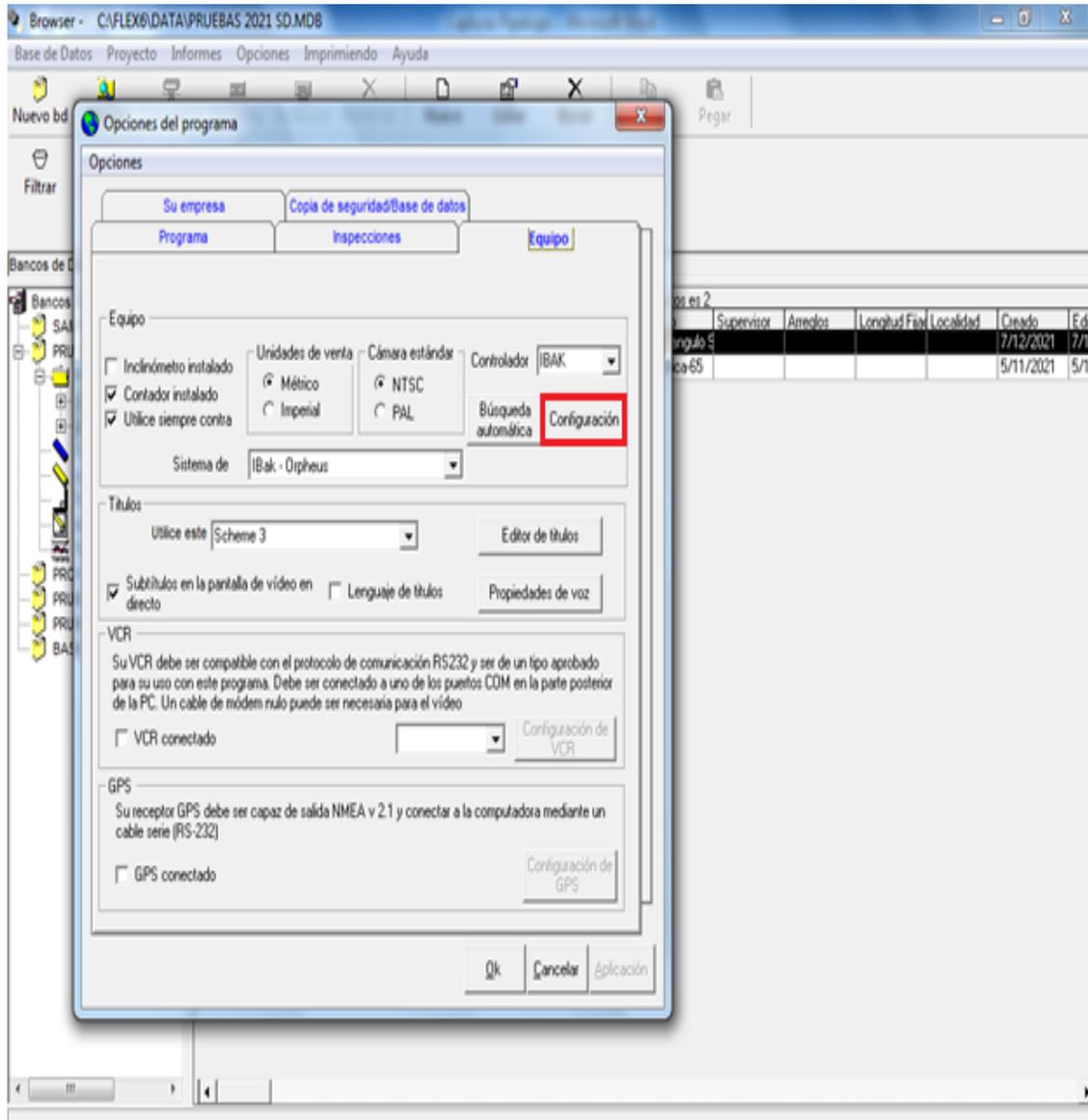
Para establecer la conexión entre el programa y el panel de control, se debe dar click en la pestaña llamada **“Equipo”**.



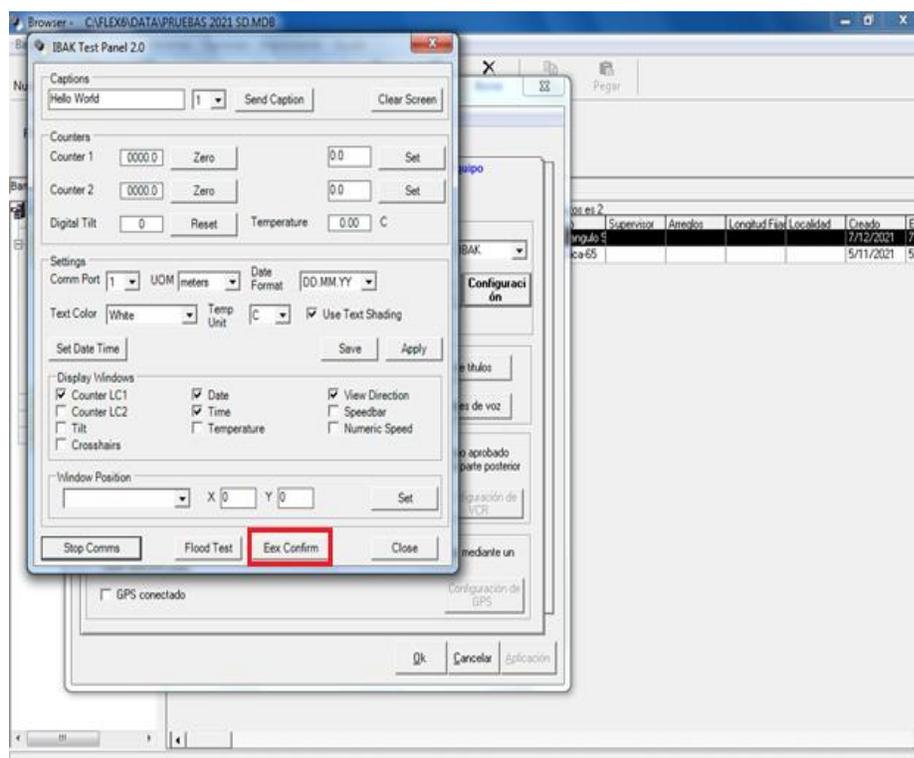
Al dar click en esta pestaña, se mostrarán las opciones de configuración relacionadas con el equipo de inspección (Tractor y Panel de control).



Para continuar con la conexión entre el controlador y el software, en esta ventana de se dará click en el botón que tiene el nombre de “Configuración”.



Al dar click en este botón, se abrirá una nueva pequeña ventana, en esta ventana se establecen las configuraciones del equipo para terminar de establecer la conexión, tal como se muestra en la siguiente imagen:

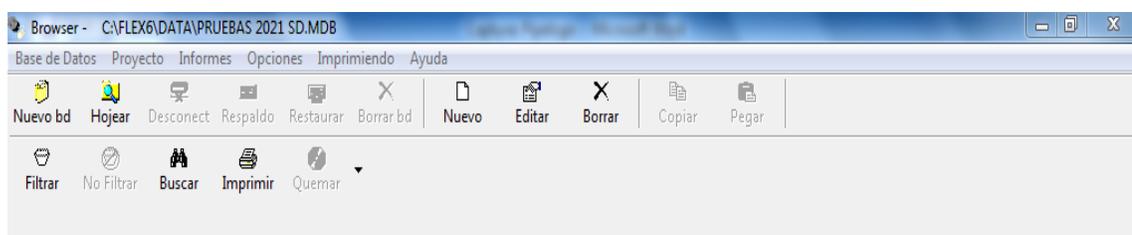


Después de esto, se debe cerrar las 2 pequeñas ventanas que se abrieron.

Ya establecida de manera correcta la conexión entre el Panel del Control del equipo de inspección y el programa Pipelogix, se puede proceder con los demás pasos previos para la inspección, ahora se trabajará en la sección llamada **“Catálogo de contenido”**.

Al ubicarnos en el **“Catálogo de contenido”** en la sección de las bases de datos podemos observar las bases de datos disponibles, al momento de comenzar un proyecto se puede utilizar una base de datos ya existente o se puede crear una base de datos nueva, el registro de las bases de datos se puede llevar como se crea conveniente, ya sea por año, por mes, por zonas de trabajo, por tipos de

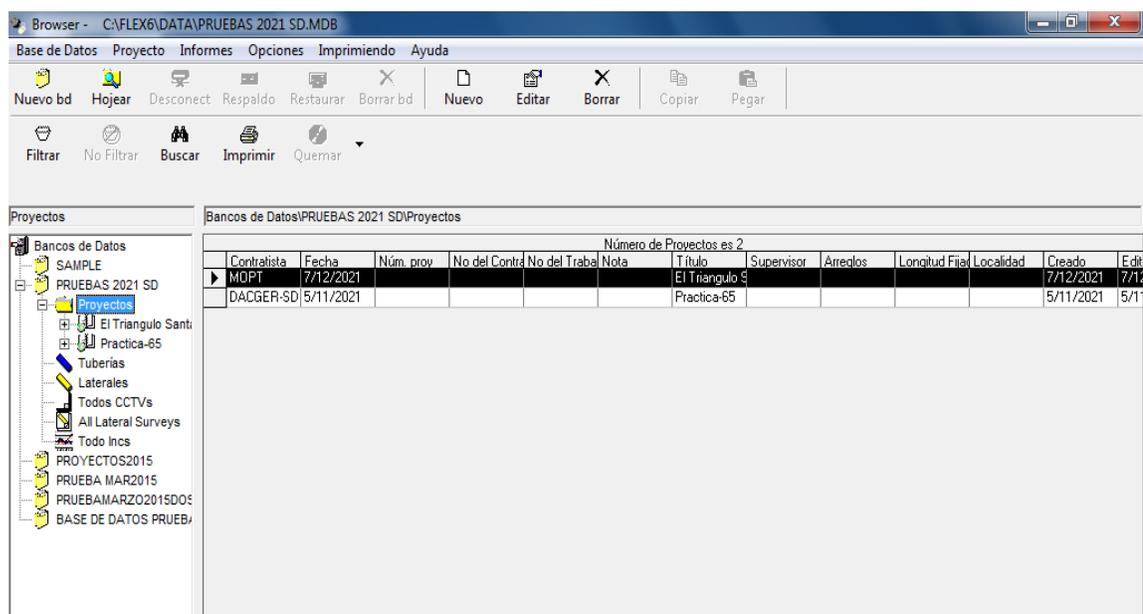
sistema de drenaje, etc. Para crear una nueva base de datos se debe ubicar en el **“Catálogo de contenido”** en la sección llamada **“Bancos de Datos”**, al ubicarnos en esta sección, en la **“Barra de herramientas”** de la página principal del programa nos aparecerán desbloqueadas las opciones **“Nuevo”**, **“Editar”** y **“Borrar”**.



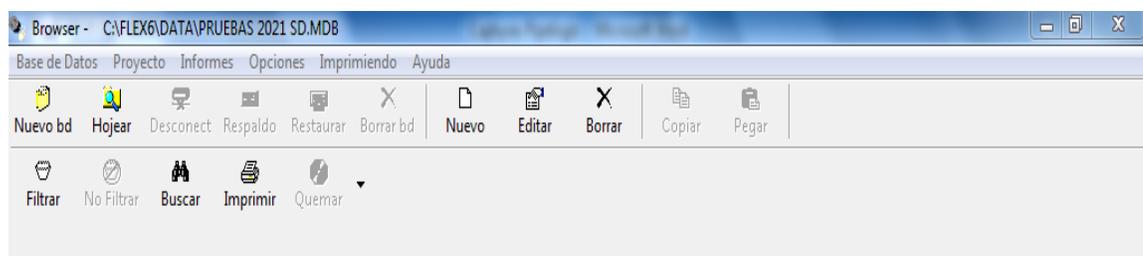
Para crear una nueva base de datos seleccionamos la opción **“Nuevo”** y nos aparecerá una pequeña ventana tal como se muestra a continuación:

En esta nueva ventana lo único que se debe hacer para completar la creación de la base de datos es asignarle un nombre según como se vea conveniente y guardarla.

Habiendo creado una nueva base de datos o consultando una base de datos ya existente, se procede a crear el proyecto, para esto se selecciona la base de datos donde queremos crear el proyecto (**nueva base de datos creada o existente**) y al dar click en la base de datos se desplegará la opción de proyectos en la sección de **“Catálogo de contenido”**.



Por conveniencia y orden se debe crear un nuevo proyecto para cada una de las redes de drenaje que se inspeccionará, para crear un nuevo proyecto, en la sección **“Catálogo de contenido”**, seleccionamos la opción de proyectos dentro de la base de datos seleccionada y en la **“Barra de herramientas”** de la página principal del programa nos aparecerán desbloqueadas las opciones **“Nuevo”**, **“Editar”** y **“Borrar”**.



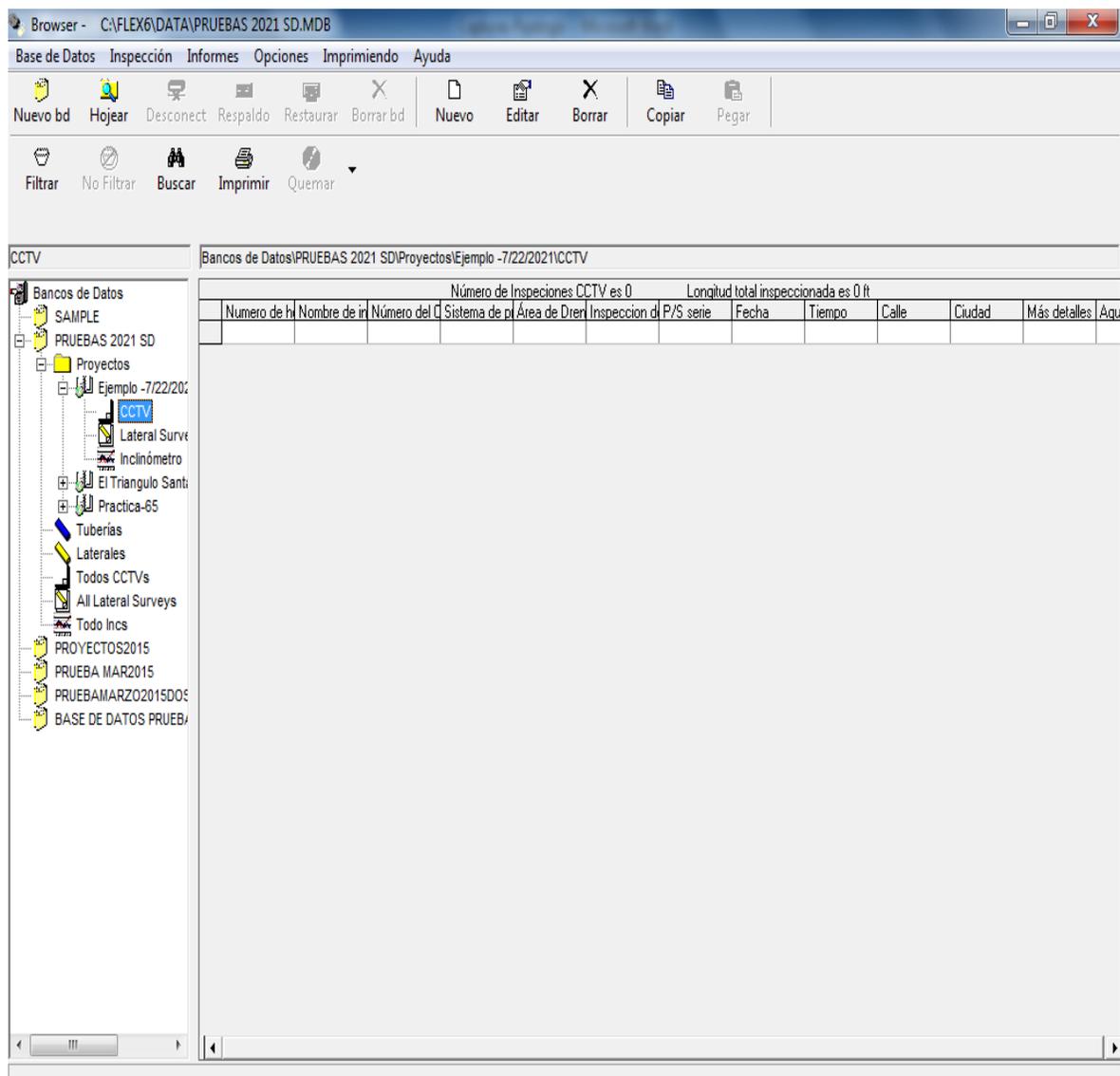
Para crear un nuevo proyecto seleccionamos la opción **“Nuevo”** y nos aparecerá una pequeña ventana tal como se muestra a continuación:

Procedemos a llenar los datos de acuerdo a la información del proyecto que se realizará y después de esto se dará click en “**Guardar**”. Los campos que aparecen con letras de color rojo son de carácter obligatorio. Para proceder con el ejemplo se creará un Proyecto con datos denominados con la palabra “**Ejemplo**”.

The screenshot shows a software window titled "Proyectos" with a menu bar containing "Proyectos", "Informes", and "Ayuda". Below the menu is a toolbar with icons for navigation (First, Previous, Next, Last), "Nuevo", "Guardar", "Eliminar", and a notification icon "Not 3 de 3". The main area contains a form with the following fields and values:

- Modo**: PACP (dropdown)
- Guardar proyecto**: Button
- Cliente**: Ejemplo (dropdown)
- Contratista**: Ministerio de Obras Públicas y Longitud 25 (dropdown)
- Título del**: Ejemplo -7/22/2021 (text)
- Número del**: (empty text)
- Número de orden de**: (empty text)
- Número del**: (empty text)
- Fecha del**: 7/22/2021 (calendar icon)
- Número de**: (empty text)
- Supervisor**: (empty text)
- Ubicación**: (empty text)
- Nombre de archivo**: (empty dropdown)
- Tipo de**: MPG (dropdown)
- Tipo de**: (empty dropdown)
- Longitud prevista**: (empty text) M

Habiendo creado el proyecto, en la sección “**Catálogo de contenido**”, seleccionamos la opción de “**CCTV**” dentro del proyecto que hemos creado. En esta opción de CCTV es donde se guardan los diferentes tramos de la red de drenaje que componen el proyecto.



Tal como se observa en la imagen anterior en la parte del **“Catálogo de contenido”** al seleccionar CCTV podemos observar en la sección **“Ventana de contenido”** que se tiene el registro de número de inspecciones CCTV y de la longitud total inspeccionada en el proyecto, ya que se trata de un proyecto nuevo, el número de inspecciones es 0, cuando en el proyecto ya se han registrado algunos tramos inspeccionados, se muestra como en la siguiente imagen.

The screenshot shows a software window titled "Browser - C:\FLEX6\DATA\PRUEBAS 2021 SD.MDB". The interface includes a menu bar with options like "Base de Datos", "Inspección", "Informes", "Opciones", "Imprimiendo", and "Ayuda". Below the menu is a toolbar with icons for "Nuevo bd", "Hojea", "Desconect", "Respaldo", "Restaurar", "Borrar bd", "Nuevo", "Editar", "Borrar", "Copiar", and "Pegar". A secondary toolbar contains "Filtrar", "No Filtrar", "Buscar", "Imprimir", and "Quemar".

The main area displays a table of CCTV inspection data. The table title is "Bancos de Datos\PRUEBAS 2021 SD\Proyectos\EI Triangulo Santa Lucia -7/12/2021\CCTV". The table has 12 columns: "Numero de h", "Nombre de in", "Número del C", "Sistema de pl", "Área de Dren", "Inspeccion d", "P/S serie", "Fecha", "Tiempo", "Calle", "Ciudad", "Más detalles", and "Acu". The data rows show 12 inspections, all with "LES" as the name and "0000" as the number. The locations are "Col. Santa Lu" for inspections 1-6 and "Calle No 1" for inspections 7-12. The dates range from 7/12/2021 to 7/19/2021. The "Acu" column shows values like 2P0 and 2P4.

Número de Inspecciones CCTV es 12						Longitud total inspeccionada es 742.7 m						
Numero de h	Nombre de in	Número del C	Sistema de pl	Área de Dren	Inspeccion d	P/S serie	Fecha	Tiempo	Calle	Ciudad	Más detalles	Acu
1	LES	0000			Col. Santa Lu		7/12/2021	10:25	Calle Principa	Santa Lucia		2P0
2	LES	0000			Col. Santa Lu		7/12/2021	10:38	Calle Principa	Santa Lucia		2P0
3	LES	0000			Col. Santa Lu		7/12/2021	11:09	Calle Principa	Santa Lucia		2P0
4	LES	0000			Col. Santa Lu		7/12/2021	12:26	Calle Principa	Santa Lucia		2P0
5	LES	0000			Col. Santa Lu		7/12/2021	12:52	Calle Principa	Santa Lucia		2P0
6	LES	0000			Col. Santa Lu		7/14/2021	09:36	Calle No 5	Santa Lucia		2P4
7	LES	0000			Col. Santa Lu		7/14/2021	11:08	Calle No 1	Santa Lucia		2P0
8	LES	0000			Col. Santa Lu		7/19/2021	09:32	Calle No 1	Santa Lucia		2P0
9	LES	0000			Col. Santa Lu		7/19/2021	10:45	Calle No 1	Santa Lucia		2P0
10	LES	0000			Col. Santa Lu		7/19/2021	11:38	Calle No 1	Santa Lucia		2P0
11	LES	0000			Col. Santa Lu		7/19/2021	12:40	Calle No 1	Santa Lucia		2P0
12	LES	0000			Col. Santa Lu		7/19/2021	13:05	Calle No 1	Santa Lucia		2P0

Al comenzar un nuevo proyecto, para comenzar a registrar los detalles o fallas en el tramo de tubería sometido a inspección, para acceder al formulario de inspección, lo que se debe hacer es dar click en la **“Barra de herramientas”** en la opción de **“Nuevo”**, al seleccionar la opción de Nueva inspección CCTV nos aparece el Formulario de Inspección, tal como se observa a continuación.



inspección, para guardar el tramo en el proyecto y comenzar a registrar los detalles de la tubería, se debe dar click en “**Guardar**”.

The screenshot displays the DVS [MPEG] software interface. On the left, a video window shows a dark, circular pipe interior with a white circle highlighting a specific area. The video window includes a menu bar (DVS, Filters, Options, Capture, Help) and a status bar at the bottom showing 'Captured: - Dropped: - Disk Remaining: 98,723 MB'. On the right, a data entry form is visible with various fields and buttons. The form includes a 'Guardar' (Save) button, a 'Borrar' (Delete) button, and a 'DVS' dropdown menu. The form fields contain the following information:

- Dueño del sistema: Lucia
- Lugar: Santa Lucia
- Triangulo Santa Lucia -7/12/2021
- Radio de Grado: M
- Borde a la: M
- mm: mm, Forma: C, Material: RCP, timiento: timiento
- Año rehabilitada: Año, Número de cinta/media: Número de cinta/media
- mpo: mpo, Localidad: Localidad, Presión: Presión
- PSR: 2P056, B
- Precisión del: Precisión del

At the bottom of the interface, there is a table with the following columns: Título, 23 de 23, Obs, 3 of 3, Descripción, Nivel de Agua, Debe entrar, % height/diameter, Tipo de defecto, Water Level +20%. The table contains one row with the value '34.6' in the 'Nivel de Agua' column and '0' in the 'Debe entrar' column.

Al dar click en “**Guardar**”, para comenzar a registrar los defectos, el programa agrega automáticamente las 3 primeras observaciones en códigos PACP que deben registrarse en toda inspección por CCTV, el primer código que se registra automáticamente por el programa es el código **ST** referente al inicio de la

inspección, también el código **AMH** referente al pozo inicial y el código **MWL** para registrar el nivel del agua que fluye por el tramo durante la inspección, al dar click en **“Guardar”** el programa también abre automáticamente la ventana de grabación del vídeo de la inspección, ya que es necesario llevar un registro de video de cada una de las inspecciones CCTV se recomienda grabar todas las inspecciones por medio del software de inspección, para grabar la inspección en la ventana que se abrió automáticamente debe darse click en el botón rojo de grabación.

Contador	VCR	CD	Código	Detalle 1	Detalle 2	%	Unión	De	A	Im Ref	Coment...
0.0			ST								
0.0			AMH								2P059
0.0			MWL			0					
0.1			CM					11	01		
1.4			CM					12	01		
2.3			CC				J	02	03		
6.3			SRVM				J	10			
15.1			SRVM				J	09			
16.3			CL					12			
18.5			SRVM				J	10			
38.2			SRVM				J	11			
57.5			SMM				J	01			
62.8			DSF			5		06			
64.2			CM					12	01		

En el menú de “**Observaciones**”, se muestran opciones para agregar, eliminar, guardar o duplicar observaciones que se muestran durante la inspección, también para registrar defectos continuos, algunas de estas opciones también se pueden realizar por medio de las opciones que aparecen en la parte inferior de la página del formulario, los botones que sirven para estas opciones se muestran en la siguiente imagen.

Otro de los menús que se utilizan es el llamado “**Contador**”, estas opciones se utilizan más que todo al inicio de la inspección, ya que sirve para establecer una determinada longitud al contador o preferentemente fijar a cero para comenzar la inspección.

Contador	VCR	CD	Código	Detalle 1	Detalle 2	%	Unión	De	A	Im Ref	Coment...
0.0			ST								
0.0			AMH								2P059
0.0			MWL			0					
0.1			CM					11	01		
1.4			CM					12	01		
2.3			CC				J	02	03		
5.3			SRVM				J	10			
15.1			SRVM				J	09			
16.3			CL					12			
18.5			SRVM				J	10			
38.2			SRVM				J	11			
57.5			SAMM				J	01			
62.8			DSF			5		06			
64.2			CM					12	01		

El menú “**Editar tubería**”, puede ser utilizado en dado caso que se hubiere cometido algún error al registrar datos importantes en el encabezado del formulario antes de iniciar la inspección, tales como editar el pozo inicial o cambiar la dirección del flujo.

Contador	VCR	CD	Código	Detalle 1	Detalle 2	%	Unión	De	A	Im Ref	Coment...
0.0			ST								
0.0			AMH								2P059
0.0			MWL			0					
0.1			CM					11	01		
1.4			CM					12	01		
2.3			CC				J	02	03		
6.3			SRVM				J	10			
15.1			SRVM				J	09			
16.3			CL					12			
18.5			SRVM				J	10			
38.2			SRVM				J	11			
57.5			SAMM				J	01			
62.8			DSF			5		06			
64.2			CM					12	01		

Para terminar una inspección CCTV o cerrar un tramo inspeccionado de la red, se ingresa el código PACP “**FH**” y el software automáticamente va a detener la grabación del vídeo de la inspección y guardará el video, también registrará la

longitud del tramo inspeccionado, el pozo en el cual se ha finalizado la inspección (esto con base a los datos del encabezado) y guardará todas las observaciones registradas.

### **3.3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

Para desarrollar un diagnóstico estructural en una red de drenaje por medio de una Inspección por Circuito Cerrado de Televisión se planteó:

1. Realizar una investigación documental de la zona
2. Reconocimiento de campo
3. Planificación del estudio de la red de drenaje utilizando el robot cámara
4. Inspección in situ con el robot cámara IBAK T86 Ex
5. Procesamiento de la información

#### **INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL DE LA ZONA**

Esta se realizó a nivel documental y de fuentes respaldadas, como son reportes levantados por el ministerio, estudios de factibilidades, reportajes periodísticos comprobados, datos de catastro, información de simulaciones de riesgos, entre otros.

#### **RECONOCIMIENTO DE CAMPO**

Consiste en una visita antes de la planificación del diagnóstico y se realiza en el lugar de estudio, en esta etapa se debe recolectar la mayor cantidad de información que se pueda obtener de manera visual o a través del diálogo con

los habitantes, pero en cuestión de infraestructura se busca verificar principalmente los pozos y tramos que componen la red. En este reconocimiento se verificará la posibilidad del ingreso a los pozos, las dimensiones que estos tienen, la profundidad, la altura a la que llega la tubería proveniente aguas arriba y la altura a la que sale la tubería que va hacia aguas abajo. Además, se determina la dirección de flujo, así como posibles riesgos que vuelvan peligrosa o inaccesible la ejecución del diagnóstico.

### **PLANIFICACIÓN DEL ESTUDIO DE LA RED DE DRENAJE UTILIZANDO EL ROBOT CÁMARA**

En esta etapa lo que se busca es realizar un plan de trabajo y cronograma para la ejecución del diagnóstico de la red de drenaje, por lo que es necesario identificar y enlistar las herramientas, insumos y personal necesarios para la investigación. Para formular el plan de trabajo se requiere consultar la base de datos de las que se dispone, la cual consiste en datos de tipo GIS de la zona, catastro, topografía, también son necesarios los datos obtenidos en el reconocimiento de campo. Para construir el cronograma es necesario también tener definido un rendimiento diario de trabajo (metros lineales de tubería inspeccionados por día, o en nuestro caso número de introducciones del robot cámara por jornada). Además, se deben considerar los tramos que se pueden realizar de corrido para facilitar el trabajo de instalación del equipo, contemplar los puntos inaccesibles y la cantidad de conductos que hay por tramos, etc.

### **INSPECCIÓN IN SITU CON EL ROBOT CÁMARA IBAK T86 EX**

Para realizar este proceso, el robot cámara será transportado en sus partes individuales, junto con todas las herramientas que son necesarias para la instalación del mismo. Se debe tener en cuenta que el robot será armado y presurizado in situ. Ya armado y comprobado que todo el equipo está listo para ser introducido a la alcantarilla se realiza el diagnóstico en cada uno de los tramos que se requiere, entendiéndose por tramos a las secciones de tubería que van de un pozo a otro pozo aguas abajo o aguas arriba. A medida se va realizando la inspección de cada tramo con el equipo dentro de la tubería, los defectos u observaciones irán siendo registrados por medio del programa Pipelogix, de tal manera que cuando la información sea procesada, el software tenga registrados todos los detalles observados en cada uno de los tramos.

### **PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

Para esto se consultan los archivos de vídeo e imágenes que fueron captados con la cámara y guardados por el programa Pipelogix en la computadora, esto con el fin de ir generando un informe del estado de cada uno de los tramos que comprenden el diagnóstico estructural. Por medio de los detalles y fallas registradas durante la investigación, es que el software puede generar informes que contienen datos importantes y necesarios para completar el diagnóstico, ya que el software tiene registrados de forma nativa en su base de datos las normas utilizadas para diagnosticar, entre ellas la Norma PACP que es la que se pretende implementar en los informes realizados por la institución.

**CAPÍTULO 4:**

**CASO DE ESTUDIO DE UNA**

**RED DE TUBERÍAS EN EL**

**ÁREA METROPOLITANA DE**

**SAN SALVADOR**

## DIAGNÓSTICO ESTRUCTURAL DE LA RED AGUAS LLUVIAS DE LA COLONIA SANTA LUCÍA DEL MUNICIPIO DE ILOPANGO DEL DEPARTAMENTO DE SAN SALVADOR

El lugar donde se efectuó el estudio con el equipo tecnológico del Ministerio de Obras Públicas y Transporte es la zona conocida como “Parque El Triángulo” de la colonia Santa Lucía del municipio de Ilopango del departamento de San Salvador.



**Imagen 4.1.** Vista general de la colonia Santa Lucía, lugar donde se realizó el estudio. Fuente: Google Earth, 27 de Julio de 2021.

### ANTECEDENTES DE LA PROBLEMÁTICA EN LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de la Colonia Santa Lucía, históricamente ha presentado problemas de inundación, los cuales constantemente han sido reportados por los habitantes y por la prensa nacional (Ver Imágenes 4.2 y 4.3).

## Viviendas y calles inundadas por lluvias de este martes en colonia Santa Lucía de Ilopango

Este es un problema recurrente en la zona por falta de obras de mitigación solicitadas por los habitantes de esta colonia hacia el gobierno.

Por La Prensa Gráfica  
1 de Junio de 2021 - 22:30 HS



## Zona de Triángulo en Santa Lucía vuelve a inundarse

Este fin de semana está previsto que las lluvias continúen sobre el país. Hay varias zonas con riesgo de inundación y deslave.

Por Redacción de Nación  
22 de Agosto de 2020 - 00:00 HS



Imagen 4.2. Noticias acerca de las inundaciones que se generan en la colonia Santa Lucía.



Imagen 4.3. Fotografías que muestran el nivel de afectación después de un evento lluvioso en la Colonia Santa Lucía. Fuente: Plataformas digitales de medios de comunicación escrita: La Prensa Gráfica y El Diario de Hoy.

Se tiene como antecedente el estudio elaborado por C. LOTTI & ASSOCIATI<sup>5</sup> en el cual se realizó un análisis completo a nivel de factibilidad, y se determinó que en la zona de la Colonia Santa Lucía y Matazano el sistema de drenaje presenta un alto grado de azolvamiento, causado por un alto grado de arrastre de material proveniente de la cuenca alta, el cual es conducido por la escorrentía superficial hacia los tragantes del sistema de drenaje de las mencionadas colonias.

De acuerdo a diagnósticos previos en la zona por la Dirección de Adaptación al Cambio Climático y Gestión Estratégica del Riesgo del Ministerio de Obras Públicas y de Transporte, las razones de la problemática son las siguientes:

En un estudio realizado en el año 2016 se diagnosticó que las Colonias Santa Lucía y Matazano se ubican en la parte alta de la cuenca del río Las Cañas, en una planicie formada a partir de las faldas del Cerro San Jacinto y la Carretera Panamericana, es en esta zona donde se ha concentrado el desarrollo urbano de la subcuenca alta, de la cual, parte pertenece al municipio de Ilopango, y la otra al municipio de Soyapango. Dicha situación ha conllevado a un manejo inadecuado del sistema de drenajes de aguas lluvias de la zona, ya que la planificación de la zona no contempló la influencia de flujos externos a las urbanizaciones, los cuales provienen de la zona del Cerro San Jacinto.

---

<sup>5</sup> Referencia: Diagnóstico y Factibilidad del Sistema Secundario de Drenajes de Aguas Lluvias en Cuatro Zonas Críticas del Área Metropolitana de San Salvador y Diseño final de la zona más Crítica elaborado por C. LOTTI & ASSOCIATI por medio del Fondo Salvadoreño para Estudios de Pre inversión FOSEP-BID para el Ministerio de Obras Públicas, transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano año 2001-2002.

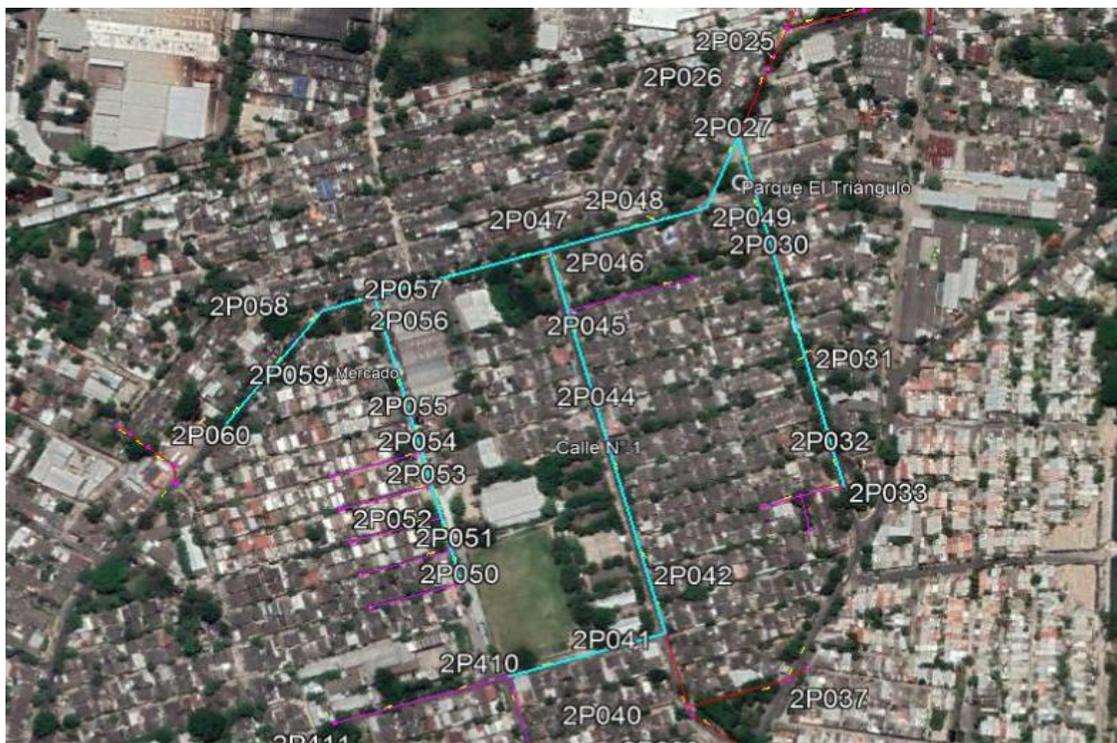
La situación de inundación reportada por los habitantes en cada época de invierno en la zona y que ocasiona dificultades y afectaciones, se debe a una deficiencia en el funcionamiento del sistema secundario de drenajes de aguas lluvias por falta de capacidad hidráulica y por un alto grado de azolvamiento en el interior del sistema.

En lo referente a capacidad hidráulica, las deficiencias presentadas también se deben a que el crecimiento urbanístico de la zona ha provocado la impermeabilización de los suelos, generando mayor escorrentía, la cual tiene que ser drenada a través del sistema de colectores de aguas lluvias, los cuales ya sobrepasaron el periodo de tiempo para el que fueron diseñados y construidos, por lo tanto, los diámetros existentes no son capaces de absorber ese incremento de caudal. (MOPT [DACGER], 2017)

En diciembre del año 2019 se realizó otra inspección para determinar la problemática de deficiencias de la red de drenaje en la zona. De acuerdo al informe, los habitantes de la Colonia Santa Lucía mencionaron que en la zona cercana a la Iglesia de Los Mormones anteriormente existía la descarga de una tubería de 60 pulgadas de concreto, la cual es perteneciente a la red de drenaje que recogía las aguas del sector conocido como Valle Nuevo y la transportaba hacia el río El Chagüite. Esta descarga de la tubería fue clausurada por los habitantes de la comunidad Belén, debido al colapso de un tramo de aproximadamente 40 metros de colector. La decisión de clausurar la descarga fue debida al temor que existía por parte de la comunidad, por el aumento de las

dimensiones de la cárcava que estaba formada en el punto de descarga de esta tubería. (MOPT [DACGER], 2019)

## RECONOCIMIENTO DE CAMPO



**Imagen 4.4** Superposición de datos de catastro sobre una imagen satelital de la zona. Fuente: Creación propia con datos de catastro sobre foto de Google Earth. 27 de julio de 2021.

Para el estudio documental de los elementos que componen la red de drenaje que afecta la zona de EL Triángulo, se utilizó los datos de catastro obtenidos del estudio realizado por C. LOTTI & ASSOCIATI.

De catastro se retomó la red de tubería existente en la colonia, la dirección del flujo, diámetros de tuberías, profundidad de pozos, entre otros, si bien estos datos son importantes para la planificación de la inspección, también es necesario tener

información actualizada sobre el estado de los pozos de ingreso para poder considerar esas introducciones en la programación. Ahora bien, una vez delimitada la red a los tramos de interés se realizó la etapa de reconocimiento de campo.

*Lista de pozos que componen la red de drenaje de la zona “El Triángulo”.*

**Tabla 4.1** Lista de pozos que componen la red de drenaje de la zona “El Triángulo”. Fuente: Diagnóstico y Factibilidad del Sistema Secundario de Drenajes de Aguas Lluvias en Cuatro Zonas Críticas del Área Metropolitana de San Salvador y Diseño final de la zona más Crítica, C. LOTTI & ASSOCIATI, año 2001-2002.

Calle	Pozo	Calle	Pozo
Calle N°5	2P410	Calle N°2	2P050
Calle N°1	2P041		2P051
	2P042		2P052
	2P043		2P053
	2P044		2P054
	2P045		2P055
	2P046		2P060
Calle Principal	2P033	Calle Circunvalación	2P059
	2P032		2P058
	2P031		2P057
	2P030		2P056
	2P029		2P047
	2P027		2P048
		Av. Principal	2P049

La visita de campo consistió en recorrer las principales calles de la colonia Santa Lucia utilizando la herramienta Google Earth a través de los teléfonos móviles, a los cuales se les montó una capa de navegación con la ubicación de los pozos

desde un archivo CAD con extensión (.dxf) con coordenadas WG-84, al recorrer la colonia de pozo a pozo se fue verificando de manera visual la altura de llegada de la tubería aguas arriba, el nivel de la tubería aguas abajo, si el pozo tiene agua estancada, el estado de la estructura del pozo, etc. además, esta actividad sirvió para identificar problemas que no se tenían contemplados, como lo fue pozos que no se pudieron destapar por medios convencionales, ampliación de la zona de estudio por petición de los habitantes y para efectos positivos del MOPT se cumplió con el rigor de descartar más variables llegando hasta un punto de descarga conocido. Otro aspecto importante fue la limitante que solo se inspeccionarían las tuberías con diámetros iguales o mayores a 30 pulgadas, pero en casos especiales también se consideraron las tuberías de 24 pulgadas, además se verificó las longitudes reales de los tramos entre pozos con el objetivo de evaluar los tramos que podían inspeccionarse sin necesidad de introducir el equipo en cada uno de los pozos y de esta manera optimizar el estudio y reducir el tiempo de inspección in situ.



**Fotografía 4.1** Apertura de pozos para reconocimiento del estado de las estructuras que componen la red de drenaje. Fuente: Elaboración propia.



**Fotografía 4.2** Verificación de altura de pozo y del estado en su interior para decidir si es punto de introducción del robot. Fuente: Elaboración propia.



**Fotografía 4.3** Apertura de pozos para etapa de reconocimiento de campo. Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 4.2** Datos obtenidos del reconocimiento de campo realizado previo a la inspección por CCTV. Fuente: Elaboración propia.

Calle	Pozo	Observaciones
Calle N°5	2P410	Altura media y no se requiere investigación de pozo procedente de aguas arriba, las condiciones para instalar el equipo son adecuadas.
Calle N°1	2P041	La tubería procedente es la Calle N°5, no se puede inspeccionar la Calle N°5 pero si se puede inspeccionar aguas abajo, hay una tubería de llegada no registrada en catastro.
	2P042	No se pudo abrir.
	2P043	No tiene caída de la tubería que llega de aguas arriba, la inspección se podría realizar tanto en dirección aguas arriba y aguas abajo.
	2P044	Posee una gran altura y la tubería que llega de aguas arriba tiene una caída superior a 1 metro.
	2P045	La caída de la tubería que llega de aguas arriba es muy pequeña, la inspección se podría realizar tanto en dirección aguas arriba y aguas abajo.

	2P046	No se pudo abrir.
Calle Principal	2P033	No se abrió.
	2P032	No tiene caída de la tubería que llega de aguas arriba, la inspección se podría realizar tanto en dirección aguas arriba y aguas abajo.
	2P031	No tiene caída de la tubería que llega de aguas arriba, la inspección se podría realizar tanto en dirección aguas arriba y aguas abajo.
	2P030	La caída de la tubería que llega de aguas arriba es muy pequeña, la inspección se podría realizar tanto en dirección aguas arriba y aguas abajo.
	2P029	No tiene caída de la tubería que llega de aguas arriba, la inspección se podría realizar tanto en dirección aguas arriba y aguas abajo.
	2P027	No se abrió (final de red).
Calle N°2	2P050	Inicio de red de drenaje en la calle, las tuberías que le llegan son solamente del colector aledaño. (El pozo no tiene tapadera).
	2P051	No tiene caída de la tubería que llega de aguas arriba, la inspección se podría realizar tanto en dirección aguas arriba y aguas abajo.
	2P052	No tiene caída de la tubería que llega de aguas arriba, la inspección se podría realizar tanto en dirección aguas arriba y aguas abajo.
	2P053	No tiene caída de la tubería que llega de aguas arriba, la inspección se podría realizar tanto en dirección aguas arriba y aguas abajo.
	2P054	No tiene caída de la tubería que llega de aguas arriba, la inspección se podría realizar tanto en dirección aguas arriba y aguas abajo.
	2P055	No se pudo abrir.
Calle Circunvalación	2P060	No tiene caída de la tubería que llega de aguas arriba, la inspección se podría realizar tanto en dirección aguas arriba y aguas abajo.
	2P059	La caída de la tubería que llega de aguas arriba es muy pequeña, la inspección se podría realizar tanto en dirección aguas arriba y aguas abajo.

	2P058	No tiene caída de la tubería que llega de aguas arriba, la inspección se podría realizar tanto en dirección aguas arriba y aguas abajo.
	2P057	No tiene caída de la tubería que llega de aguas arriba, la inspección se podría realizar tanto en dirección aguas arriba y aguas abajo.
	2P056	Posee una gran altura y la tubería que llega de aguas arriba tiene una caída superior a 1 metro.
	2P047	No se pudo abrir.
	2P048	No tiene caída de la tubería que llega de aguas arriba, la inspección se podría realizar tanto en dirección aguas arriba y aguas abajo.
Av. Principal	2P049	No tiene caída de la tubería que llega de aguas arriba, la inspección se podría realizar tanto en dirección aguas arriba y aguas abajo.
<p>Para interpretación de esta tabla:          Los datos registrados has sido tomados mayormente utilizando las siguientes aproximaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Altura pequeña: De 0 a 2 metros.</li> <li>• Altura media: De 2 a 4 metros.</li> <li>• Altura grande: Mayor a 4 metros.</li> </ul>		

## **PLANIFICACIÓN DE LA INSPECCIÓN EN LA RED DE DRENAJE DE LA ZONA DE ESTUDIO**

Para la etapa de planificación se tomaron en cuenta todos los datos disponibles para la ejecución de la inspección, como es el caso del catastro de pozos y tuberías de la zona, que contienen la información de la dirección del flujo, los tramos que comprenden la red, la longitud de los tramos, diámetro de tuberías, ubicación de los pozos, etc. Proveniente de la revisión de los datos catastrales, se presenta la Tabla 4.3 con el resumen de las calles, código de identificación de

pozo, diámetros de tuberías, longitudes de los tramos y estimación de la cantidad de obra que se debe inspeccionar para poder cumplir con el estudio de la zona:

**Tabla 4.3** Datos provenientes de catastro. Fuente: Diagnóstico y Factibilidad del Sistema Secundario de Drenajes de Aguas Iluvias en Cuatro Zonas Críticas del Área Metropolitana de San Salvador y Diseño final de la zona más Crítica, C. LOTTI & ASSOCIATI, año 2001-2002.

Calle	Tramo	Pozo Inicial	Pozo Final	Diámetro (plg)	Diámetro (mm)	Longitud (m)	Longitud por calle (m)
Calle N°5	1	2P410	2P041	30	762.00	130.62	<b>130.62</b>
Calle N°1	2	2P041	2P042	36	914.40	56.60	<b>340.07</b>
	3	2P042	2P043	36	914.40	116.03	
	4	2P043	2P044	36	914.40	27.50	
	5	2P044	2P045	36	914.40	85.55	
	6	2P045	2P046	48	1219.20	50.20	
	7	2P046	2P047	48	1219.20	4.19	
Calle Principal	8	2P033	2P032	36	914.40	29.01	<b>309.16</b>
	9	2P032	2P031	36	914.40	87.06	
	10	2P031	2P030	36	914.40	87.00	
	11	2P030	2P029	36	914.40	53.92	
	12	2P029	2P027	36	914.40	52.17	
Calle N°2	13	2P050	2P051	24	609.60	29.00	<b>254.20</b>
	14	2P051	2P052	24	609.60	28.99	
	15	2P052	2P053	24	609.60	28.98	
	16	2P053	2P054	24	609.60	29.01	
	17	2P054	2P055	24	609.60	29.10	
	18	2P055	2P057	24	609.60	109.12	
Calle Circunvalación	19	2P060	2P059	48	1219.20	99.97	<b>455.37</b>
	20	2P059	2P058	48	1219.20	35.72	
	21	2P058	2P057	48	1219.20	42.92	
	22	2P057	2P056	48	1219.20	36.72	
	23	2P056	2P047	60	1524.00	108.34	
	24	2P047	2P048	60	1524.00	87.90	
	25	2P048	2P049	60	1524.00	43.80	
Av. Principal	26	2P049	2P027	60	1524.00	65.54	<b>65.54</b>
						<b>Longitud Total =</b>	<b>1554.96</b>

Por lo tanto, con los resultados del reconocimiento de campo planteados en la sección anterior, y con la información de la Tabla 4.3, se realizó la planificación de la investigación y se presenta en la siguiente Tabla 4.4.

**Tabla 4.4** Planificación de la inspección realizada con los datos de catastro y del reconocimiento de campo. Fuente: Elaboración propia.

Calle	Pozo en el que se introducirá el equipo de inspección	Tramos que se inspeccionarán	Pozo de Inicio	Pozo de salida	Sentido	Longitud (m)
Calle Principal	2P032	1	2P032	2P033	A. Arriba	29.01
		2	2P032	2P031	A. Abajo	87.06
	2P030	3	2P030	2P031	A. Arriba	87.00
		4	2P030	2P029	A. Abajo	53.92
		5	2P029	2P027	A. Abajo	52.17
Calle N° 5	2P410	1	2P410	2P041	A. Abajo	130.62
Calle N° 1	2P041	1	2P041	2P042	A. Abajo	56.60
	2P043	2	2P043	2P042	A. Arriba	116.03
		3	2P043	2P044	A. Abajo	27.55
	2P045	4	2P045	2P044	A. Arriba	85.55
		5	2P045	2P046	A. Abajo	50.19
Calle N° 2	2P050	1	2P050	2P051	A. Abajo	29.00
		2	2P051	2P052	A. Abajo	28.99
		3	2P052	2P053	A. Abajo	28.98
		4	2P053	2P054	A. Abajo	29.01
		5	2P054	2P054	A. Abajo	29.10
	2P055	6	2P055	2P057	A. Abajo	109.12
Calle Circunvalación	2P058	1	2P058	2P059	A. Arriba	35.72
		2	2P059	2P060	A. Arriba	99.97
		3	2P058	2P057	A. Abajo	42.92
		4	2P057	2P056	A. Abajo	36.72
	2P056	5	2P056	2P047	A. Abajo	108.34
	2P049	6	2P049	2P048	A. Arriba	43.80
		7	2P048	2P047	A. Arriba	87.09
		8	2P049	2P027	A. Abajo	65.54

El rendimiento diario en la inspección se estableció de modo que en un día se podía realizar dos introducciones del robot en pozos diferentes, por lo que, al proyectar las fechas de las visitas a campo, se muestra en la Tabla 4.5:

**Tabla 4.5** Planificación de la investigación con la fecha de ejecución. Fuente: Elaboración propia.

Calle	Fecha de Inspección	Pozo en el que se introducirá el equipo de inspección	Tramos que se inspeccionarán	Pozo de Inicio	Pozo de salida	Sentido	Longitud (m)
Calle Principal	12-jul-21	2P032	1	2P032	2P033	A. Arriba	29.01
			2	2P032	2P031	A. Abajo	87.06
		2P030	3	2P030	2P031	A. Arriba	87.00
			4	2P030	2P029	A. Abajo	53.92
			5	2P029	2P027	A. Abajo	52.17
Calle N° 5	14-jul-21	2P410	1	2P410	2P041	A. Abajo	130.62
Calle N° 1		2P041	1	2P041	2P042	A. Abajo	56.60
	2P043	2	2P043	2P042	A. Arriba	116.03	
		3	2P043	2P044	A. Abajo	27.55	
	2P045	4	2P045	2P044	A. Arriba	85.55	
		5	2P045	2P046	A. Abajo	50.19	
Calle N° 2	21-jul-21	2P050	1	2P050	2P051	A. Abajo	29.00
			2	2P051	2P052	A. Abajo	28.99
			3	2P052	2P053	A. Abajo	28.98
			4	2P053	2P054	A. Abajo	29.01
			5	2P054	2P054	A. Abajo	29.10
		2P055	6	2P055	2P057	A. Abajo	109.12
Calle Circunvalación	26-jul-21	2P058	1	2P058	2P059	A. Arriba	35.72
			2	2P059	2P060	A. Arriba	99.97
			3	2P058	2P057	A. Abajo	42.92
			4	2P057	2P056	A. Abajo	36.72
		2P056	5	2P056	2P047	A. Abajo	108.34
	28-jul-21	2P049	6	2P049	2P048	A. Arriba	43.80
			7	2P048	2P047	A. Arriba	87.09
			8	2P049	2P027	A. Abajo	65.54

## INSPECCIÓN CON EL ROBOT CÁMARA EN LA ZONA DE ESTUDIO

Ya con una planificación establecida se procede a realizar la inspección en la red de drenaje, la inspección se realiza de acuerdo a los procedimientos explicados en el Manual de Uso de Equipo para Inspección por CCTV IBAK T 86 Ex y Manual de Uso de Software Pipelogix para Inspecciones por CCTV.

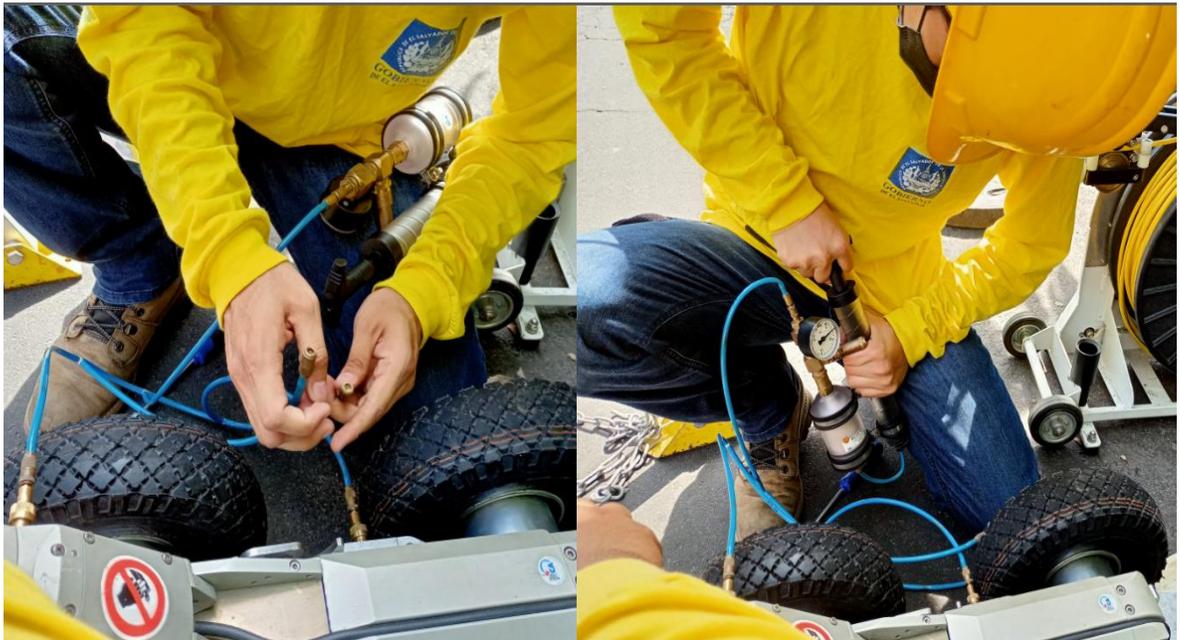
En el momento en que se va inspeccionando cada tramo, de acuerdo a las fallas u observaciones que se aprecien en la tubería, en el software se registran estas observaciones teniendo en cuenta todo lo planteado por la Norma PACP y Manejo del Equipo.



**Fotografía 4.4** Instalación de neumáticos en tractor, proceso de preparación para la inspección. Fuente: Elaboración propia.



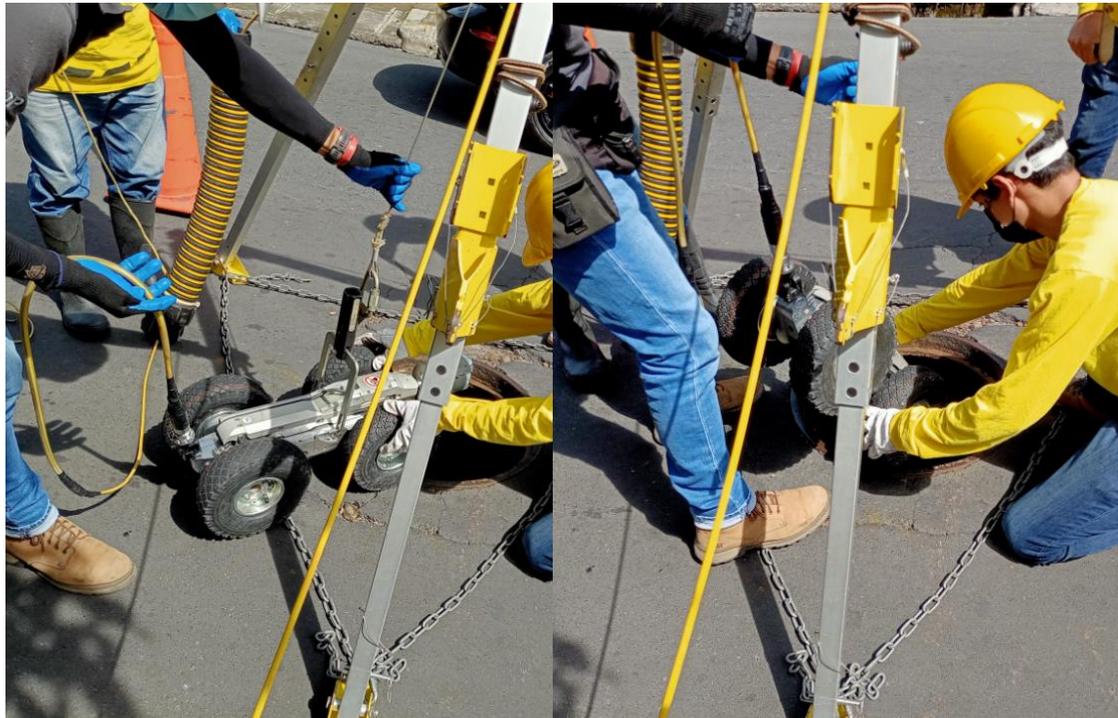
**Fotografía 4.5** Instalación de cámara al tractor en proceso de preparación para la inspección. Fuente: Elaboración propia.



**Fotografía 4.6** Presurización del equipo en el proceso de preparación para la inspección. Fuente: Elaboración propia.



**Fotografía 4.7** Preparación y configuración del software para el registro de las fallas y observaciones. Fuente: Elaboración propia.



**Fotografía 4.8** Introducción del equipo en el pozo de donde se partirá para la inspección. Fuente: Elaboración propia.



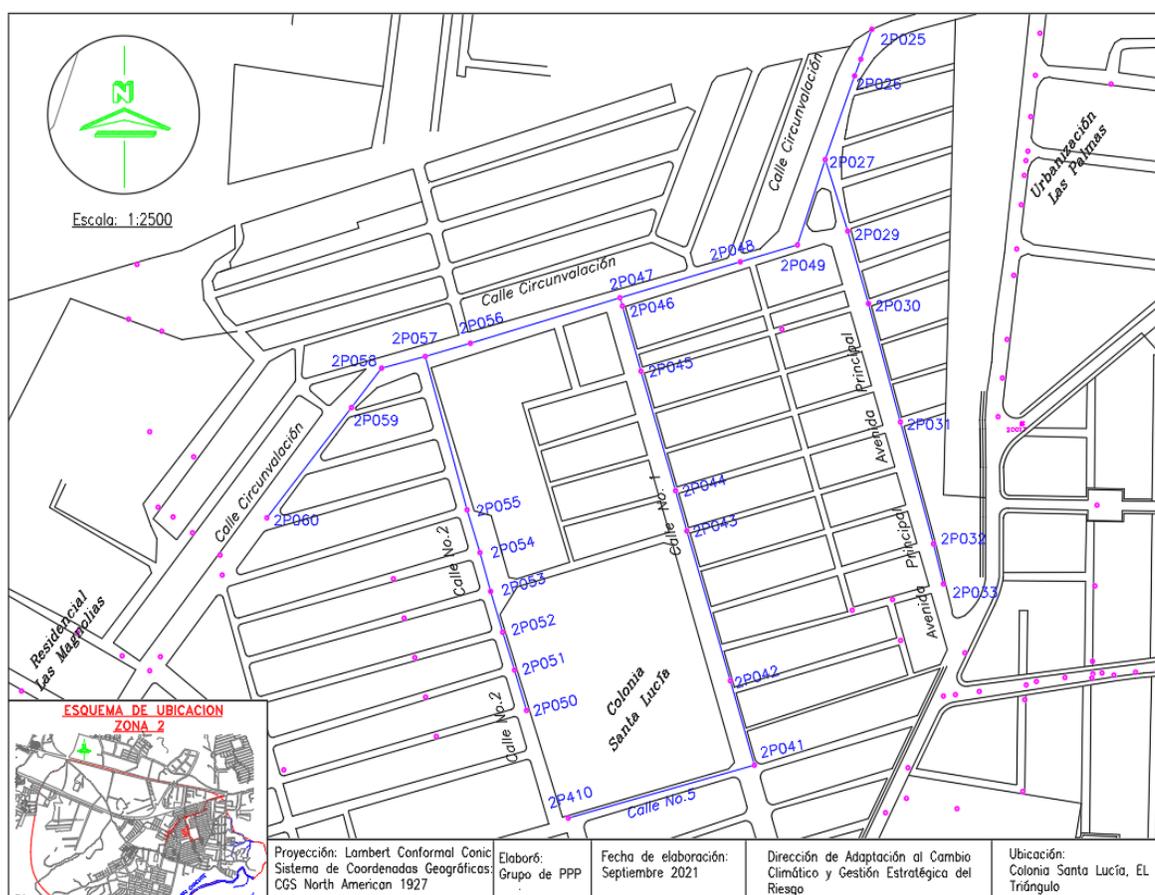
**Fotografía 4.9** Control del equipo de inspección mientras está dentro de un tramo de tubería por medio del panel de control. Fuente: Elaboración propia.



**Fotografía 4.10** Control de equipo de inspección y registro de fallas u observaciones en el software. Fuente: Elaboración propia.

## PROCESAMIENTO DE LOS RESULTADOS

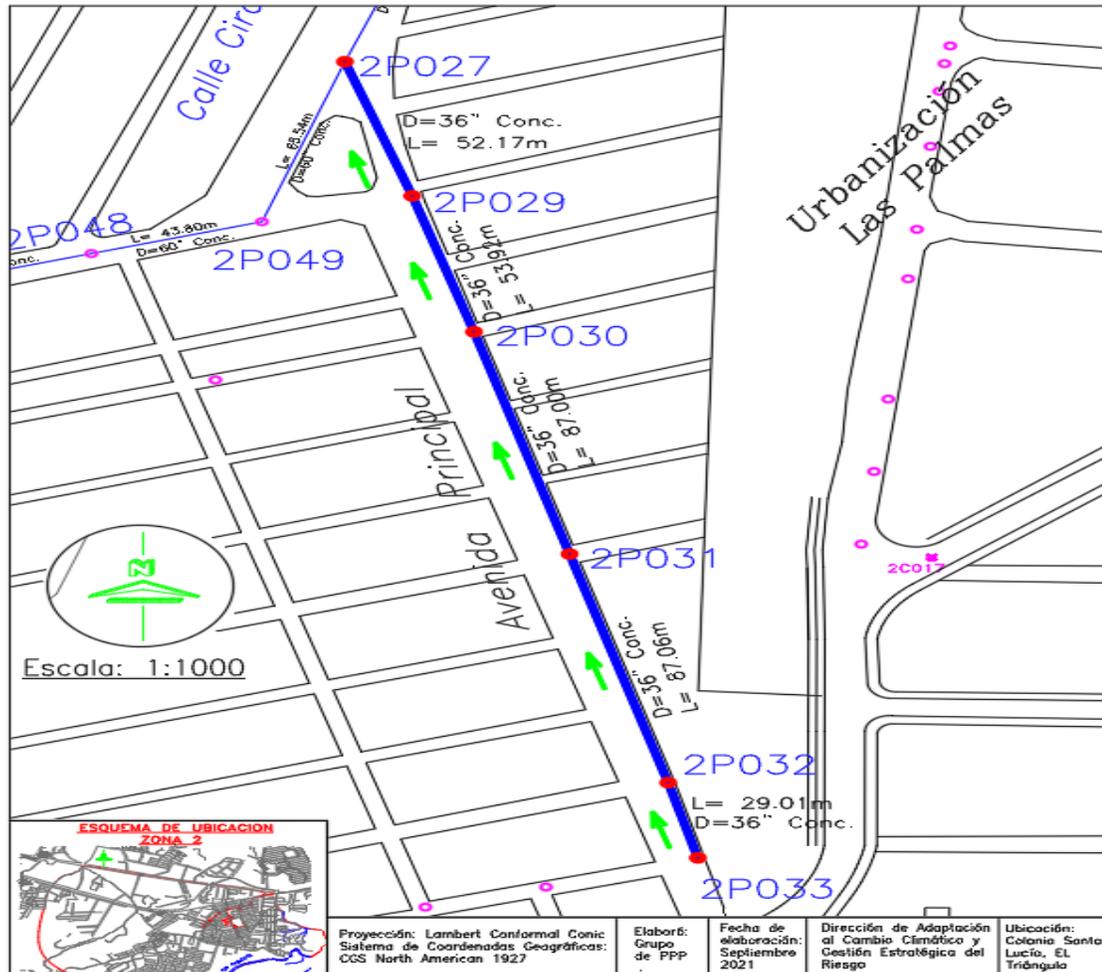
El software que se utiliza para el registro de los daños es el Pipelogix, con este software se tiene el beneficio de poder ir guardando dentro del mismo todo lo que se ha registrado para cada uno de los tramos, esto con la intención de posteriormente poder procesar toda esa información en la oficina.



**Imagen 4.5** Esquema de la red que será inspeccionada. Fuente: Elaboración propia.

La red inspeccionada en la **Imagen 4.5**, muestra las 5 calles pertenecientes a la Colonia Santa Lucía, los resultados obtenidos o detalles registrados se muestran a continuación.

**CALLE PRINCIPAL**



**Imagen 4.6** Tramos que componen el drenaje de la Calle principal de Col. Santa Lucía. Fuente: Elaboración propia.

En la **Imagen 4.6**, se observa la calle principal que está compuesta por 5 tramos de tubería de pozo a pozo, a continuación, se presenta la tabla resumen:

**Tabla 4.6** Tramos que componen la Calle Principal. Fuente: Elaboración propia.

Calle	Tramo	Pozo Inicial	Pozo Final	Diámetro (plg)	Diámetro (mm)	Longitud (m)	Longitud por calle (m)
Calle Principal	1	2P033	2P032	36	914.40	29.01	<b>309.16</b>
	2	2P032	2P031	36	914.40	87.06	
	3	2P031	2P030	36	914.40	87.00	
	4	2P030	2P029	36	914.40	53.92	
	5	2P029	2P027	36	914.40	52.17	

### Tramo 1, Calle Principal

El primer tramo de la calle principal tiene una tubería de 36 pulgadas de diámetro y una longitud de 29.01 metros (**Ver Tabla 4.6**), el tramo está definido por el pozo inicial 2P033 y finaliza aguas abajo en el pozo 2P032. La inspección se realizó en sentido aguas arriba desde el pozo 2P032, obteniendo las siguientes observaciones:

**Tabla 4.7** Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 1, Calle Principal. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Conta Video	CD	Código	In1	In2	%	JntDe	Ha	lmRef	Comentarios
0.0		ST Inico de Inspección							
0.0		AMH Pozo de Acceso							2P032
0.0		MWL Nivel de Agua			0				
0.4		CS Grieta en Espiral				11	12		
4.4		SRVM Daño Superficial - Refuerzo Visible				02			
22.7		IW Infiltración - Lagrimeo				10			
26.3		AMH Pozo de Acceso							2P033
26.3		FH Fin de Inspección							

26.3 M Longitud Total Inspeccionó



**Ilustración 4.1** Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 1, Calle Principal. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

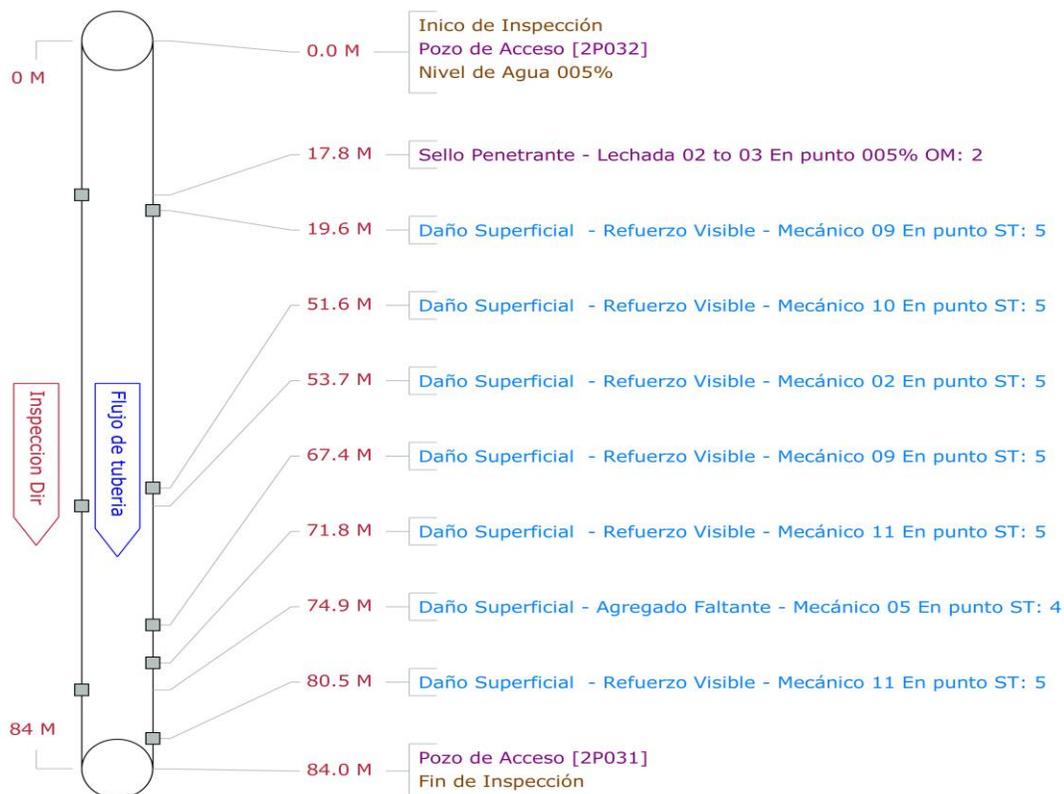
### Tramo 2, Calle Principal

El segundo tramo de la calle principal tiene una tubería de 36 pulgadas de diámetro y una longitud de 87.06 metros (**Ver Tabla 4.6**), el tramo está definido por el pozo inicial 2P032 y finaliza aguas abajo en el pozo 2P031. La inspección se realizó en sentido aguas abajo desde el pozo 2P032, obteniendo las siguientes observaciones:

**Tabla 4.8** Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 2, Calle Principal. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Conta Video	CD	Código	In1	In2	%	JntDe	Ha	ImRef	Comentarios
0.0		ST Inicio de Inspección							
0.0		AMH Pozo de Acceso							2P032
0.0		MWL Nivel de Agua			5				
17.8		ISGT Sello Penetrante - Lechada			5	02	03		
19.6		SRVM Daño Superficial - Refuerzo Visibl				J	09		
51.6		SRVM Daño Superficial - Refuerzo Visibl				J	10		
53.7		SRVM Daño Superficial - Refuerzo Visibl				J	02		
67.4		SRVM Daño Superficial - Refuerzo Visibl				J	09		
71.8		SRVM Daño Superficial - Refuerzo Visibl				J	11		
74.9		SAMM Daño Superficial - Agregado Falta					05		
80.5		SRVM Daño Superficial - Refuerzo Visibl				J	11		
84.0		AMH Pozo de Acceso							2P031
84.0		FH Fin de Inspección							

84.0 M Longitud Total Inspeccionó



**Ilustración 4.2** Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 2, Calle Principal. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

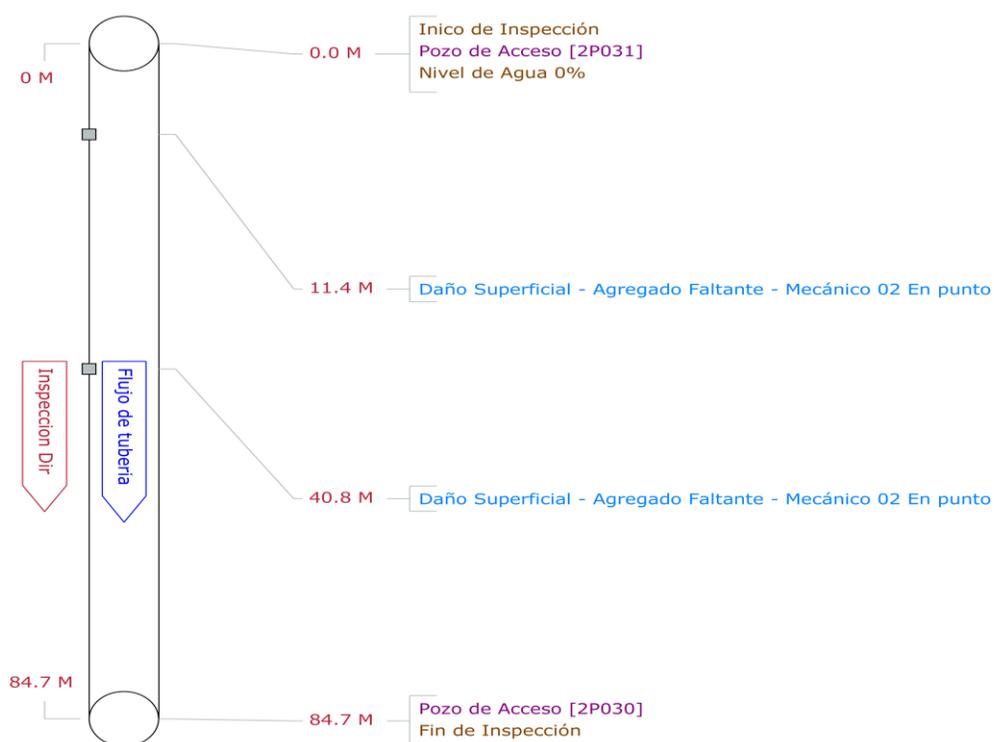
### Tramo 3, Calle Principal

El tercer tramo de la calle principal tiene una tubería de 36 pulgadas de diámetro y una longitud de 87.00 metros (**Ver Tabla 4.6**), el tramo está definido por el pozo inicial 2P031 y finaliza aguas abajo en el pozo 2P030. La inspección se realizó en sentido aguas abajo desde el pozo 2P031, obteniendo las siguientes observaciones:

**Tabla 4.9** Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 3, Calle Principal. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Conta Video	CD	Código	In1	In2	%	JntDe	Ha	ImRef	Comentarios
0.0		ST Inicio de Inspección							
0.0		AMH Pozo de Acceso							2P031
0.0		MWL Nivel de Agua			0				
11.4		SAMM Daño Superficial - Agregado Falta					02		
40.8		SAMM Daño Superficial - Agregado Falta					02		
84.7		AMH Pozo de Acceso							2P030
84.7		FH Fin de Inspección							

84.7 M Longitud Total Inspección



**Ilustración 4.3** Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 3, Calle Principal. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

#### Tramo 4, Calle Principal

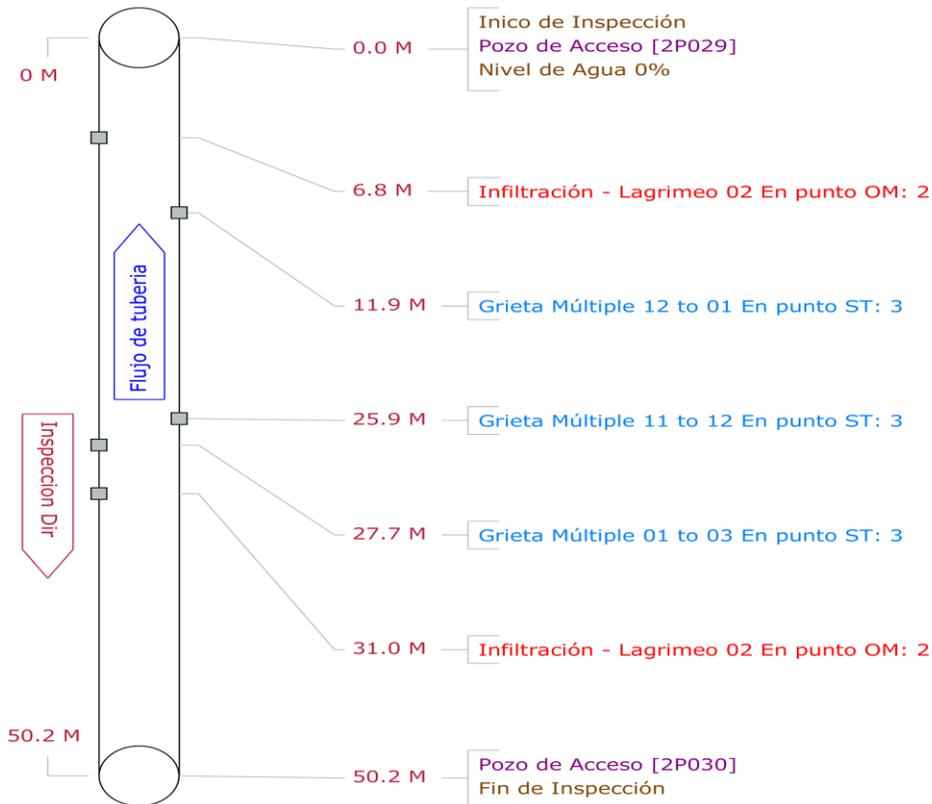
El cuarto tramo de la calle principal tiene una tubería de 36 pulgadas de diámetro y una longitud de 53.92 metros (**Ver Tabla 4.6**), el tramo está definido por el pozo inicial 2P030 y finaliza aguas abajo en el pozo 2P029. La inspección se realizó

en sentido aguas arriba desde el pozo 2P029, obteniendo las siguientes observaciones:

**Tabla 4.10** Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 4, Calle Principal. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Conta Video	CD	Código	In1	In2	%	JntDe	Ha	ImRef	Comentarios
0.0		ST Inicio de Inspección							
0.0		AMH Pozo de Acceso							2P029
0.0		MWL Nivel de Agua			0				
6.8		IW Infiltración - Lagrimeo					02		
11.9		CM Grieta Múltiple					12	01	
25.9		CM Grieta Múltiple					11	12	
27.7		CM Grieta Múltiple					01	03	
31.0		IW Infiltración - Lagrimeo					02		
50.2		AMH Pozo de Acceso							2P030
50.2		FH Fin de Inspección							

50.2 M Longitud Total Inspección



**Ilustración 4.4** Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 4, Calle Principal. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

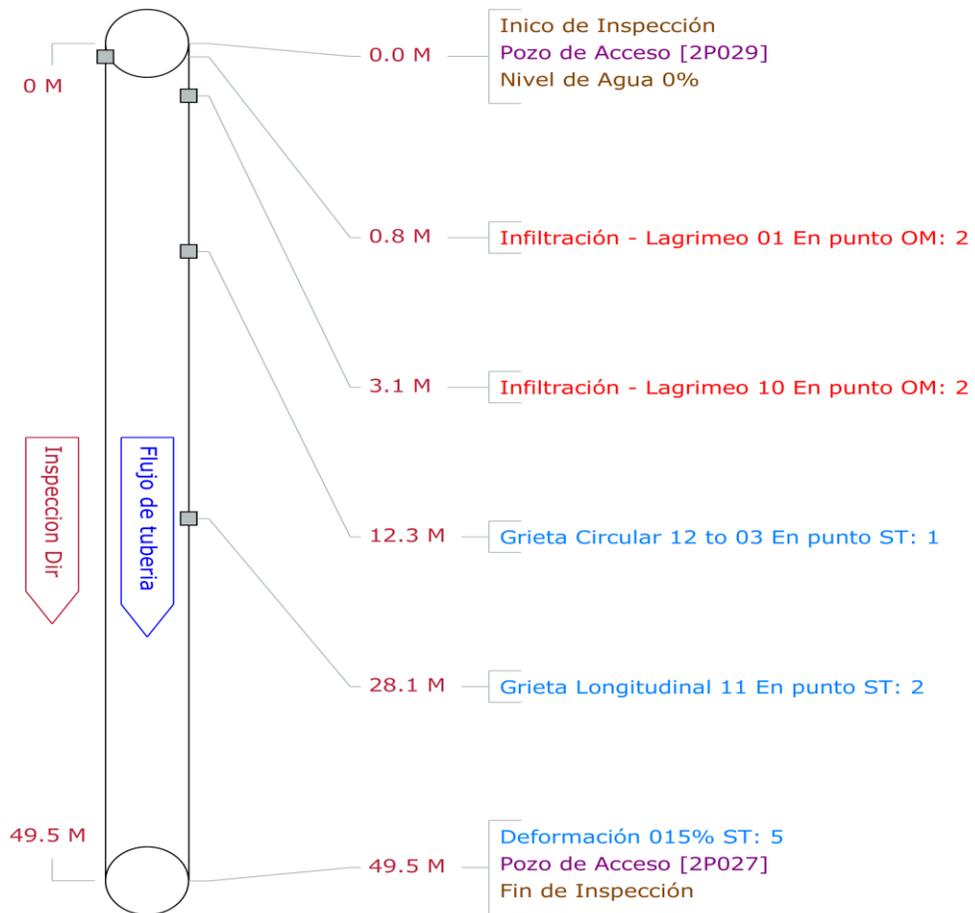
Tramo 5, Calle Principal

El quinto tramo de la calle principal tiene una tubería de 36 pulgadas diámetro y una longitud de 52.17 metros (**Ver Tabla 4.6**), el tramo está definido por el pozo inicial 2P029 y finaliza aguas abajo en el pozo 2P027. La inspección se realizó en sentido aguas abajo desde el pozo 2P029, obteniendo las siguientes observaciones:

**Tabla 4.11** Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 5, Calle Principal. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Conta Video	CD	Código	In1	In2	%	JntDe	Ha	lmRef	Comentarios
0.0		ST Inico de Inspección							
0.0		AMH Pozo de Acceso							2P029
0.0		MWL Nivel de Agua			0				
0.8		IW Infiltración - Lagrimeo					01		
3.1		IW Infiltración - Lagrimeo					10		
12.3		CC Grieta Circular					12	03	
28.1		CL Grieta Longitudinal					11		
49.5		D Deformación			15				
49.5		AMH Pozo de Acceso							2P027
49.5		FH Fin de Inspección							

49.5 M Longitud Total Inspeccionó



**Ilustración 4.5** Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 5, Calle Principal. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

**CALLE No 5**

**Imagen 4.7** Tramos que componen el drenaje de la Calle No 5 de Col. Santa Lucía. Fuente: Elaboración propia.

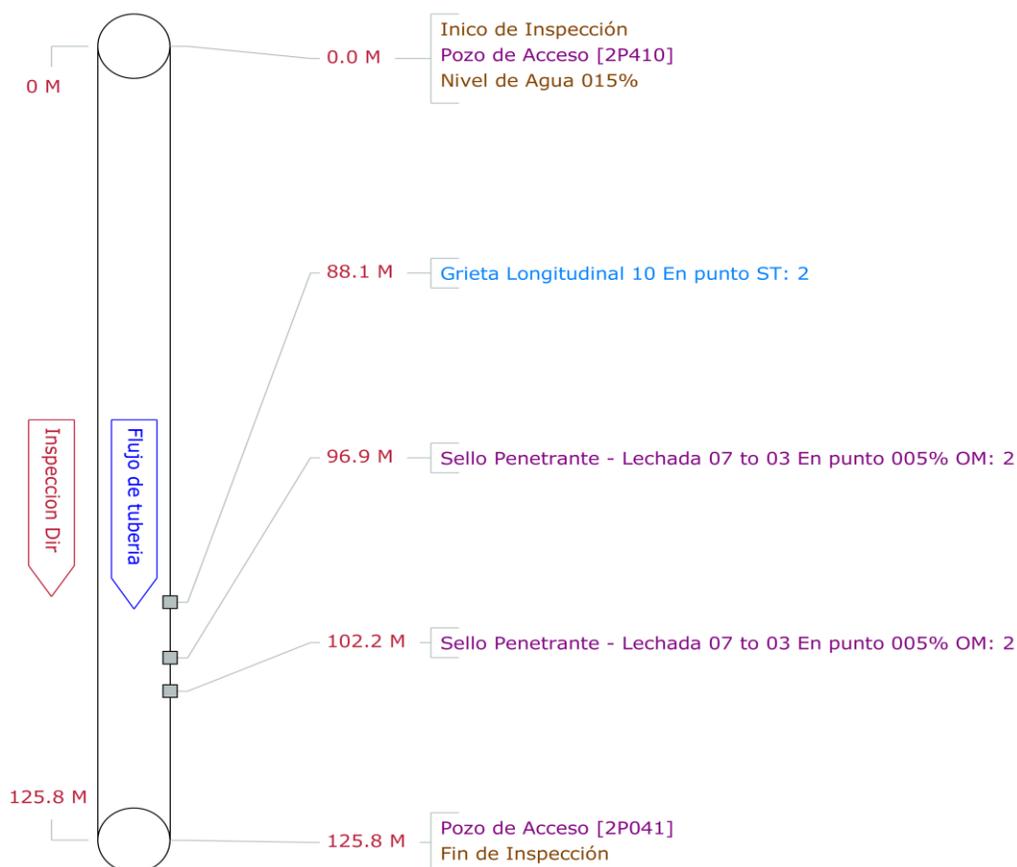
En la Imagen 4.7 en la Calle No 5 solamente tenemos un tramo que fue inspeccionado, que comienza en el pozo 2P410 y finaliza aguas abajo en el pozo 2P041 ubicado en la intersección de la Calle No 5 y Calle No 1, el tramo tiene

una longitud de 130.62 metros de tubería de 30 pulgadas, obteniendo las siguientes observaciones:

**Tabla 4.12** Registro y códigos de las fallas encontradas en Calle No 5. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

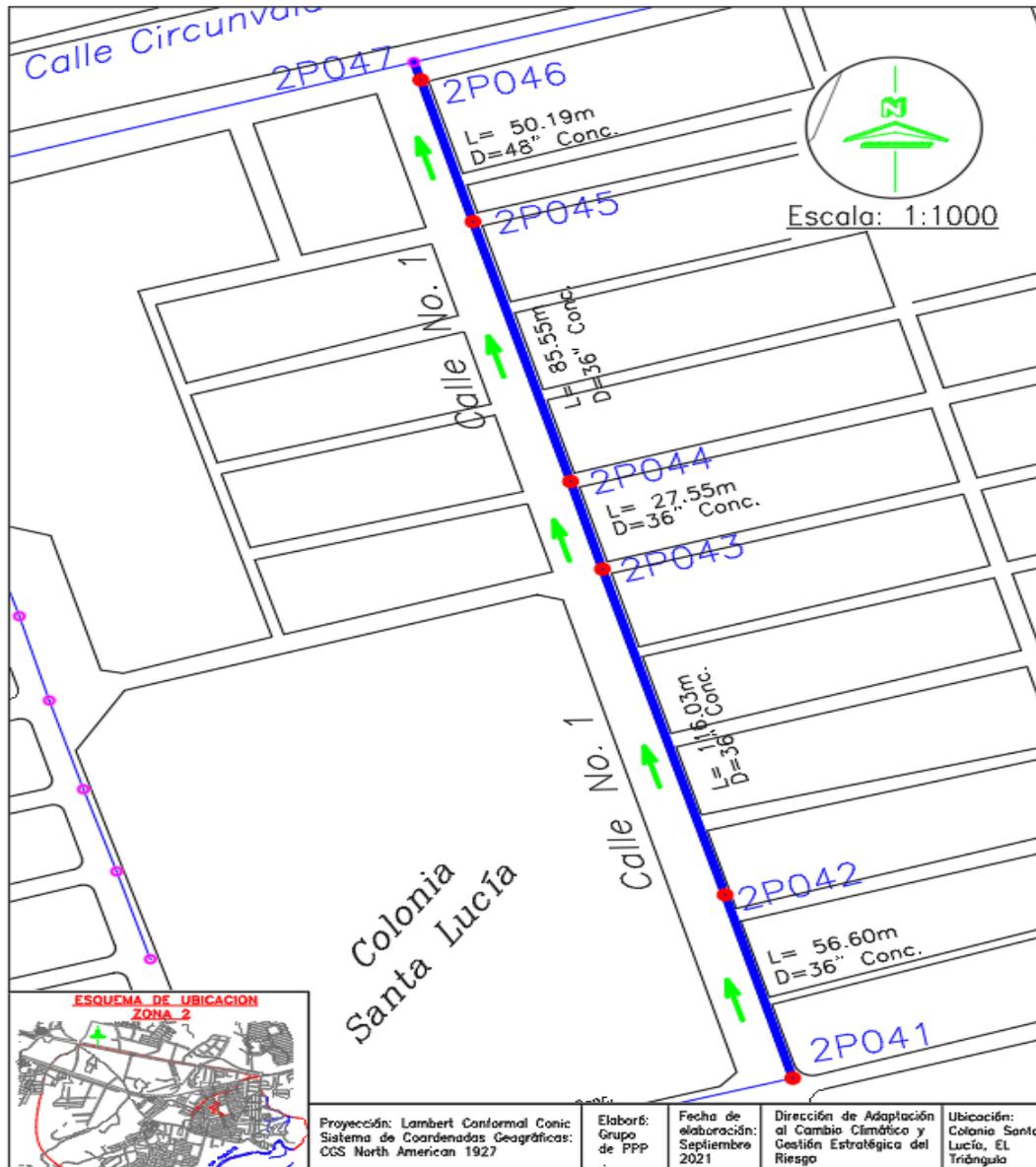
Conta Video	CD	Código	In1	In2	%	JntDe	Ha	ImRef	Comentarios
0.0		ST Inicio de Inspección							
0.0		AMH Pozo de Acceso							2P410
0.0		MWL Nivel de Agua			15				
88.1		CL Grieta Longitudinal				10			
96.9		ISGT Sello Penetrante - Lechada			5	07	03		
102.2		ISGT Sello Penetrante - Lechada			5	07	03		
125.8		AMH Pozo de Acceso							2P041
125.8		FH Fin de Inspección							

125.8 M Longitud Total Inspeccionó



**Ilustración 4.6** Presentación esquemática de las fallas encontradas en Calle No 5. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

**CALLE No 1**



**Imagen 4.8** Tramos que componen el drenaje de la Calle No 1 de Col. Santa Lucía. Fuente: Elaboración propia.

En la Imagen 4.8, la Calle No 1 está compuesta por 6 tramos de tubería comprendidos de pozo a pozo, como se muestra en la siguiente tabla resumen:

**Tabla 4.13** Tramos que componen la Calle No 1. Fuente: Elaboración propia.

Calle	Tramo	Pozo Inicial	Pozo Final	Diámetro (plg)	Diámetro (mm)	Longitud (m)	Longitud por calle (m)
Calle N°1	1	2P041	2P042	36	914.40	56.60	340.07
	2	2P042	2P043	36	914.40	116.03	
	3	2P043	2P044	36	914.40	27.50	
	4	2P044	2P045	36	914.40	85.55	
	5	2P045	2P046	48	1219.20	50.20	
	6	2P046	2P047	48	1219.20	4.19	

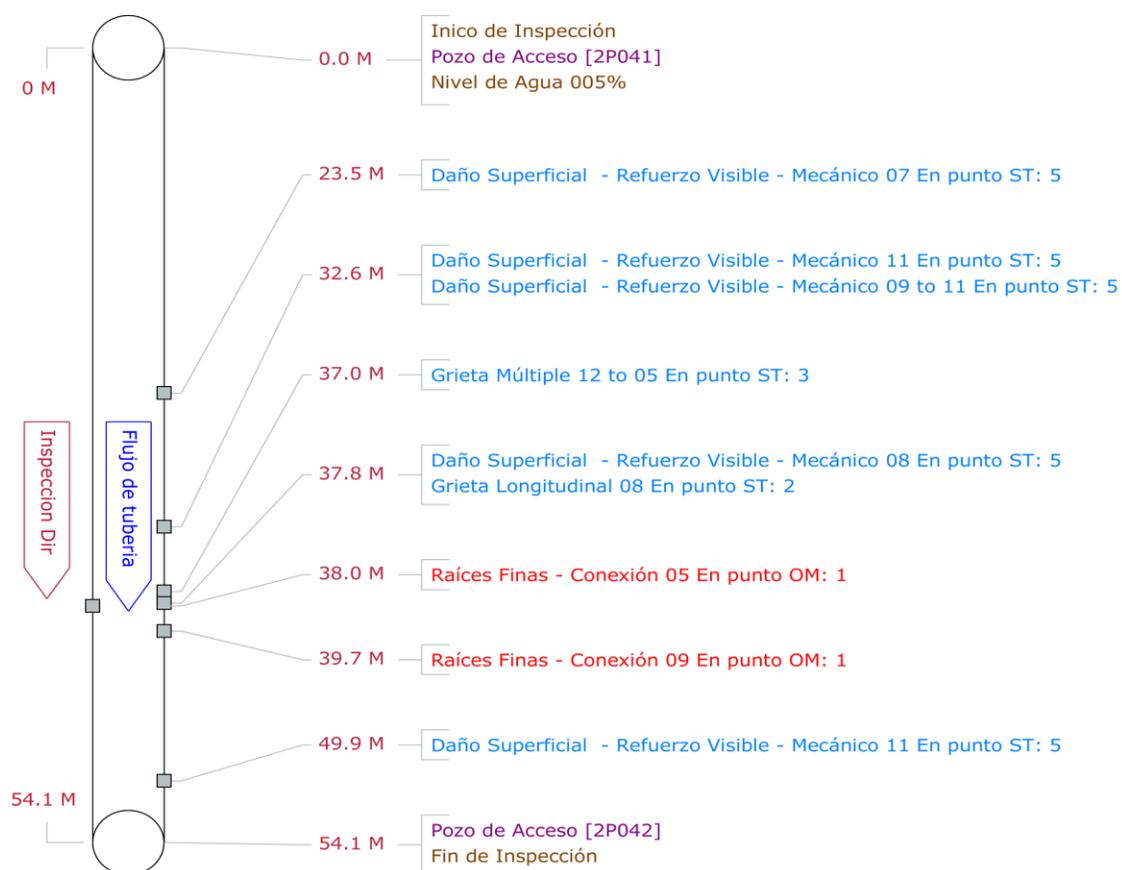
**Tramo 1, Calle No 1**

El primer tramo de la Calle No 1 tiene una tubería de 36 pulgadas de diámetro y una longitud de 56.60 metros (**Ver Tabla 4.13**), el tramo está definido por el pozo inicial 2P041 y finaliza aguas abajo en el pozo 2P042. La inspección se realizó en sentido aguas abajo desde el pozo 2P041, obteniendo las siguientes observaciones:

**Tabla 4.14** Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 1, Calle No 1. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Conta Video	CD	Código	In1	In2	%	JntDe	Ha	ImRef	Comentarios
0.0		ST Inico de Inspección							
0.0		AMH Pozo de Acceso							2P041
0.0		MWL Nivel de Agua			5				
23.5		SRVM Daño Superficial - Refuerzo Visibl					07		
32.6		SRVM Daño Superficial - Refuerzo Visibl					11		
32.6		SRVM Daño Superficial - Refuerzo Visibl				J	09 11		
37.0		CM Grieta Múltiple				J	12 05		
37.8		SRVM Daño Superficial - Refuerzo Visibl					08		
37.8		CL Grieta Longitudinal					08		
38.0		RFC Raíces Finas - Conexión					05		
39.7		RFC Raíces Finas - Conexión					09		
49.9		SRVM Daño Superficial - Refuerzo Visibl					11		
54.1		AMH Pozo de Acceso							2P042
54.1		FH Fin de Inspección							

54.1 M Longitud Total Inspeccionó



**Ilustración 4.7** Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 1, Calle No 1. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

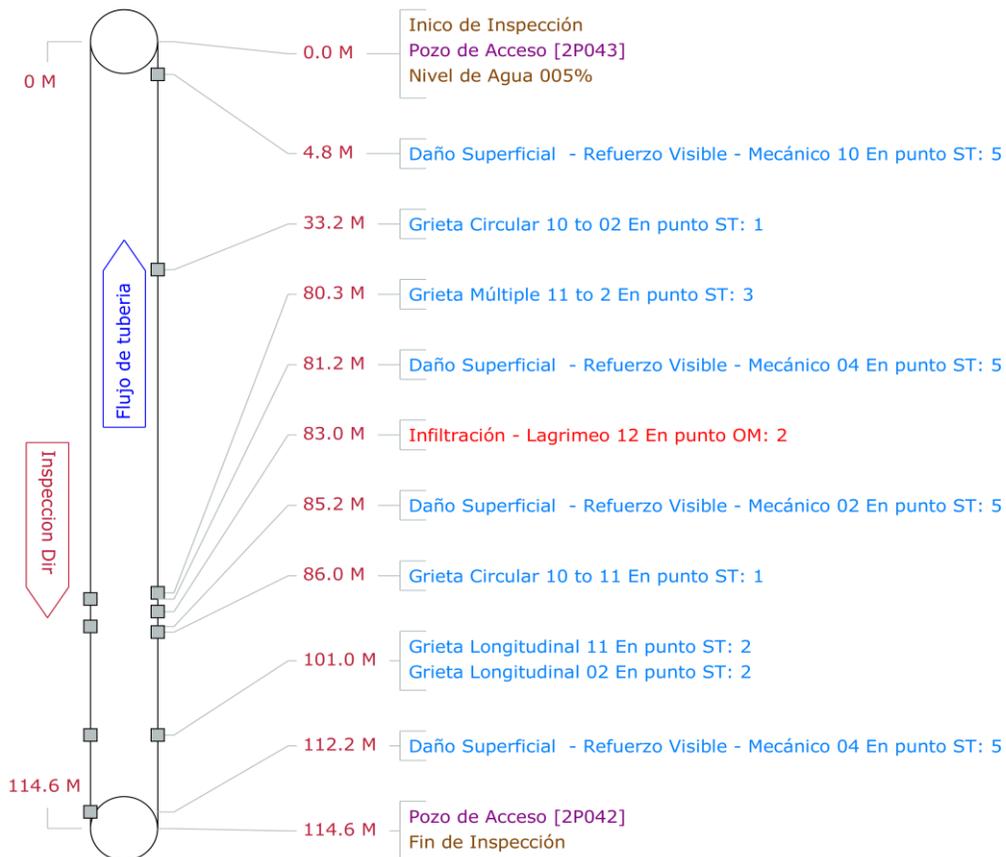
### Tramo 2, Calle No 1

El segundo tramo de la Calle No 1 tiene una tubería de 36 pulgadas de diámetro y una longitud de 116.03 metros (**Ver Tabla 4.13**), el tramo está definido por el pozo inicial 2P042 y finaliza aguas abajo en el pozo 2P043. La inspección se realizó en sentido aguas arriba desde el pozo 2P043, obteniendo las siguientes observaciones:

**Tabla 4.15** Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 2, Calle No 1. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Conta Video	CD	Código	In1	In2	%	JntDe	Ha	ImRef	Comentarios
0.0		ST Inico de Inspección							
0.0		AMH Pozo de Acceso							2P043
0.0		MWL Nivel de Agua			5				
4.8		SRVM Daño Superficial - Refuerzo Visibl				J	10		
33.2		CC Grieta Circular				J	10	02	
80.3		CM Grieta Múltiple				J	11	2	
81.2		SRVM Daño Superficial - Refuerzo Visibl					04		
83.0		IW Infiltración - Lagrimeo				J	12		
85.2		SRVM Daño Superficial - Refuerzo Visibl					02		
86.0		CC Grieta Circular				J	10	11	
101.0		CL Grieta Longitudinal					11		
101.0		CL Grieta Longitudinal				J	02		
112.2		SRVM Daño Superficial - Refuerzo Visibl					04		
114.6		AMH Pozo de Acceso							2P042
114.6		FH Fin de Inspección							

114.6 M Longitud Total Inspeccionó



**Ilustración 4.8** Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 2, Calle No 1. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Tramo 3, Calle No 1

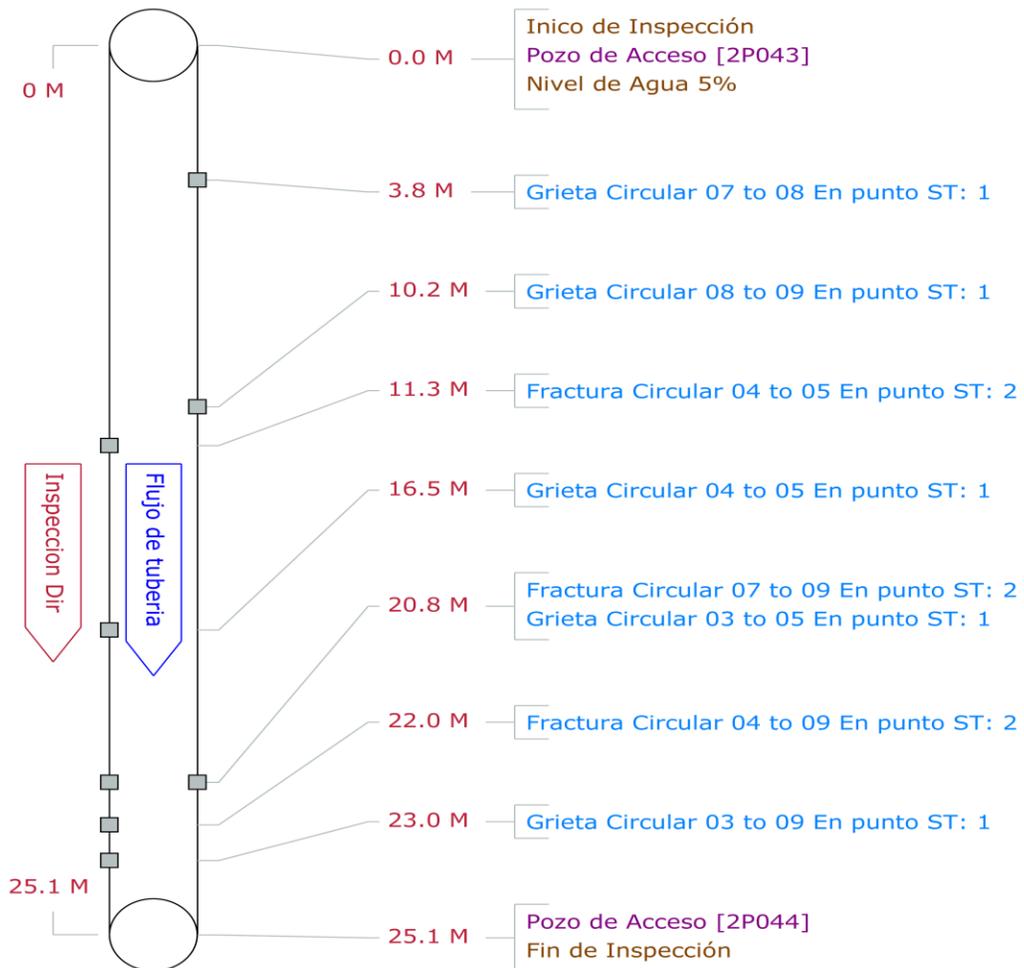
El tercer tramo de la Calle No 1 tiene una tubería de 36 pulgadas de diámetro y una longitud de 27.50 metros (**Ver Tabla 4.13**), el tramo está definido por el pozo inicial 2P043 y finaliza aguas abajo en el pozo 2P044.

La inspección se realizó en sentido aguas abajo desde el pozo 2P043, obteniendo las siguientes observaciones:

**Tabla 4.16** Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 3, Calle No 1. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Conta Video	CD	Código	In1	In2	%	JntDe	Ha	ImRef	Comentarios
0.0		ST Inicio de Inspección							
0.0		AMH Pozo de Acceso							2P043
0.0		MWL Nivel de Agua			5				
3.8		CC Grieta Circular				J	07	08	
10.2		CC Grieta Circular				J	08	09	
11.3		FC Fractura Circular				J	04	05	
16.5		CC Grieta Circular				J	04	05	
20.8		FC Fractura Circular				J	07	09	
20.8		CC Grieta Circular				J	03	05	
22.0		FC Fractura Circular				J	04	09	
23.0		CC Grieta Circular				J	03	09	
25.1		AMH Pozo de Acceso							2P044
25.1		FH Fin de Inspección							

25.1 M Longitud Total Inspeccionó



**Ilustración 4.9** Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 3, Calle No 1. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

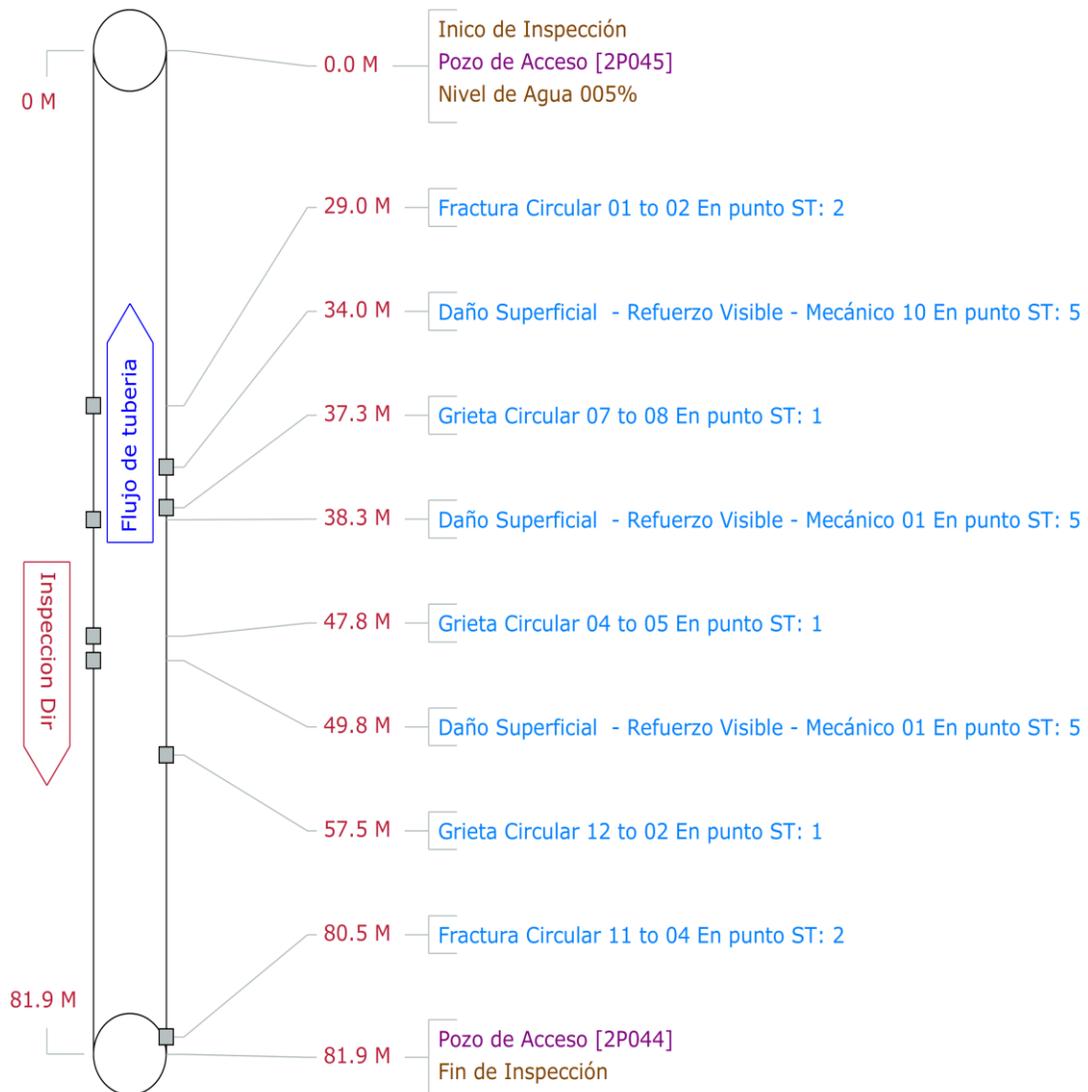
Tramo 4, Calle No 1

El cuarto tramo de la Calle No 1 tiene una tubería de 36 pulgadas de diámetro y una longitud de 81.90 metros (**Ver Tabla 4.13**), el tramo está definido por el pozo inicial 2P044 y finaliza aguas abajo en el pozo 2P045. La inspección se realizó en sentido aguas arriba desde el pozo 2P045, obteniendo las siguientes observaciones:

**Tabla 4.17** Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 4, Calle No 1. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Conta Video	CD	Código	In1	In2	%	JntDe	Ha	ImRef	Comentarios
0.0		ST Inico de Inspección							
0.0		AMH Pozo de Acceso							2P045
0.0		MWL Nivel de Agua			5				
29.0		FC Fractura Circular					01	02	
34.0		SRVM Daño Superficial - Refuerzo Visibl					10		
37.3		CC Grieta Circular				J	07	08	
38.3		SRVM Daño Superficial - Refuerzo Visibl					01		
47.8		CC Grieta Circular					04	05	
49.8		SRVM Daño Superficial - Refuerzo Visibl					01		
57.5		CC Grieta Circular					12	02	
80.5		FC Fractura Circular					11	04	
81.9		AMH Pozo de Acceso							2P044
81.9		FH Fin de Inspección							

81.9 M Longitud Total Inspeccionó



**Ilustración 4.10** Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 4, Calle No 1. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

### Tramo 5, Calle No 1

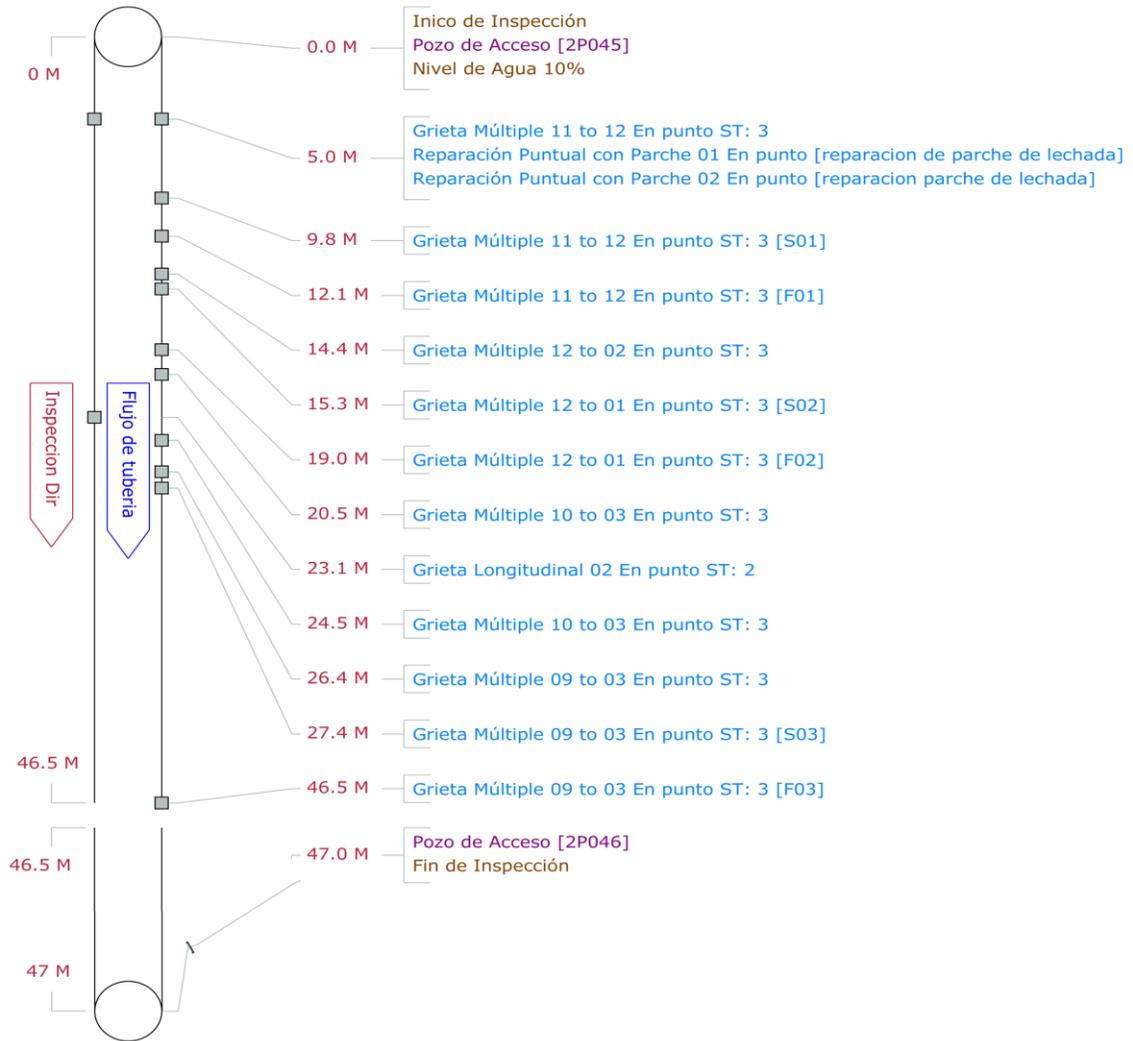
El quinto tramo de la Calle No 1 tiene una tubería de 48 pulgadas de diámetro y una longitud de 50.20 metros (**Ver Tabla 4.13**), el tramo está definido por el pozo inicial 2P045 y finaliza aguas abajo en el pozo 2P046.

La inspección se realizó en sentido aguas abajo desde el pozo 2P045, obteniendo las siguientes observaciones:

**Tabla 4.18** Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 5, Calle No 1. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Conta Video	CD	Código	In1	In2	%	JntDe	Ha	lmRef	Comentarios
0.0		ST Inicio de Inspección							
0.0		AMH Pozo de Acceso							2P045
0.0		MWL Nivel de Agua			10				
5.0		CM Grieta Múltiple					11	12	
5.0		RPP Reparación Puntual con Parche					01		reparacion de parche de lecha...
5.0		RPP Reparación Puntual con Parche					02		reparacion parche de lechada
9.8	S01	CM Grieta Múltiple					11	12	
12.1	F01	CM Grieta Múltiple					11	12	
14.4		CM Grieta Múltiple				J	12	02	
15.3	S02	CM Grieta Múltiple					12	01	
19.0	F02	CM Grieta Múltiple					12	01	
20.5		CM Grieta Múltiple					10	03	
23.1		CL Grieta Longitudinal					02		
24.5		CM Grieta Múltiple					10	03	
26.4		CM Grieta Múltiple					09	03	
27.4	S03	CM Grieta Múltiple					09	03	
46.5	F03	CM Grieta Múltiple					09	03	
47.0		AMH Pozo de Acceso							2P046
47.0		FH Fin de Inspección							

47.0 M Longitud Total Inspeccionó



**Ilustración 4.11** Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 5, Calle No 1. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

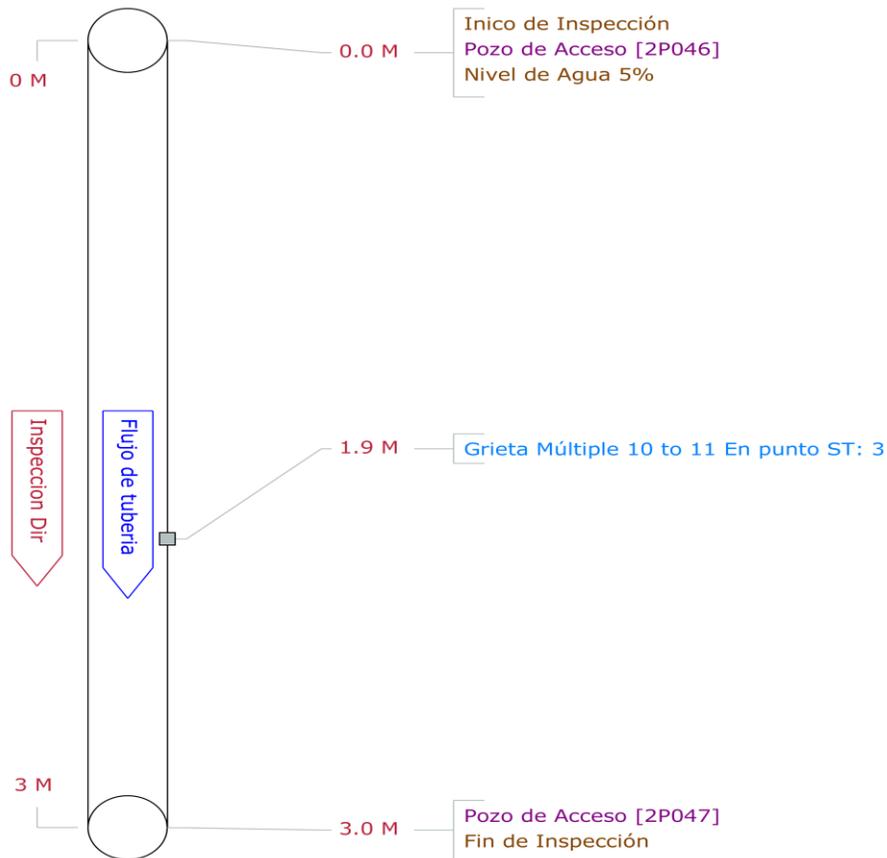
**Tramo 6, Calle No 1**

El sexto tramo de la Calle No 1 tiene una tubería de 48 pulgadas de diámetro y una longitud de 4.19 metros (**Ver Tabla 4.13**), el tramo está definido por el pozo inicial 2P046 y finaliza aguas abajo en el pozo 2P047 ubicado en la intersección de la Calle N° 1 y la Calle Circunvalación. La inspección se realizó en sentido aguas abajo desde el pozo 2P046, obteniendo las siguientes observaciones:

**Tabla 4.19** Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 6, Calle No 1. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

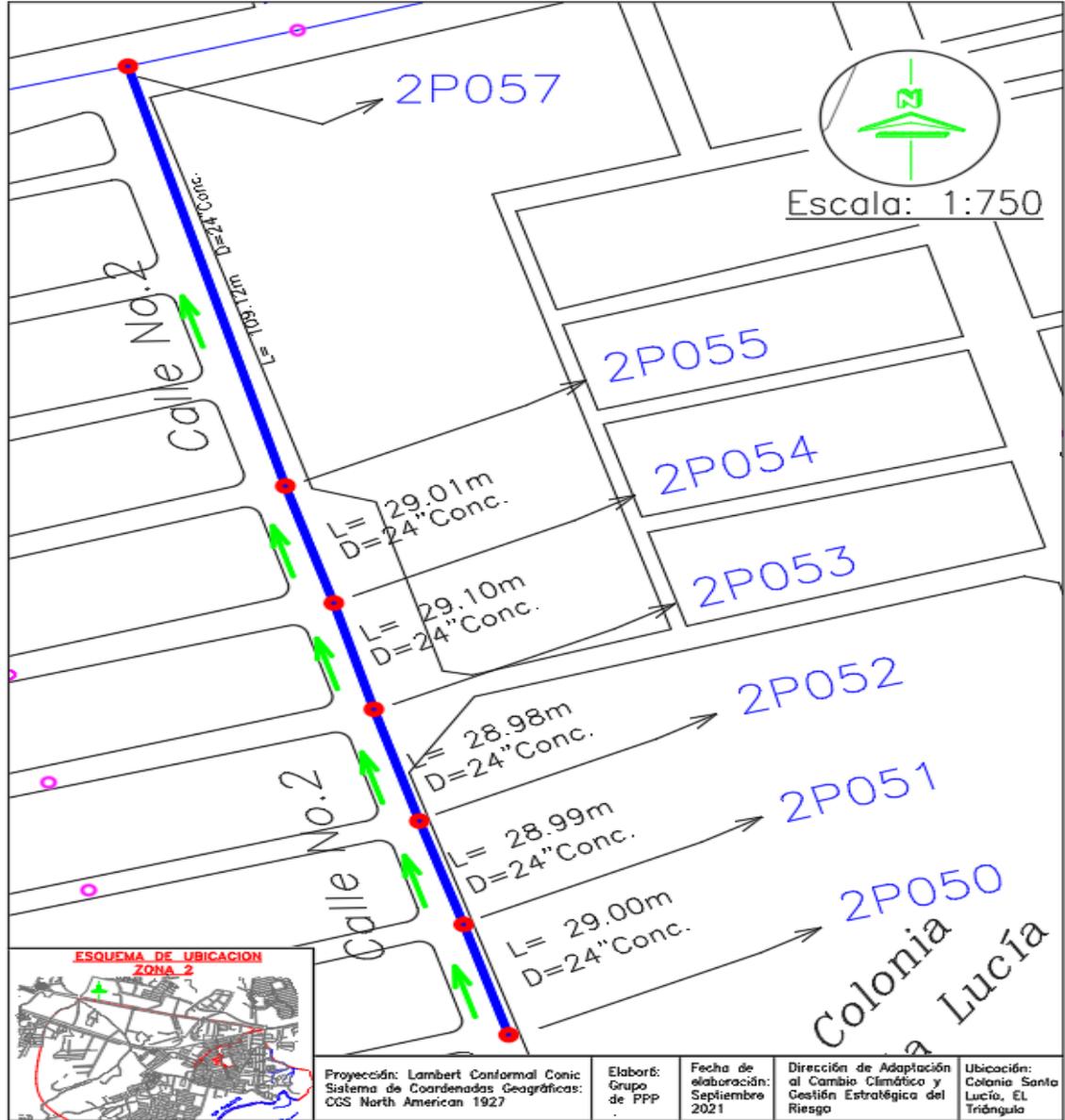
Conta Video	CD	Código	In1	In2	%	JntDe	Ha	lmRef	Comentarios
0.0		ST Inicio de Inspección							
0.0		AMH Pozo de Acceso							2P046
0.0		MWL Nivel de Agua			5				
1.9		CM Grieta Múltiple				10	11		
3.0		AMH Pozo de Acceso							2P047
3.0		FH Fin de Inspección							

3.0 M Longitud Total Inspección



**Ilustración 4.12** Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 6, Calle No 1. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

**CALLE No 2**



**Imagen 4.9** Tramos que componen el drenaje de la Calle No 2 de Col. Santa Lucía. Fuente: Elaboración propia.

En la Imagen 4.9, la Calle No 2 está compuesta por 6 tramos de tubería comprendidos de pozo a pozo, como se muestra en la siguiente tabla resumen:

**Tabla 4.20** Tramos que componen la calle No 2. Fuente: Elaboración propia.

Calle	Tramo	Pozo Inicial	Pozo Final	Diámetro (plg)	Diámetro (mm)	Longitud (m)	Longitud por calle (m)
Calle N°2	1	2P050	2P051	24	609.60	29.00	254.20
	2	2P051	2P052	24	609.60	28.99	
	3	2P052	2P053	24	609.60	28.98	
	4	2P053	2P054	24	609.60	29.01	
	5	2P054	2P055	24	609.60	29.10	
	6	2P055	2P057	24	609.60	109.12	

**Tramo 1, Calle No 2**

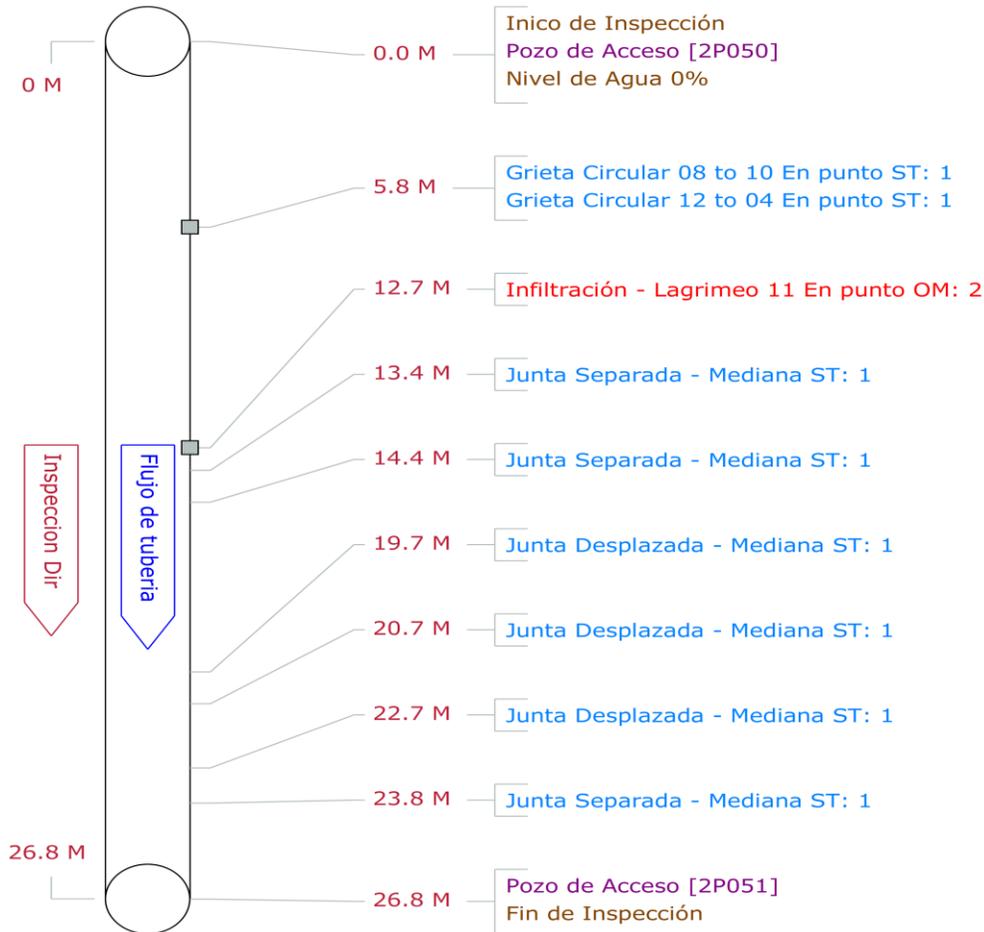
El primer tramo de la Calle No 2 tiene una tubería de 24 pulgadas de diámetro y una longitud de 29.00 metros (**Ver Tabla 4.20**), el tramo está definido por el pozo inicial 2P050 y finaliza aguas abajo en el pozo 2P051.

La inspección se realizó en sentido aguas abajo desde el pozo 2P050, obteniendo las siguientes observaciones:

**Tabla 4.21** Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 1, Calle No 2. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Conta Video	CD	Código	In1	In2	%	JntDe	Ha	lmRef	Comentarios
0.0		ST Inico de Inspección							
0.0		AMH Pozo de Acceso							2P050
0.0		MWL Nivel de Agua			0				
5.8		CC Grieta Circular				J	08	10	
5.8		CC Grieta Circular				J	12	04	
12.7		IW Infiltración - Lagrimeo						11	
13.4		JSM Junta Separada - Mediana							
14.4		JSM Junta Separada - Mediana							
19.7		JOM Junta Desplazada - Mediana							
20.7		JOM Junta Desplazada - Mediana							
22.7		JOM Junta Desplazada - Mediana							
23.8		JSM Junta Separada - Mediana							
26.8		AMH Pozo de Acceso							2P051
26.8		FH Fin de Inspección							

26.8 M Longitud Total Inspeccionó



**Ilustración 4.13** Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 1, Calle No 2. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

### Tramo 2, Calle No 2

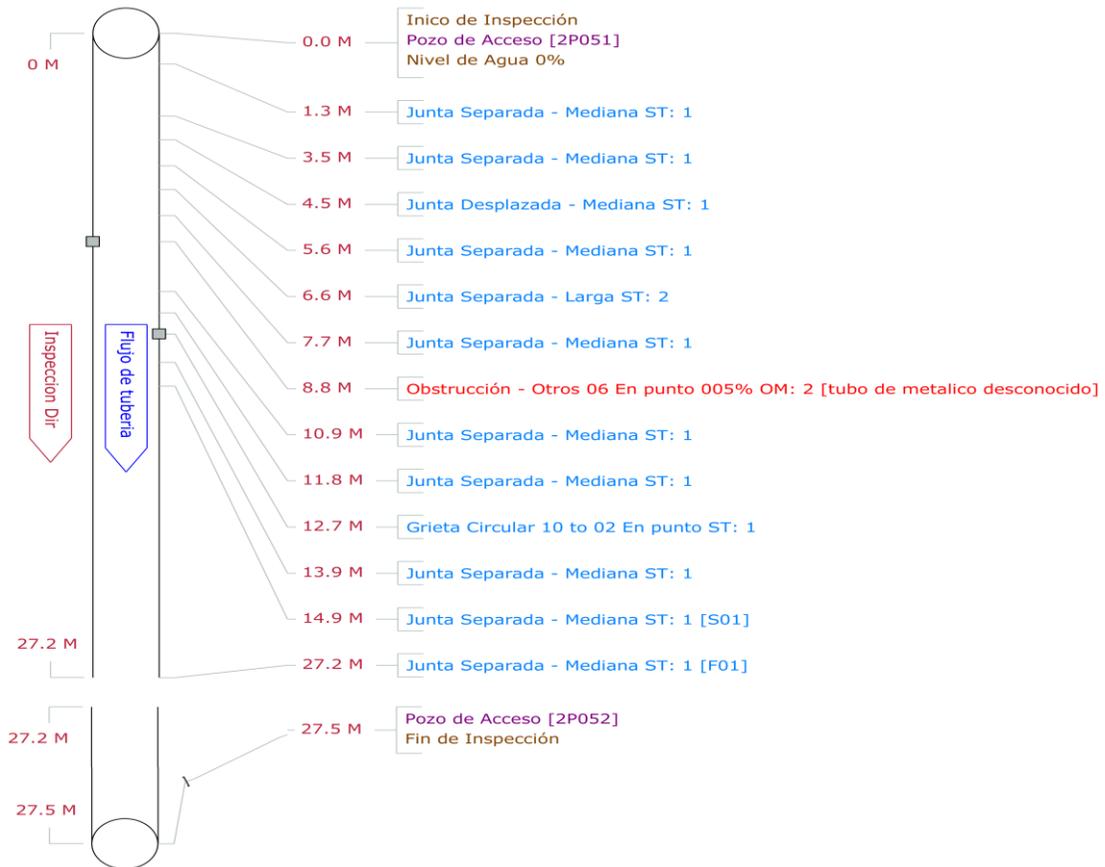
El segundo tramo de la Calle No 2 tiene una tubería de 24 pulgadas de diámetro y una longitud de 28.99 metros (**Ver Tabla 4.20**), el tramo está definido por el pozo inicial 2P051 y finaliza aguas abajo en el pozo 2P052.

La inspección se realizó en sentido aguas abajo desde el pozo 2P051, obteniendo las siguientes observaciones:

**Tabla 4.22** Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 2, Calle No 2. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Conta Video	CD	Código	In1	In2	%	JntDe	Ha	ImRef	Comentarios
0.0		ST Inico de Inspección							
0.0		AMH Pozo de Acceso							2P051
0.0		MWL Nivel de Agua			0				
1.3		JSM Junta Separada - Mediana							
3.5		JSM Junta Separada - Mediana							
4.5		JOM Junta Desplazada - Mediana							
5.6		JSM Junta Separada - Mediana							
6.6		JSL Junta Separada - Larga							
7.7		JSM Junta Separada - Mediana							
8.8		OBZ Obstrucción - Otros			5	06			tubo de metalico desconocido
10.9		JSM Junta Separada - Mediana							
11.8		JSM Junta Separada - Mediana							
12.7		CC Grieta Circular				J	10	02	
13.9		JSM Junta Separada - Mediana							
14.9	S01	JSM Junta Separada - Mediana							
27.2	F01	JSM Junta Separada - Mediana							
27.5		AMH Pozo de Acceso							2P052
27.5		FH Fin de Inspección							

27.5 M Longitud Total Inspección



**Ilustración 4.14** Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 2, Calle No 2. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

### Tramo 3, Calle No 2

El tercer tramo de la Calle No 2 tiene una tubería de 24 pulgadas de diámetro y una longitud de 28.98 metros (**Ver Tabla 4.20**), el tramo está definido por el pozo inicial 2P052 y finaliza aguas abajo en el pozo 2P053. Se inspección en sentido aguas abajo desde el pozo 2P052, obteniendo las siguientes observaciones:

**Tabla 4.23** Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 3, Calle No 2. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Conta Video	CD	Código	In1	In2	%	JntDe	Ha	ImRef	Comentarios
0.0		ST Inico de Inspección							
0.0		AMH Pozo de Acceso							2P052
0.0		MWL Nivel de Agua			0				
0.0		RFC Raíces Finas - Conexión					09		
1.1	S01	JSM Junta Separada - Mediana							
2.1		RFC Raíces Finas - Conexión					02		
11.6		RTC Raíces Pivotantes - Conexión			5		03		
13.5		RFC Raíces Finas - Conexión					03		
15.6		DAR Depósitos Adheridos - Desechos			5		06		
27.0	F01	JSM Junta Separada - Mediana							
27.9		AMH Pozo de Acceso							2P053
27.9		FH Fin de Inspección							

27.9 M Longitud Total Inspección



**Ilustración 4.15** Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 3, Calle No 2. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

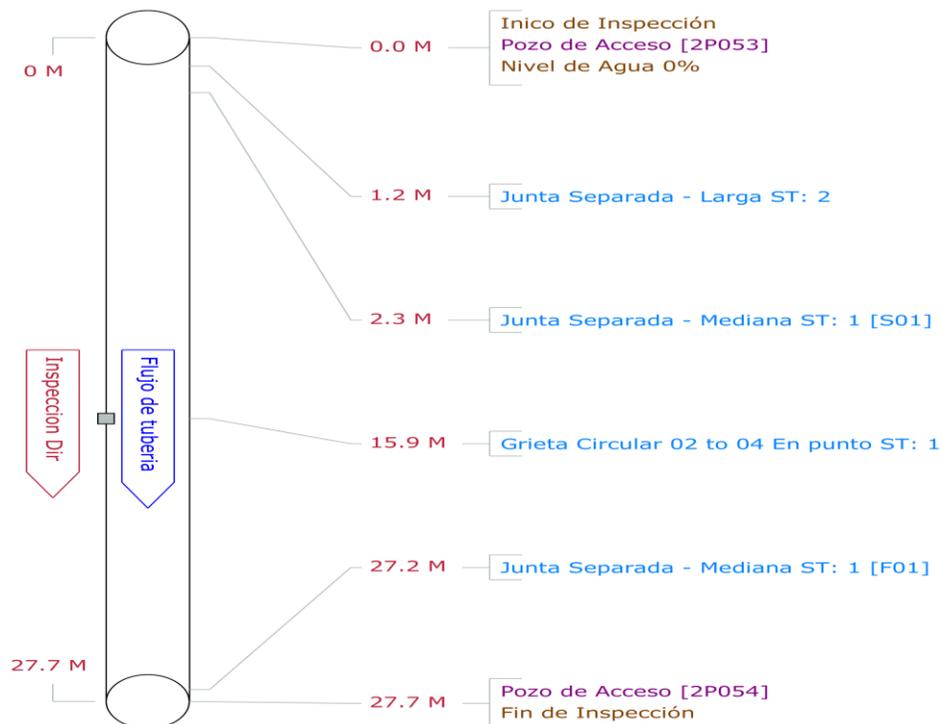
### Tramo 4, Calle No 2

El cuarto tramo de la Calle No 2 tiene una tubería de 24 pulgadas de diámetro y una longitud de 29.01 metros (**Ver Tabla 4.20**), el tramo está definido por el pozo inicial 2P053 y finaliza aguas abajo en el pozo 2P054. Se inspección en sentido aguas abajo desde el pozo 2P053, obteniendo las siguientes observaciones:

**Tabla 4.24** Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 4, Calle No 2. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Conta Video	CD	Código	In1	In2	%	JntDe	Ha	ImRef	Comentarios
0.0		ST Inico de Inspección							
0.0		AMH Pozo de Acceso							2P053
0.0		MWL Nivel de Agua			0				
1.2		JSL Junta Separada - Larga							
2.3	S01	JSM Junta Separada - Mediana							
15.9		CC Grieta Circular					02	04	
27.2	F01	JSM Junta Separada - Mediana							
27.7		AMH Pozo de Acceso							2P054
27.7		FH Fin de Inspección							

27.7 M Longitud Total Inspección



**Ilustración 4.16** Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 4, Calle No 2. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

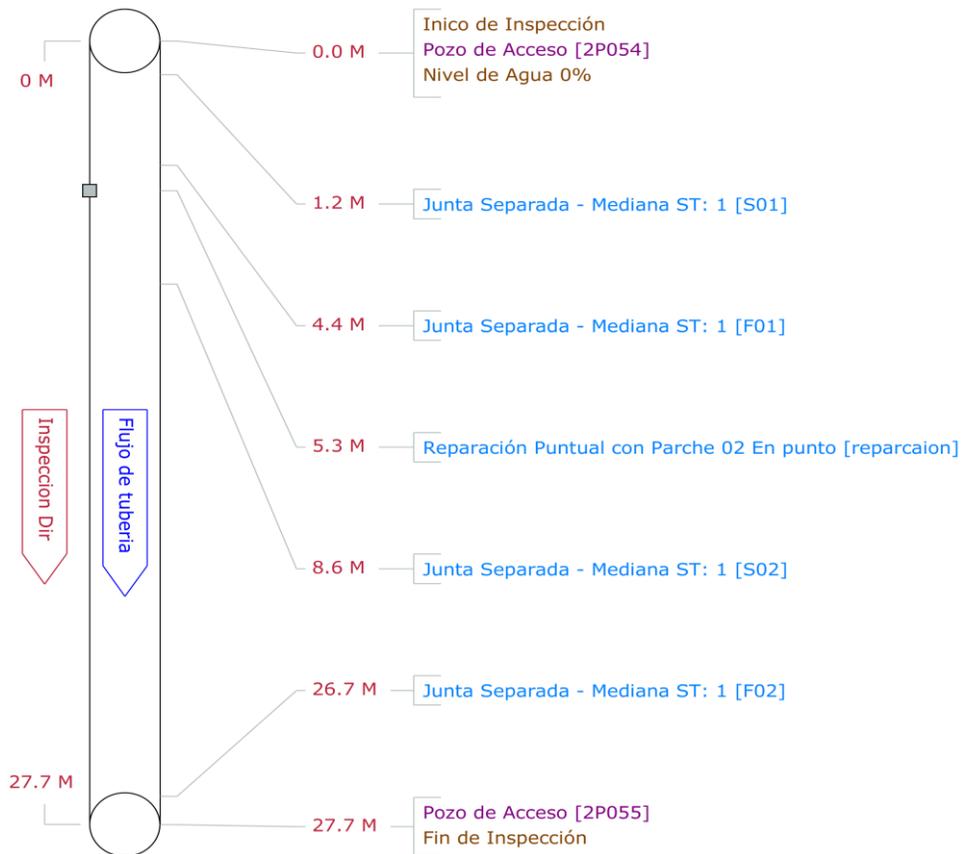
Tramo 5, Calle No 2

El quinto tramo de la Calle No 2 tiene una tubería de 24 pulgadas de diámetro y una longitud de 29.10 metros (**Ver Tabla 4.20**), el tramo está definido por el pozo inicial 2P054 y finaliza aguas abajo en el pozo 2P055. Se inspeccionó en sentido aguas abajo desde el pozo 2P054, obteniendo las siguientes observaciones:

**Tabla 4.25** Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 5, Calle No 2. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Conta Video	CD	Código	In1	In2	%	JntDe	Ha	ImRef	Comentarios
0.0		ST Inicio de Inspección							
0.0		AMH Pozo de Acceso							2P054
0.0		MWL Nivel de Agua			0				
1.2	S01	JSM Junta Separada - Mediana							
4.4	F01	JSM Junta Separada - Mediana							
5.3		RPP Reparación Puntual con Parche					02		reparcaion
8.6	S02	JSM Junta Separada - Mediana							
26.7	F02	JSM Junta Separada - Mediana							
27.7		AMH Pozo de Acceso							2P055
27.7		FH Fin de Inspección							

27.7 M Longitud Total Inspeccionó



**Ilustración 4.17** Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 5, Calle No 2. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

### Tramo 6, Calle No 2

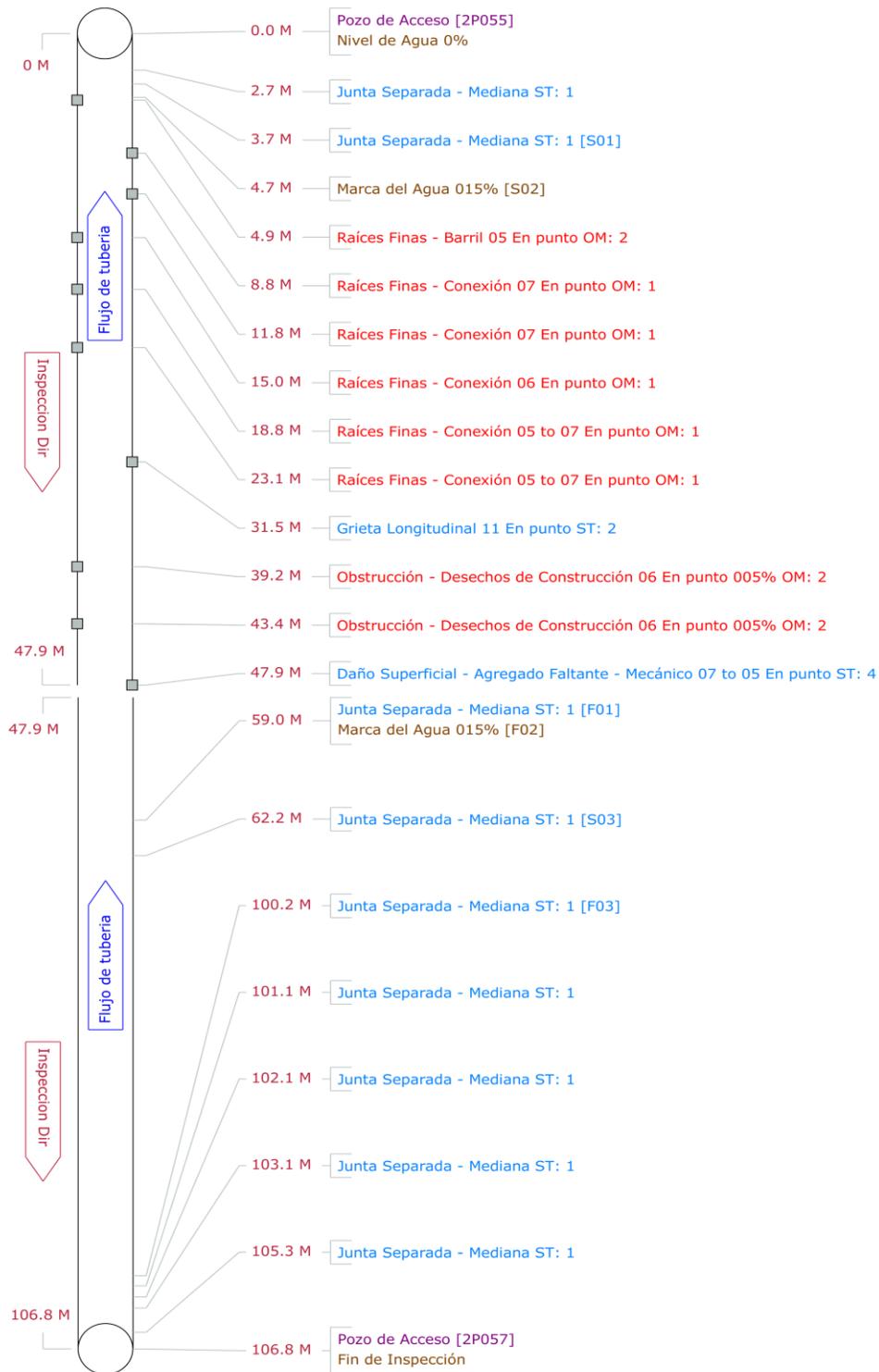
El sexto tramo de la Calle No 2 tiene una tubería de 24 pulgadas de diámetro y una longitud de 109.12 metros (**Ver Tabla 4.20**), el tramo está definido por el pozo inicial 2P055 y finaliza aguas abajo en el pozo 2P057.

La inspección se realizó en sentido aguas arriba desde el pozo 2P057, obteniendo las siguientes observaciones:

**Tabla 4.26** Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 6, Calle No 2. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

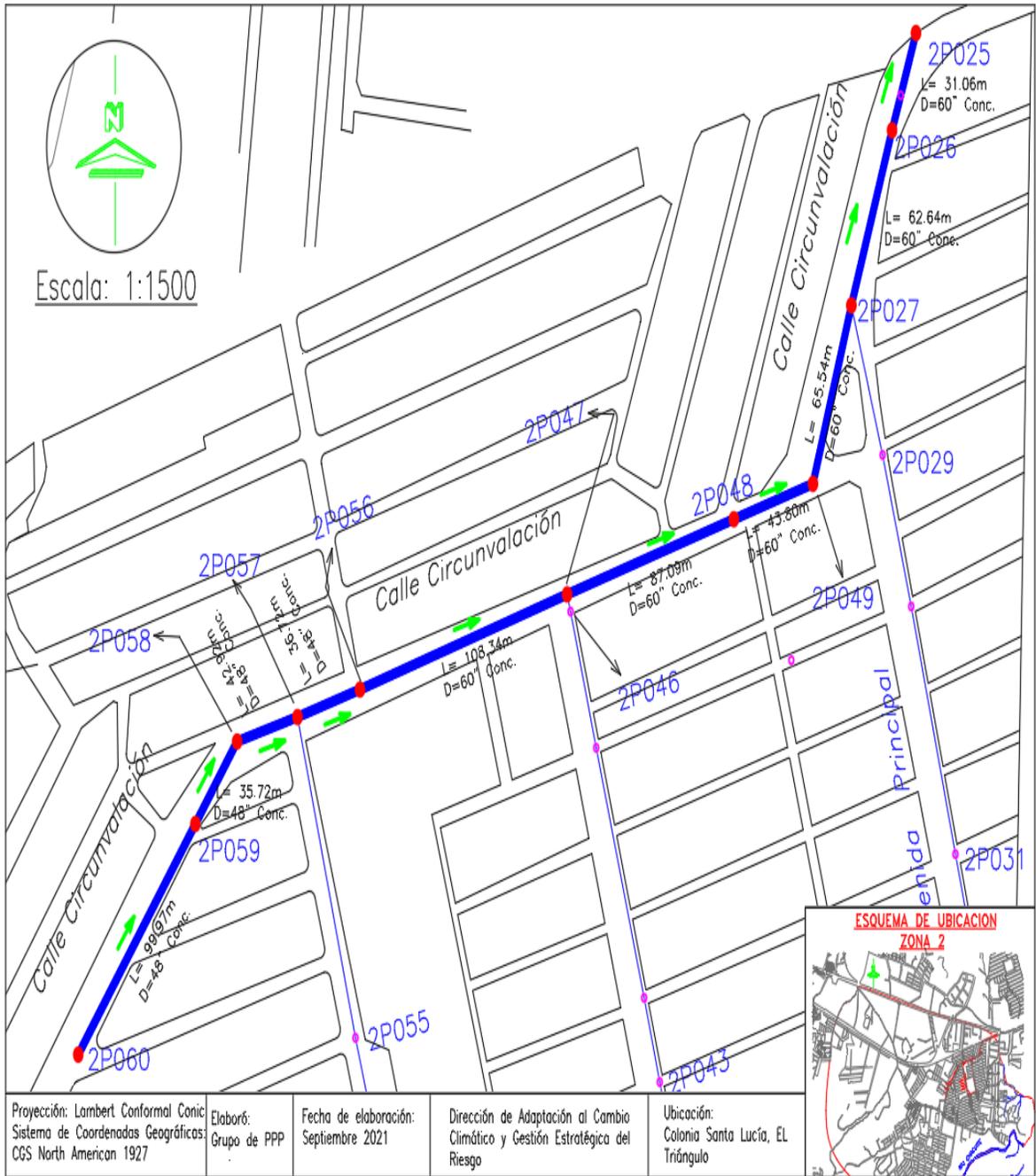
Conta Video	CD	Código	In1	In2	%	Jnt	De	Ha	ImRef	Comentarios
0.0		AMH Pozo de Acceso								2P055
0.0		MWL Nivel de Agua			0					
2.7		JSM Junta Separada - Mediana								
3.7	S01	JSM Junta Separada - Mediana								
4.7	S02	MWM Marca del Agua			15					
4.9		RFB Raíces Finas - Barril						05		
8.8		RFC Raíces Finas - Conexión						07		
11.8		RFC Raíces Finas - Conexión						07		
15.0		RFC Raíces Finas - Conexión						06		
18.8		RFC Raíces Finas - Conexión						05	07	
23.1		RFC Raíces Finas - Conexión						05	07	
31.5		CL Grieta Longitudinal						11		
39.2		OBN Obstrucción - Desechos de Constr			5			06		
43.4		OBN Obstrucción - Desechos de Constr			5			06		
47.9		SAMM Daño Superficial - Agregado Falta						07	05	
59.0	F01	JSM Junta Separada - Mediana								
59.0	F02	MWM Marca del Agua			15					
62.2	S03	JSM Junta Separada - Mediana								
100.2	F03	JSM Junta Separada - Mediana								
101.1		JSM Junta Separada - Mediana								
102.1		JSM Junta Separada - Mediana								
103.1		JSM Junta Separada - Mediana								
105.3		JSM Junta Separada - Mediana								
106.8		AMH Pozo de Acceso								2P057
106.8		FH Fin de Inspección								

106.8 M Longitud Total Inspeccionó



**Ilustración 4.18** Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 6, Calle No 2. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

### CALLE CIRCUNVALACIÓN



**Imagen 4.10** Tramos que componen el drenaje de la Calle Circunvalación de Col. Santa Lucía. Fuente: Elaboración propia.

Se observa en la Imagen 4.10, la Calle Circunvalación que está compuesta por 10 tramos de tubería comprendidos de pozo a pozo, como se muestra en la siguiente tabla resumen:

**Tabla 4.27** Tramos que componen la Calle Circunvalación. Fuente: Elaboración propia.

Calle	Tramo	Pozo Inicial	Pozo Final	Diámetro (plg)	Diámetro (mm)	Longitud (m)	Longitud por calle (m)
Calle Circunvalación	1	2P060	2P059	48	1219.20	99.97	612.81
	2	2P059	2P058	48	1219.20	35.72	
	3	2P058	2P057	48	1219.20	42.92	
	4	2P057	2P056	48	1219.20	36.72	
	5	2P056	2P047	60	1524.00	108.34	
	6	2P047	2P048	60	1524.00	87.90	
	7	2P048	2P049	60	1524.00	43.80	
	8	2P049	2P027	60	1524.00	65.54	
	9	2P027	2P026	60	1524.00	60.10	
	10	2P026	2P025	60	1524.00	31.80	

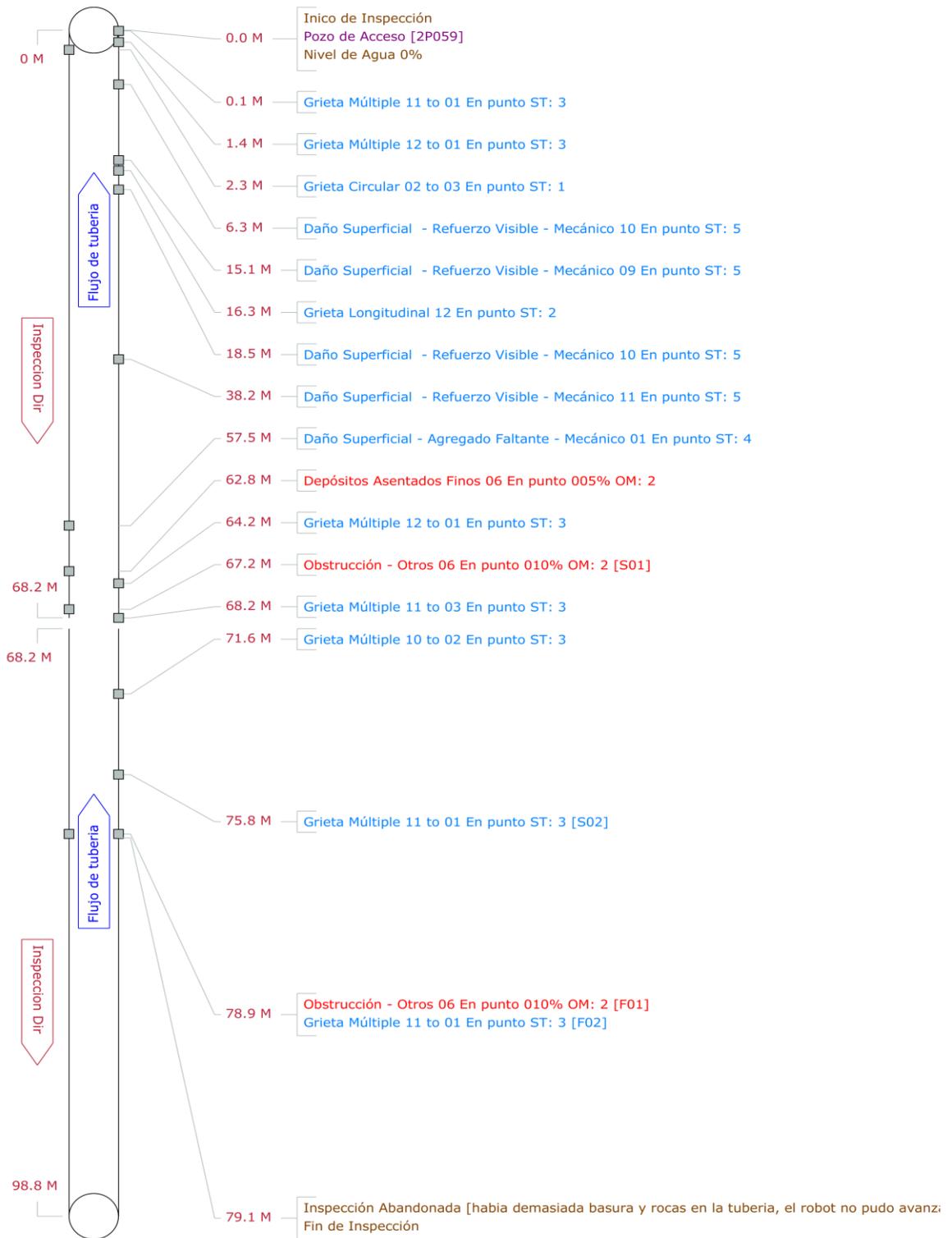
#### Tramo 1, Calle Circunvalación

El primer tramo de la Calle Circunvalación tiene una tubería de 48 pulgadas de diámetro y una longitud de 99.97 metros (**Ver Tabla 4.27**), el tramo está definido por el pozo inicial 2P060 y finaliza aguas abajo en el pozo 2P059. Se inspeccionó aguas arriba desde el pozo 2P059, obteniendo las siguientes observaciones:

**Tabla 4.28** Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 1, Calle Circunvalación. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Conta Video	CD	Código	In1	In2	%	JntDe	Ha	lmRef	Comentarios
0.0		ST Inicio de Inspección							
0.0		AMH Pozo de Acceso							2P059
0.0		MWL Nivel de Agua			0				
0.1		CM Grieta Múltiple					11	01	
1.4		CM Grieta Múltiple					12	01	
2.3		CC Grieta Circular				J	02	03	
6.3		SRVM Daño Superficial - Refuerzo Visibl				J	10		
15.1		SRVM Daño Superficial - Refuerzo Visibl				J	09		
16.3		CL Grieta Longitudinal					12		
18.5		SRVM Daño Superficial - Refuerzo Visibl				J	10		
38.2		SRVM Daño Superficial - Refuerzo Visibl				J	11		
57.5		SAMM Daño Superficial - Agregado Falta				J	01		
62.8		DSF Depósitos Asentados Finos			5		06		
64.2		CM Grieta Múltiple					12	01	
67.2	S01	OBZ Obstrucción - Otros			10		06		
68.2		CM Grieta Múltiple					11	03	
71.6		CM Grieta Múltiple					10	02	
75.8	S02	CM Grieta Múltiple					11	01	
78.9	F01	OBZ Obstrucción - Otros			10		06		
78.9	F02	CM Grieta Múltiple					11	01	
79.1		MSA Inspección Abandonada							había demasiada basura y roca...
79.1		FH Fin de Inspección							

79.1 M Longitud Total Inspeccionó



**Ilustración 4.19** Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 1, Calle Circunvalación.  
Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

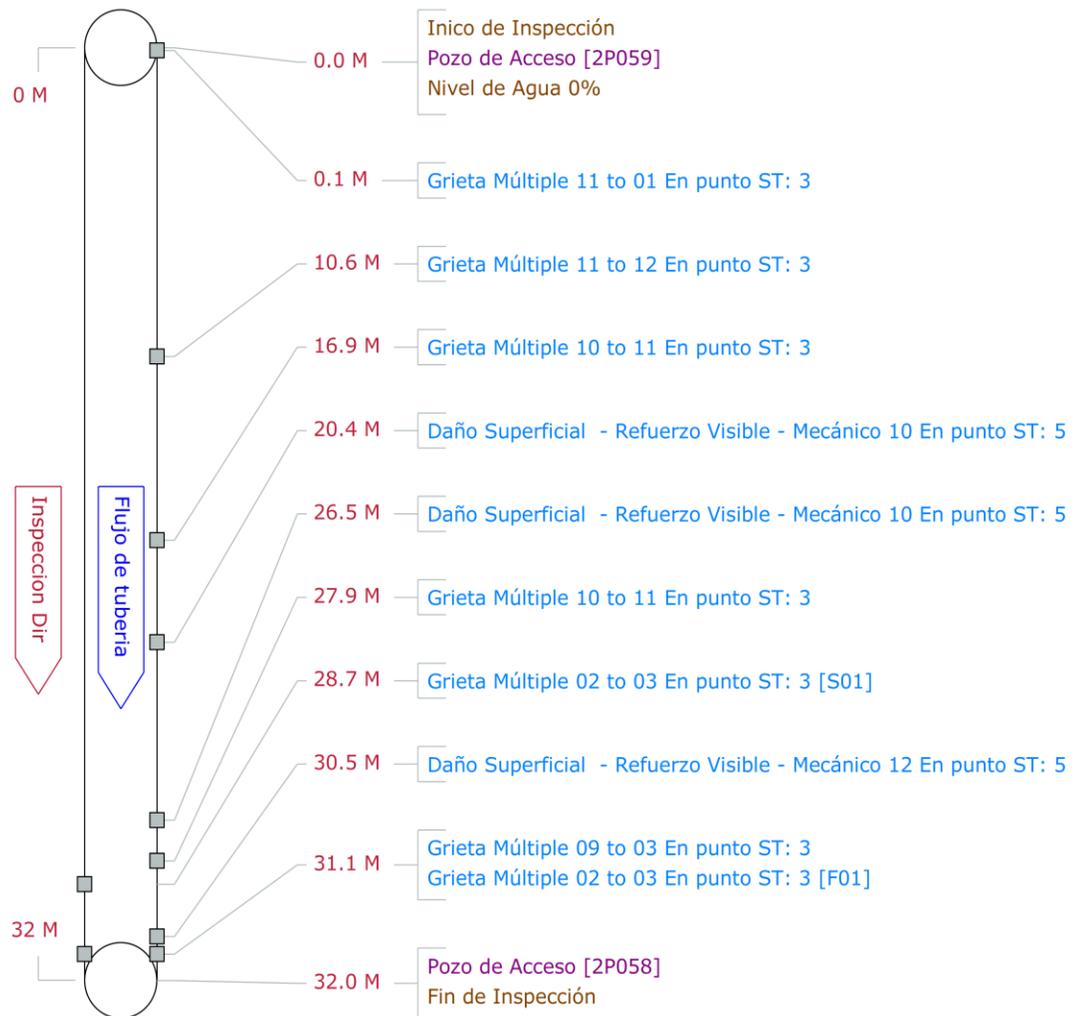
Tramo 2, Calle Circunvalación

El segundo tramo de la Calle Circunvalación tiene una tubería de 48 pulgadas y una longitud de 35.72 metros (**Ver Tabla 4.27**), el tramo está definido por el pozo inicial 2P059 y finaliza aguas abajo en el pozo 2P058. Se inspeccionó en sentido aguas abajo desde el pozo 2P059, obteniendo las siguientes observaciones:

**Tabla 4.29** Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 2, Calle Circunvalación. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Conta Video	CD	Código	In1	In2	%	JntDe	Ha	ImRef	Comentarios
0.0		ST Inico de Inspección							
0.0		AMH Pozo de Acceso							2P059
0.0		MWL Nivel de Agua			0				
0.1		CM Grieta Múltiple					11	01	
10.6		CM Grieta Múltiple					11	12	
16.9		CM Grieta Múltiple					10	11	
20.4		SRVM Daño Superficial - Refuerzo Visibl					10		
26.5		SRVM Daño Superficial - Refuerzo Visibl					10		
27.9		CM Grieta Múltiple					10	11	
28.7	S01	CM Grieta Múltiple					02	03	
30.5		SRVM Daño Superficial - Refuerzo Visibl					12		
31.1		CM Grieta Múltiple					09	03	
31.1	F01	CM Grieta Múltiple					02	03	
32.0		AMH Pozo de Acceso							2P058
32.0		FH Fin de Inspección							

32.0 M Longitud Total Inspeccionó



**Ilustración 4.20** Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 2, Calle Circunvalación.  
Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

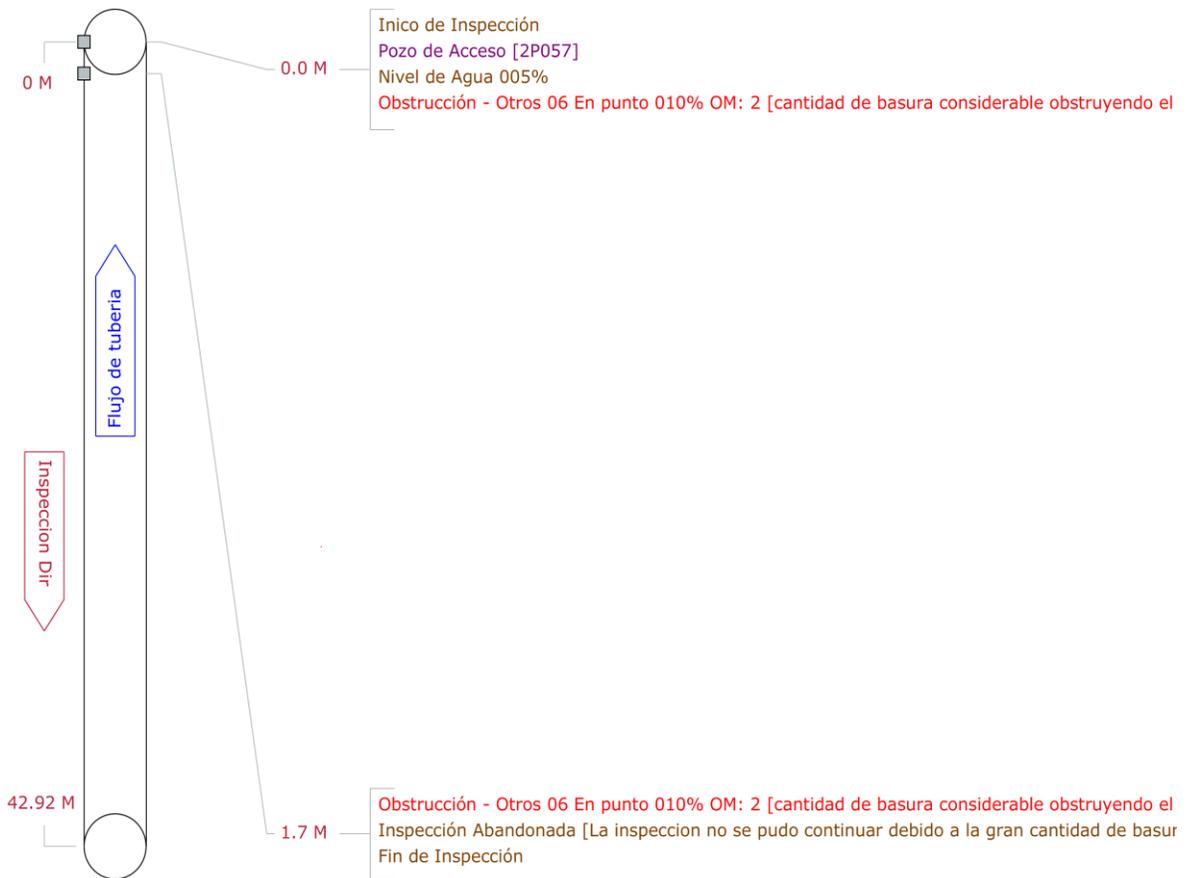
### Tramo 3, Calle Circunvalación

El tercer tramo de la Calle Circunvalación tiene una tubería de 48 pulgadas de diámetro y una longitud de 42.92 metros (**Ver Tabla 4.27**), el tramo está definido por el pozo inicial 2P058 y finaliza aguas abajo en el pozo 2P057 ubicado en la intersección de la Calle N° 2 y la Calle Circunvalación. Se inspeccionó en sentido aguas arriba desde el pozo 2P057, obteniendo las siguientes observaciones:

**Tabla 4.30** Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 3, Calle Circunvalación. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Conta Video	CD	Código	In1	In2	%	JntDe	Ha	ImRef	Comentarios
0.0		ST Inico de Inspección							
0.0		AMH Pozo de Acceso							2P057
0.0		MWL Nivel de Agua			5				
0.0	S01	OBZ Obstrucción - Otros			10	06			cantidad de basura considerab...
1.7	F01	OBZ Obstrucción - Otros			10	06			cantidad de basura considerab...
1.7		MSA Inspección Abandonada							La inspeccion no se pudo cont...
1.7		FH Fin de Inspección							

1.7 M Longitud Total Inspeccionó



**Ilustración 4.21** Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 3, Calle Circunvalación. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

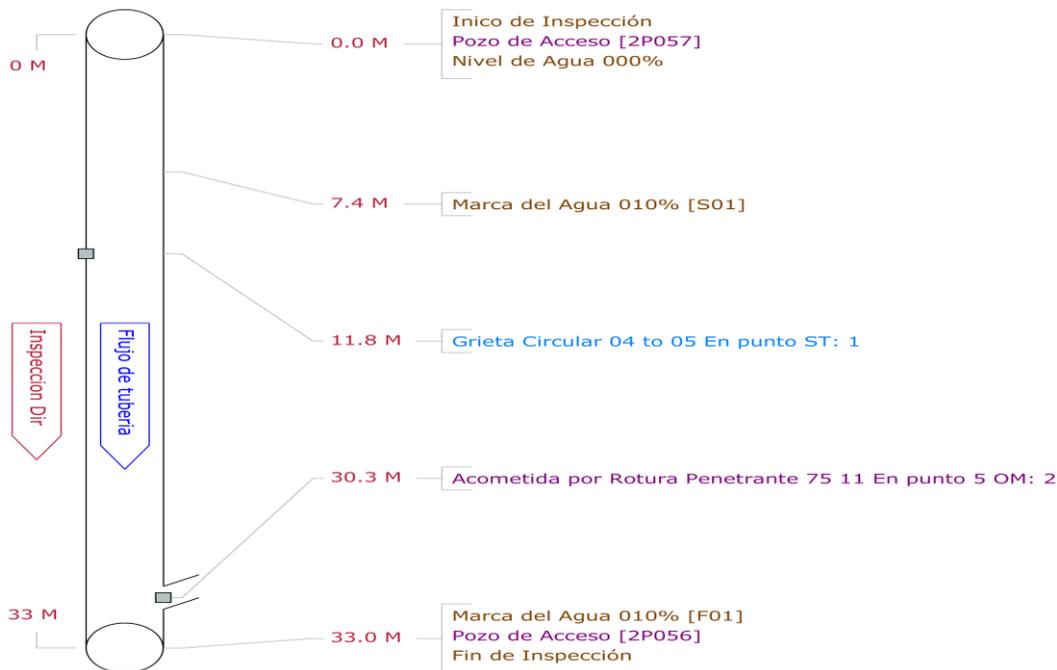
Tramo 4, Calle Circunvalación

El cuarto tramo de la Calle Circunvalación tiene una tubería de 48 pulgadas de diámetro y una longitud de 36.72 metros (**Ver Tabla 4.27**), el tramo está definido por el pozo inicial 2P057 ubicado en la intersección de la Calle No 2 y finaliza aguas abajo en el pozo 2P056. Se inspeccionó en sentido aguas abajo desde el pozo 2P057, obteniendo las siguientes observaciones:

**Tabla 4.31** Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 4, Calle Circunvalación. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Conta Video	CD	Código	In1	In2	%	JntDe	Ha	ImRef	Comentarios
0.0		ST Inico de Inspección							
0.0		AMH Pozo de Acceso							2P057
0.0		MWL Nivel de Agua			0				
7.4	S01	MWM Marca del Agua			10				
11.8		CC Grieta Circular				J	04	05	
30.3		TBI Acometida por Rotura Penetrante	75	5			11		
33.0	F01	MWM Marca del Agua			10				
33.0		AMH Pozo de Acceso							2P056
33.0		FH Fin de Inspección							

33.0 M Longitud Total Inspeccionó



**Ilustración 4.22** Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 4, Calle Circunvalación. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Tramo 5, Calle Circunvalación

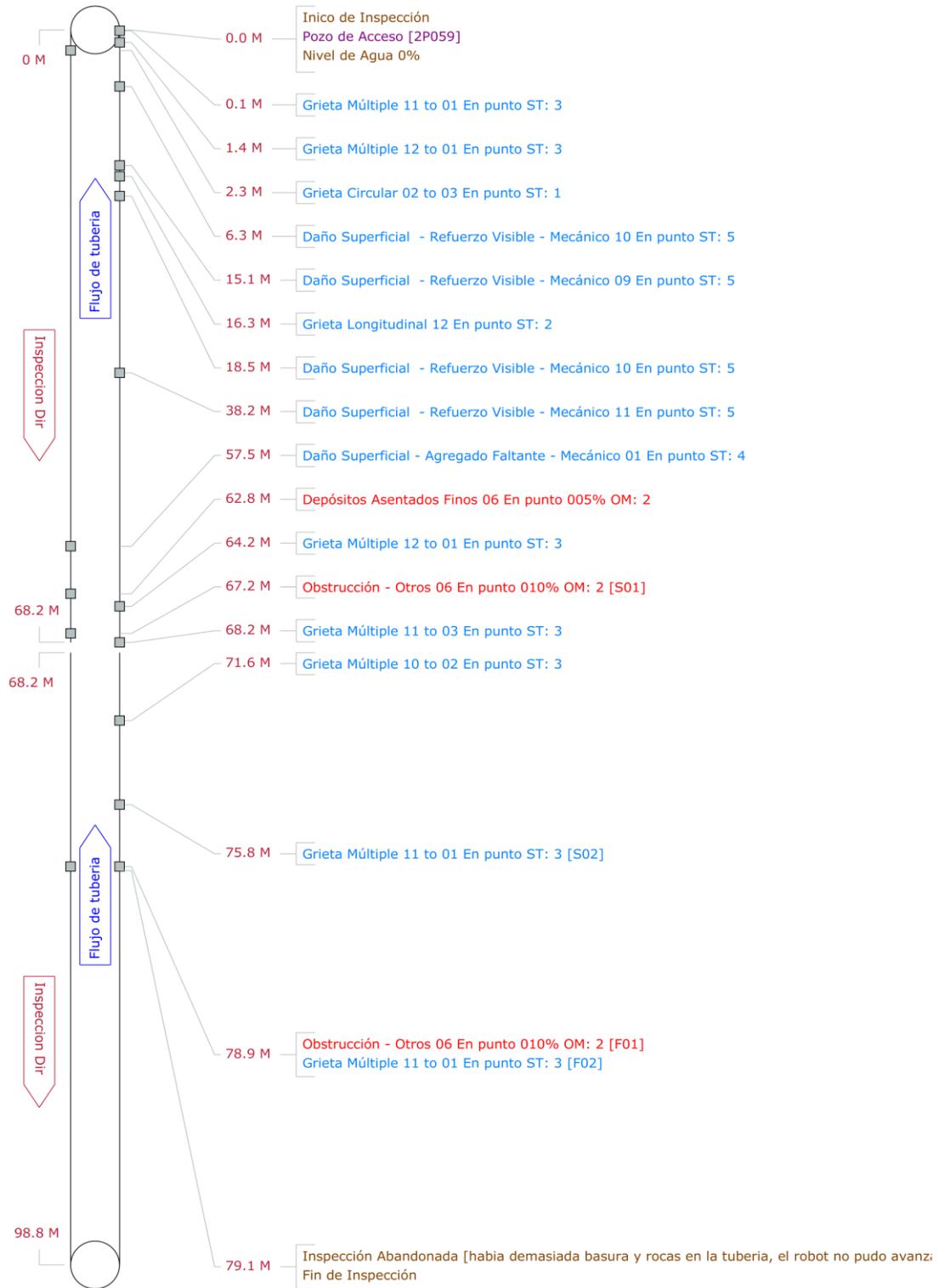
El quinto tramo de la Calle Circunvalación tiene una tubería de 60 pulgadas de diámetro y una longitud de 108.34 metros (**Ver Tabla 4.27**), el tramo está definido por el pozo inicial 2P056 y finaliza aguas abajo en el pozo 2P047 ubicado en la intersección de la Calle No 1 y la Calle Circunvalación.

La inspección se realizó en sentido aguas abajo desde el pozo 2P056, obteniendo las siguientes observaciones:

**Tabla 4.32** Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 5, Calle Circunvalación. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Conta	Video	CD	Código	In1	In2	%	JntDe	Ha	lmRef	Comentarios
0.0			ST Inico de Inspección							
0.0			AMH Pozo de Acceso							2P056
0.0			MWL Nivel de Agua			0				
4.1			CM Grieta Múltiple					10	01	
6.8			CM Grieta Múltiple					11	01	
8.6			CM Grieta Múltiple					11	01	
10.4		S01	CM Grieta Múltiple					11	01	
18.7		F01	CM Grieta Múltiple					11	01	
32.4			RFC Raíces Finas - Conexión					04		
33.8			RFC Raíces Finas - Conexión					04		
36.2			CM Grieta Múltiple					11	01	
38.0			CM Grieta Múltiple					11	01	
39.1			CC Grieta Circular				J	10	01	
45.3		S02	CM Grieta Múltiple					11	01	
48.1		F02	CM Grieta Múltiple					11	01	
48.1			CC Grieta Circular				J	11	01	
50.2			CC Grieta Circular				J	12	02	
61.1		S03	CL Grieta Longitudinal					12		
61.5			SAMM Daño Superficial - Agregado Falta					01		
62.3		F03	CL Grieta Longitudinal					12		
72.0		S04	CL Grieta Longitudinal					11		
74.0		F04	CL Grieta Longitudinal					11		
74.3		S05	CM Grieta Múltiple					11	01	
81.4		F05	CM Grieta Múltiple					11	01	
87.7			CM Grieta Múltiple					11	12	
97.2			FL Fractura Longitudinal					12		
104.1			AMH Pozo de Acceso							2P047
104.1			FH Fin de Inspección							

104.1 M Longitud Total Inspeccionó



**Ilustración 4.23** Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 5, Calle Circunvalación.  
Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

**Tramo 6, Calle Circunvalación**

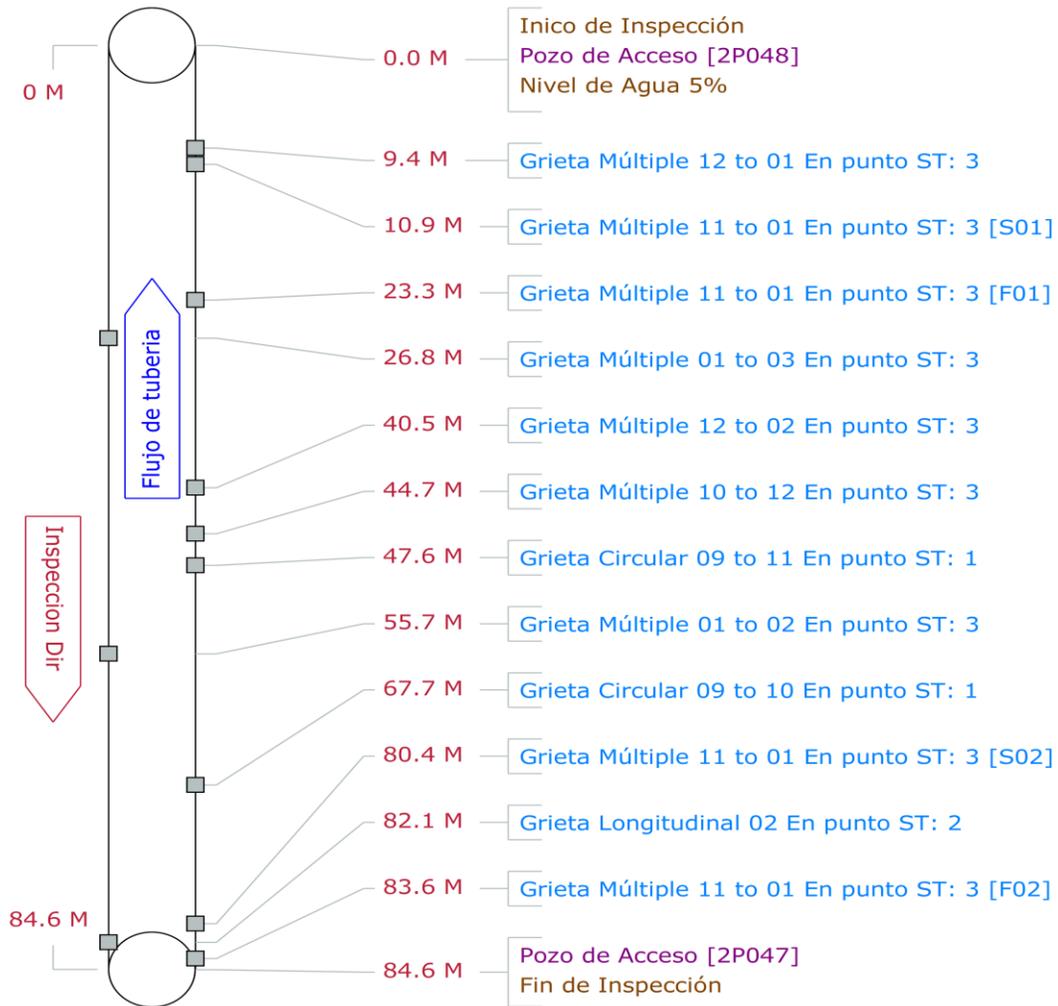
El sexto tramo de la Calle Circunvalación tiene una tubería de 60 pulgadas de diámetro y una longitud de 87.90 metros (Ver Tabla 4.27), el tramo está definido por el pozo inicial 2P047 ubicado en la intersección de la Calle No 1 y la Calle Circunvalación y finaliza aguas abajo en el pozo 2P048.

La inspección se realizó en sentido aguas arriba desde el pozo 2P048, obteniendo las siguientes observaciones:

**Tabla 4.33** Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 6, Calle Circunvalación. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Conta Video	CD	Código	In1	In2	%	JntDe	Ha	lmRef	Comentarios
0.0		ST Inico de Inspección							
0.0		AMH Pozo de Acceso							2P048
0.0		MWL Nivel de Agua			5				
9.4		CM Grieta Múltiple					12	01	
10.9	S01	CM Grieta Múltiple					11	01	
23.3	F01	CM Grieta Múltiple					11	01	
26.8		CM Grieta Múltiple					01	03	
40.5		CM Grieta Múltiple					12	02	
44.7		CM Grieta Múltiple				J	10	12	
47.6		CC Grieta Circular				J	09	11	
55.7		CM Grieta Múltiple				J	01	02	
67.7		CC Grieta Circular				J	09	10	
80.4	S02	CM Grieta Múltiple					11	01	
82.1		CL Grieta Longitudinal				J	02		
83.6	F02	CM Grieta Múltiple					11	01	
84.6		AMH Pozo de Acceso							2P047
84.6		FH Fin de Inspección							

84.6 M Longitud Total Inspeccionó



**Ilustración 4.24** Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 6, Calle Circunvalación.  
Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

### Tramo 7, Calle Circunvalación

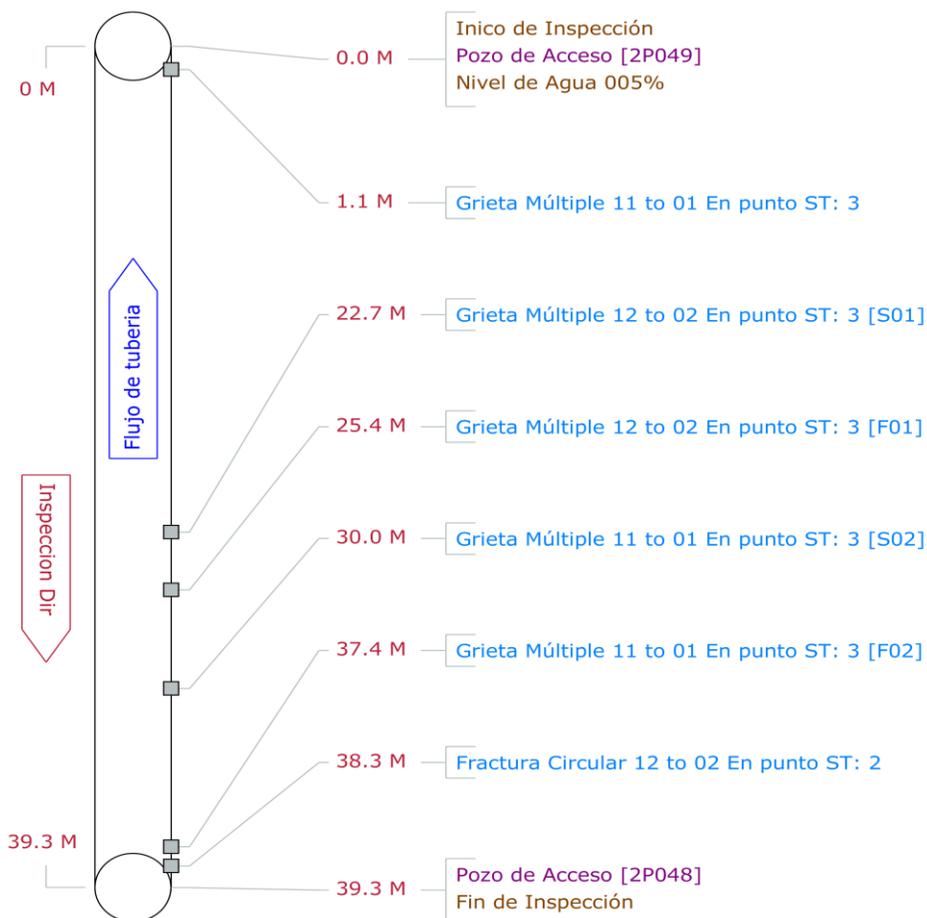
El séptimo tramo de la Calle Circunvalación tiene una tubería de 60 pulgadas de diámetro y una longitud de 43.80 metros (**Ver Tabla 4.27**), el tramo está definido por el pozo inicial 2P048 y finaliza aguas abajo en el pozo 2P049.

La inspección se realizó en sentido aguas arriba desde el pozo 2P049, obteniendo las siguientes observaciones:

**Tabla 4.34** Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 7, Calle Circunvalación. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Conta Video	CD	Código	In1	In2	%	JntDe	Ha	ImRef	Comentarios
0.0		ST Inico de Inspección							
0.0		AMH Pozo de Acceso							2P049
0.0		MWL Nivel de Agua			5				
1.1		CM Grieta Múltiple					11	01	
22.7	S01	CM Grieta Múltiple					12	02	
25.4	F01	CM Grieta Múltiple					12	02	
30.0	S02	CM Grieta Múltiple					11	01	
37.4	F02	CM Grieta Múltiple					11	01	
38.3		FC Fractura Circular				J	12	02	
39.3		AMH Pozo de Acceso							2P048
39.3		FH Fin de Inspección							

39.3 M Longitud Total Inspección



**Ilustración 4.25** Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 7, Calle Circunvalación. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Tramo 8, Calle Circunvalación

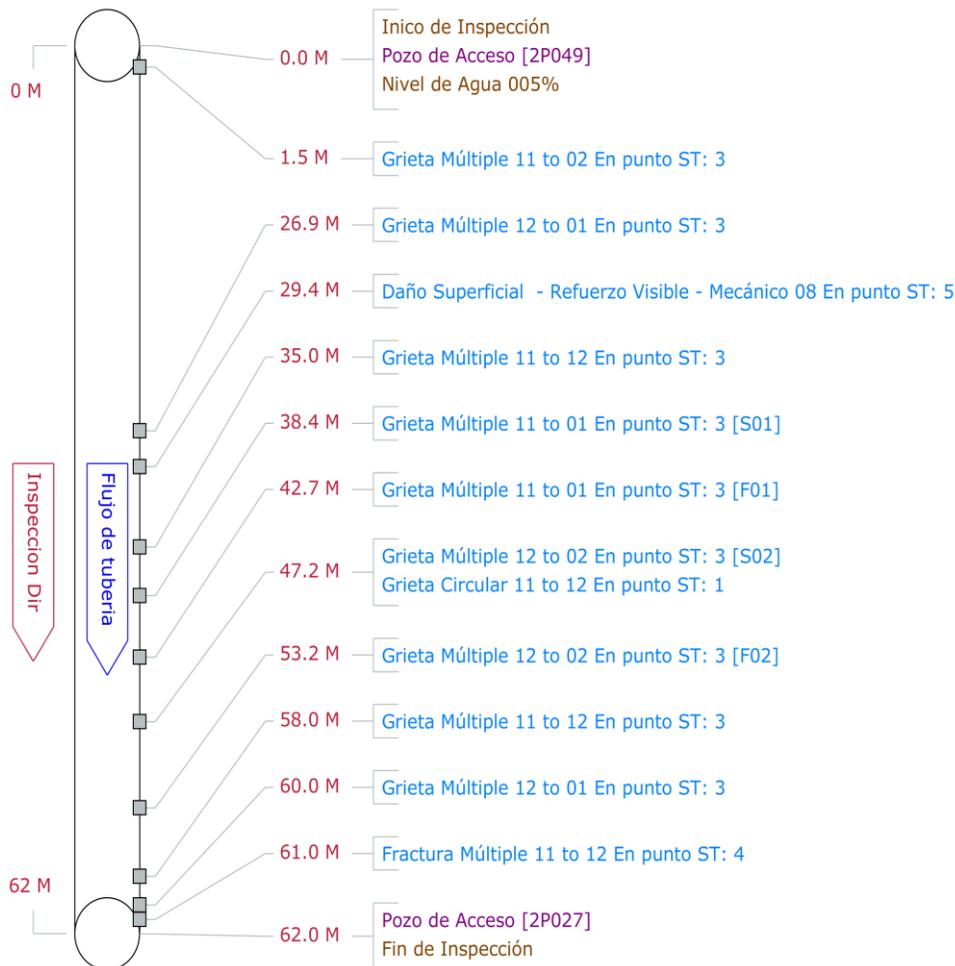
El octavo tramo de la Calle Circunvalación tiene una tubería de 60 pulgadas de diámetro y una longitud de 65.54 metros (**Ver Tabla 4.27**), el tramo está definido por el pozo inicial 2P049 y finaliza aguas abajo en el pozo 2P027.

La inspección se realizó en sentido aguas abajo desde el pozo 2P049, obteniendo las siguientes observaciones:

**Tabla 4.35** Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 8, Calle Circunvalación. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Conta Video	CD	Código	In1	In2	%	JntDe	Ha	ImRef	Comentarios
0.0		ST Inico de Inspección							
0.0		AMH Pozo de Acceso							2P049
0.0		MWL Nivel de Agua			5				
1.5		CM Grieta Múltiple				11	02		
26.9		CM Grieta Múltiple				12	01		
29.4		SRVM Daño Superficial - Refuerzo Visibl				08			
35.0		CM Grieta Múltiple				11	12		
38.4	S01	CM Grieta Múltiple				11	01		
42.7	F01	CM Grieta Múltiple				11	01		
47.2	S02	CM Grieta Múltiple				12	02		
47.2		CC Grieta Circular				11	12		
53.2	F02	CM Grieta Múltiple				12	02		
58.0		CM Grieta Múltiple				11	12		
60.0		CM Grieta Múltiple				12	01		
61.0		FM Fractura Múltiple				11	12		
62.0		AMH Pozo de Acceso							2P027
62.0		FH Fin de Inspección							

62.0 M Longitud Total Inspeccionó



**Ilustración 4.26** Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 8, Calle Circunvalación.  
Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

### Tramo 9, Calle Circunvalación

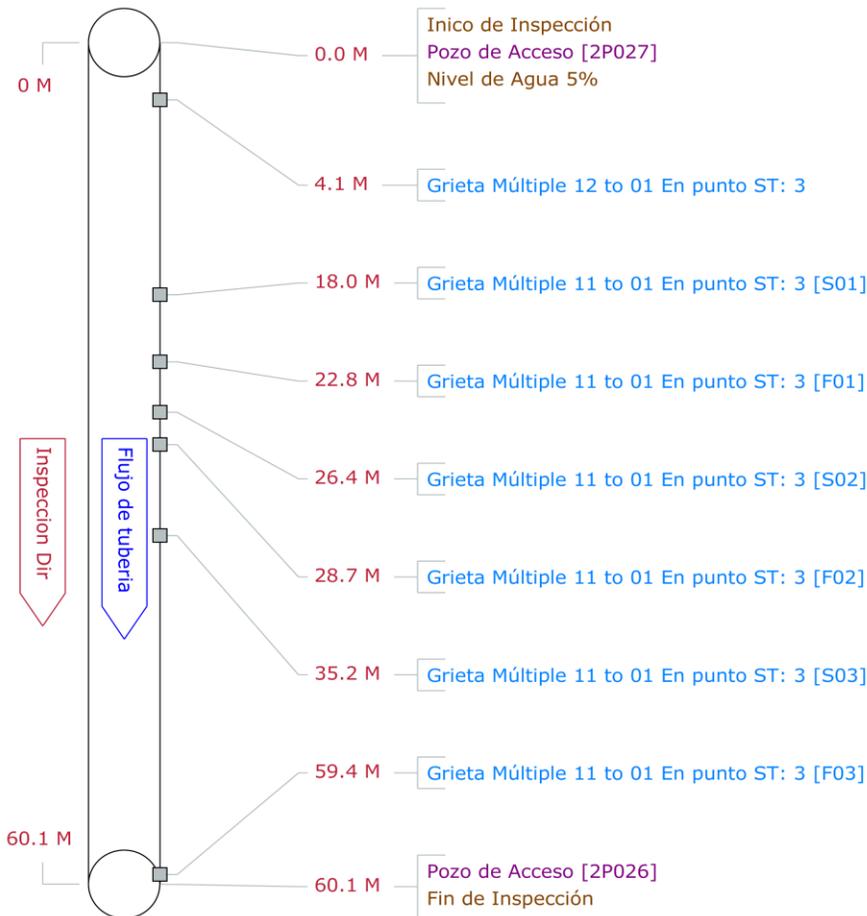
El noveno tramo de la Calle Circunvalación tiene una tubería de 60 pulgadas de diámetro y una longitud de 60.10 metros (**Ver Tabla 4.27**), el tramo está definido por el pozo inicial 2P027 y finaliza aguas abajo en el pozo 2P026.

La inspección se realizó en sentido aguas abajo desde el pozo 2P027, obteniendo las siguientes observaciones:

**Tabla 4.36** Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 9, Calle Circunvalación. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Conta Video	CD	Código	In1	In2	%	JntDe	Ha	ImRef	Comentarios
0.0		ST Inicio de Inspección							
0.0		AMH Pozo de Acceso							2P027
0.0		MWL Nivel de Agua			5				
4.1		CM Grieta Múltiple				12	01		
18.0	S01	CM Grieta Múltiple				11	01		
22.8	F01	CM Grieta Múltiple				11	01		
26.4	S02	CM Grieta Múltiple				11	01		
28.7	F02	CM Grieta Múltiple				11	01		
35.2	S03	CM Grieta Múltiple				11	01		
59.4	F03	CM Grieta Múltiple				11	01		
60.1		AMH Pozo de Acceso							2P026
60.1		FH Fin de Inspección							

60.1 M Longitud Total Inspección



**Ilustración 4.27** Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 9, Calle Circunvalación. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Tramo 10, Calle Circunvalación

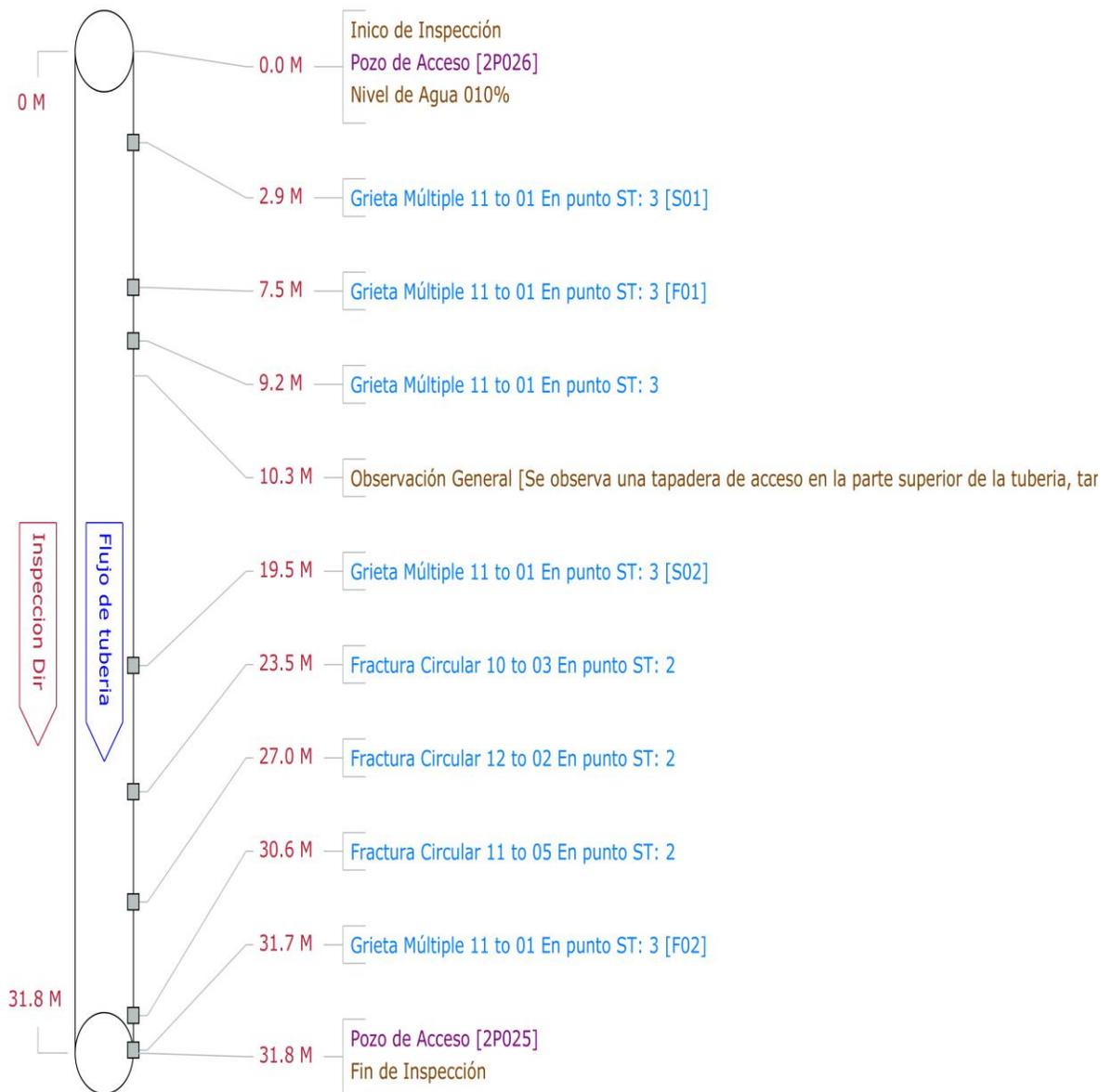
El décimo tramo de la Calle Circunvalación tiene una tubería de 60 pulgadas de diámetro y una longitud de 31.80 metros (**Ver Tabla 4.27**), el tramo está definido por el pozo inicial 2P026 y finaliza aguas abajo en el pozo 2P025.

La inspección se realizó en sentido aguas abajo desde el pozo 2P026, obteniendo las siguientes observaciones:

**Tabla 4.37** Registro y códigos de las fallas encontradas en el tramo 10, Calle Circunvalación. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Conta Video	CD	Código	In1	In2	%	JntDe	Ha	ImRef	Comentarios
0.0		ST Inico de Inspección							
0.0		AMH Pozo de Acceso							2P026
0.0		MWL Nivel de Agua			10				
2.9	S01	CM Grieta Múltiple					11	01	
7.5	F01	CM Grieta Múltiple					11	01	
9.2		CM Grieta Múltiple					11	01	
10.3		MGO Observación General							Se observa una tapadera de ac...
19.5	S02	CM Grieta Múltiple					11	01	
23.5		FC Fractura Circular				J	10	03	
27.0		FC Fractura Circular				J	12	02	
30.6		FC Fractura Circular				J	11	05	
31.7	F02	CM Grieta Múltiple					11	01	
31.8		AMH Pozo de Acceso							2P025
31.8		FH Fin de Inspección							

31.8 M Longitud Total Inspeccionó



**Ilustración 4.28** Presentación esquemática de las fallas encontradas en el tramo 10, Calle Circunvalación.  
Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Para realizar el análisis de los resultados, se utilizaron los datos de caracterización PACP obtenidos del programa Pipelogix y se analizaron como se explica en la normativa: PROGRAMA DE CERTIFICACIÓN PARA LA EVALUCIÓN DE TUBERÍAS (PACP POR SUS SIGLAS EN INGLES), en la **Tabla 4.38** se presenta un resumen de todos los datos obtenidos.

Basados en el alcance de la investigación y por efectos de practicidad, se decidió adoptar un análisis generalizado por línea de conducción que estará definido por la calle como unidad de referencia, por lo tanto, en la información procesada se detallarán las generalidades por calle y se profundizará en los tramos de tuberías que presentan defectos **Estructurales** cuya naturaleza requiera más atención.

### DIAGNÓSTICO DE CALLE N°1 Y CALLE N°5.

En la **condición estructural** esta línea que consta de 161 m de longitud con un diámetro 36 pulgadas y un tramo final de 51m de longitud con un diámetro de 48 pulgadas, presentó en términos generales una cantidad repetitiva de grietas longitudinales, circulares y múltiples que no presentan riesgo a corto plazo para el sistema, mientras las condiciones actuales no cambien de forma extraordinaria, el otro defecto recurrente es la presencia de la falla denominada refuerzo superficial visible, la cual se presenta de forma puntual con presencia de óxido en el material (**Ver Imagen 4.11**), pero sin presentar hinchamiento y descascaramiento del recubrimiento de la tubería, aunque esta falla es un

indicador de daño grave de acuerdo a la puntuación PACP (**Ver Tabla 4.38**), Por lo tanto, de acuerdo a las condiciones de uso, al estado actual de la tubería y a la experiencia del funcionamiento del sistema de drenaje, se expresa que este defecto no presenta un riesgo a corto plazo de producir daños estructurales severos, ya que los daños se generan de manera puntual a lo largo del tramo, pero cabe indicar que también es evidente el desgaste mecánico generado por la abrasión del arrastre de los sólidos.



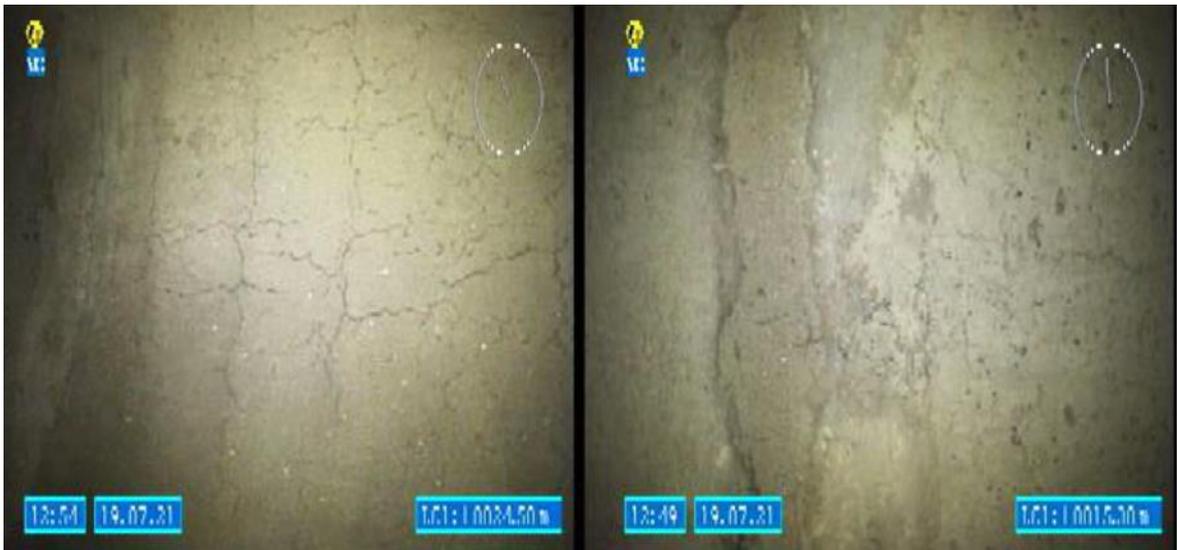
**Imagen 4.11** Ejemplos de Refuerzo superficial visible encontrado en tuberías de Calle No 1. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Además, se debe prestar atención al tramo que está comprendido entre el pozo 2P045 y 2P046 ubicado al final de la calle aguas abajo ya que al observar la puntuación PACP (ver **Tabla 4.38**), esta nos indica que en ese tramo hay una considerable cantidad de defectos con una severidad intermedia, por lo tanto, en comparación con los otros tramos, este requiere más atención al momento de planificar una intervención

**Tabla 4.38** Resumen de las calificaciones de cada uno de los tramos de la red de drenaje. Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos por medio de Software Pipelogix.

Calle	Tramo	Pozo Inicial	Pozo Final	Valoración Rápida			Calificación de Tuberías			Índice de calificación de la tubería	
				Estructural	O y M	Global	Estructural	O y M	Global	Estructural	O y M
Calle N°5	1	2P410	2P041	2100	2300	2400	2	6	8	2.0	2.0
Calle N°1	2	2P041	2P042	5541	1200	5541	34	2	36	4.3	1.0
	3	2P042	2P043	5431	2100	5431	29	2	31	3.2	2.0
	4	2P043	2P044	2315	0000	2315	11	0	11	1.4	0.0
	5	2P044	2P045	5322	0000	5322	22	0	22	2.8	0.0
	6	2P045	2P046	3C21	0000	3C21	71	0	71	2.7	0.0
	7	2P046	2P047	3100	0000	3100	3	0	3	3.0	0.0
Calle Principal	8	2P033	2P032	5141	2100	5141	11	2	13	3.7	2.0
	9	2P032	2P031	5641	2100	5641	34	2	36	4.9	2.0
	10	2P031	2P030	4200	0000	4200	8	0	8	4.0	0.0
	11	2P030	2P029	3300	2200	3322	9	4	13	3.0	2.0
	12	2P029	2P027	5121	2200	5123	8	4	12	2.7	2.0
Calle N°2	13	2P050	2P051	1800	2100	2118	8	2	10	1.0	2.0
	14	2P051	2P052	211B	2100	221B	19	2	21	1.1	2.0
	15	2P052	2P053	1B00	2213	221C	17	7	24	1.0	1.4
	16	2P053	2P054	211B	0000	211B	20	0	20	1.1	0.0
	17	2P054	2P055	1A00	0000	1A00	14	0	14	0.9	0.0
	18	2P055	2P057	4121	2315	4124	73	11	84	1.1	0.3
Calle Circunvalación	19	2P060	2P059	5441	2900	5441	48	18	66	3.4	2.0
	20	2P059	2P058	5337	0000	5337	36	0	36	3.6	0.0
	21	2P058	2P057	0000	2200	2200	0	4	4	0.0	2.0
	22	2P057	2P056	1100	2100	2111	1	2	3	1.0	0.1
	23	2P056	2P047	413C	1200	413C	75	2	77	2.7	1.0
	24	2P047	2P048	3B21	0000	3B21	52	0	52	2.7	0.0
	25	2P048	2P049	3821	0000	3821	26	0	26	3.9	0.0
	26	2P049	2P027	5141	0000	5141	46	0	46	3.1	0.0
	27	2P027	2P026	3C00	0000	3C00	69	0	69	3.0	0.0
	28	2P026	2P025	3A23	0000	3A23	42	0	42	2.8	0.0

En el cambio de diámetro y pasa de 36 a 48 pulgadas por un tramo de 47m de longitud, es donde se encontró que las grietas múltiples se encuentran presentes en todo el recorrido de forma continua ubicadas normalmente en el sentido horario de 9 a 3 siguiendo el sentido de las manecillas del reloj, señal de fatiga en la parte superior de la tubería, lo cual sumado a las cargas y vibraciones transferidas por el suelo y a la carga hidráulica que circula por esta tubería la vuelve un potencial elemento a degradarse de corto a mediano plazo (**Ver Imagen 4.12**).



**Imagen 4.12** Ejemplo de Grietas múltiples encontradas encontrada al final del tramo de Calle n°1. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Respecto a la Calle No 5, esta calle descarga en el pozo 2P041 que es el inicio de la línea de drenaje de la Calle No 1, en la Calle No 5 solamente fue sometido a estudio un tramo de 130 metros de longitud ya que los demás tramos eran de un diámetro de 18 pulgadas, por lo que no se vio necesario inspeccionarlos

debido a que el diámetro mínimo delimitado en los alcances de esta inspección es de 30 pulgadas, en el tramo sometido a estudio no se observaron detalles de gran riesgo a corto plazo, además nos damos cuenta que a excepción de grietas con un nivel de severidad de mínimo a moderado, este tramo de la tubería de concreto presenta un desgaste de la superficie de recubrimiento por todo el cuerpo de la tubería (**Ver Imagen 4.13**), desgaste que se ha generado por causa de un efecto mecánico ocasionado posiblemente por la escorrentía durante los eventos lluviosos.



**Imagen 4.13** Evidencia de desgaste en la superficie de la tubería. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

#### DIAGNÓSTICO DE CALLE PRINCIPAL.

La **condición estructural** de esta línea, que tiene 307 m de longitud y un diámetro constante de 36 pulgadas, solo muestra defectos puntuales que no representa un peligro a corto plazo para la infraestructura de la tubería como se muestra a continuación, en los tramos comprendidos entre los pozos [2P029 -

2P027] y [2P029 - 2P030] se pueden observar grietas circulares, longitudinales y múltiples que según norma PACP están catalogados como defectos de mínimo a moderado, mientras que en los tramos siguientes [2P031 - 2P032] y [2P032 - 2P033] se encontraron fallas de refuerzo superficial visible cuyo grado de severidad es muy significativo según norma PACP, pero en las condiciones en las que se encontró in situ no representa ningún **riesgo de colapso** a corto plazo para el tramo de tubería (**Ver Imagen 4.14**), en este mismo tramo también se encontró una grieta en espiral como un defecto puntual el cual es un defecto de severidad de mínimo a moderado.



**Imagen 4.14** Defecto Refuerzo superficial visible encontrado en tuberías de Calle Principal. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

En cuanto a los defectos de Operación y Mantenimiento (O & M) se pudo observar un tramo limpio sin obstrucciones en condiciones **óptimas de operabilidad**. (**Ver Imagen 4.15**).



**Imagen 4.15** Foto retomada para ejemplificar estado de Operación y Mantenimiento de Calle Principal.  
Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

### DIAGNÓSTICO DE CALLE N°2

Esta línea de conducción cumple la función de ser un ramal secundario que descarga en la Calle Circunvalación, tiene 254 m de longitud y un diámetro constante de 24 pulgadas que se incluyó por ser una excepción, debido a que es un ramal que sirve de conducción a la Calle Circunvalación y los caudales aportados son significativos. El defecto más recurrente en toda la línea de conducción es la separación de las juntas que según la calificación PACP es considerado un defecto estructural con un riesgo mínimo para la tubería, además en estas mismas juntas separadas hay falta de mortero para sellar las conexiones entre los tramos, lo que puede ser un problema a largo plazo, ya que se puede generar filtración de material fino del suelo que se encuentra alrededor de la tubería a través de estas juntas, lo que puede generar vacíos alrededor de la tubería produciendo en el futuro socavación en la calle, además se encontró la intrusión

de raíces de diferentes tamaños en la tubería lo que termina comprometiendo la hermeticidad ya que la mayoría de éstas entraron por la separación en las juntas, lo cual a largo plazo puede llevar a problemas más grandes en la tubería, produciendo agrietamientos que partan de los puntos por donde ingresan las raíces, también producto de las raíces puede generarse en la tubería deformaciones o incluso huecos de tamaño considerable, según norma PACP.



**Imagen 4.16** Juntas separadas encontradas en la Calle N°2. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

En cuanto a Operación y Mantenimiento se tiene que el principio del tramo, el pozo 2P050 no tenía tapadera, por lo que en algunos tramos se encontró algunas obstrucciones como ramas, rocas, objetos metálicos y basura acumulada o

retenida, que se presume ingreso a la red por medio de ese mismo pozo ya sea por el arrastre de la escorrentía o por medio de personas que la hayan depositado en el pozo, aunque de forma general las obstrucciones no representan una reducción significativa de la capacidad hidráulica que posee la tubería de esta calle.



**Imagen 4.17** Raíces encontradas en las tuberías de la Calle No 2. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

### DIAGNÓSTICO DE CALLE CIRCUNVALACIÓN

En la Calle Circunvalación se encuentra línea de drenaje más importante de la red, que compone la zona del proyecto, ya que sobre esta descargan las tuberías de drenaje de la Calle No 1, Calle No 2 y Calle Principal. Esta tubería tiene una

longitud de 613 metros dividida en 10 tramos, 4 con un diámetro de 48 pulgadas y 6 de 60 pulgadas. Al observar la **Tabla 4.38** nos damos cuenta que de toda la red la Calle Circunvalación es la que más detalles estructurales acumula, hay categorizaciones de tramos con calificación PACP de defecto significativo y esto es debido a que en estos tramos hay defectos puntuales en los cuales el refuerzo de la tubería de concreto puede visualizarse, aunque esto se da de manera muy puntual en 3 tramos, también hay que destacar que el defecto más evidente que se puede apreciar en la mayoría de las tuberías es la gran cantidad de grietas de tipo circular, longitudinal y múltiples, siendo las múltiples las más comunes en todos los tramos de la tubería de drenaje de la Calle Circunvalación, además es importante tener en cuenta la ubicación en la que están presentes en la tubería, ya que la mayoría de grietas están ubicadas en la parte superior de la tubería (posición horaria de 10 a 2) esta situación se da en algunos tramos incluso de manera continua a lo largo de varios metros del tramo, también hay puntos aunque de manera escasa y puntual en los cuales la situación de agrietamiento ha crecido hasta convertirse en fisuras.



**Imagen 4.18** Falla grietas longitudinal, circular, y múltiples encontradas a lo largo de la Calle Circunvalación. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Respecto a los problemas relacionados con Operación y Mantenimiento (O & M) en esta línea de drenaje es donde se han presentado obstáculos que afectan el funcionamiento óptimo del drenaje, específicamente en los tramos comprendidos entre los pozos 2P060-2P059 y 2P058-2P057 se han encontrado obstrucciones de basura retenida con rocas, a tal punto de no haber podido completar la inspección debido a que los obstáculos no permitieron el avance del equipo de inspección por el tramo.



**Imagen 4.19** Condición de acumulación de basura, arena, rocas y agua estancada en Calle Circunvalación. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

Se tomó nota que en casi toda la red a excepción de la Calle Principal y la Calle N°1 se observa un desgaste en la superficie de la tubería ocasionado por abrasión mecánica, La inspección de toda la red finalizó en la caja que colecta toda la escorrentía de la Colonia y la dirige a su descarga final (Ver Imagen 4.20). La caja está ubicada aproximadamente 150 metros aguas abajo de la zona conocida como El Triángulo, esta longitud de tubería está compuesta por 2 tramos (2P027-2P026 y 2P026-2P025) partiendo del pozo que colecta lo que llega de la Calle Circunvalación y la Calle Principal ubicado en El Triángulo (Pozo 2P027).



*Imagen 4.20* Caja colectora de la Colonia donde se terminó la inspección de la red. Fuente: elaboración propia sobre reporte de la base de datos del software PIPELOGIX.

### CONCLUSIONES DEL DIAGNÓSTICO ESTRUCTURA DE LA RED DE DRENAJES DE EL TRIANGULO, COLONIA SANTA LUCÍA

- ✓ A partir de esta inspección técnica se determina que desde el punto de vista estructural, la infraestructura de conducción de aguas lluvias (tuberías, pozos y cajas de inspección) se encuentran en buenas condiciones de operabilidad, ya que los defectos encontrados no representan un alto riesgo de colapso estructural de la red a corto y mediano plazo.
- ✓ En el mapa de defectos significativos y en el diagnóstico, se ha hecho mención de problemas parciales de azolvamientos en algunos tramos de

tubería además de la inclusión de rocas o basura acumulada, estos problemas se recomienda solucionarlos por medio de actividades de limpieza para que la red de drenaje funcione de manera óptima.

- ✓ En cuanto a los problemas de drenaje que se presenta en la zona de la Colonia Santa Lucía se determina que no son producto de la situación estructural de la red, sino que se deben a otro tipo de factores, como se ha mencionado anteriormente los detalles estructurales encontrados por medio de la inspección por CCTV no presentan un alto riesgo de colapso ni afectan drásticamente el nivel de servicio del drenaje.
  
- ✓ Se debe realizar de forma independiente a esta investigación un estudio sobre la cantidad de escorrentía que fluye por cada una de las ramificaciones de la red de drenaje como una continuación directa a este estudio.

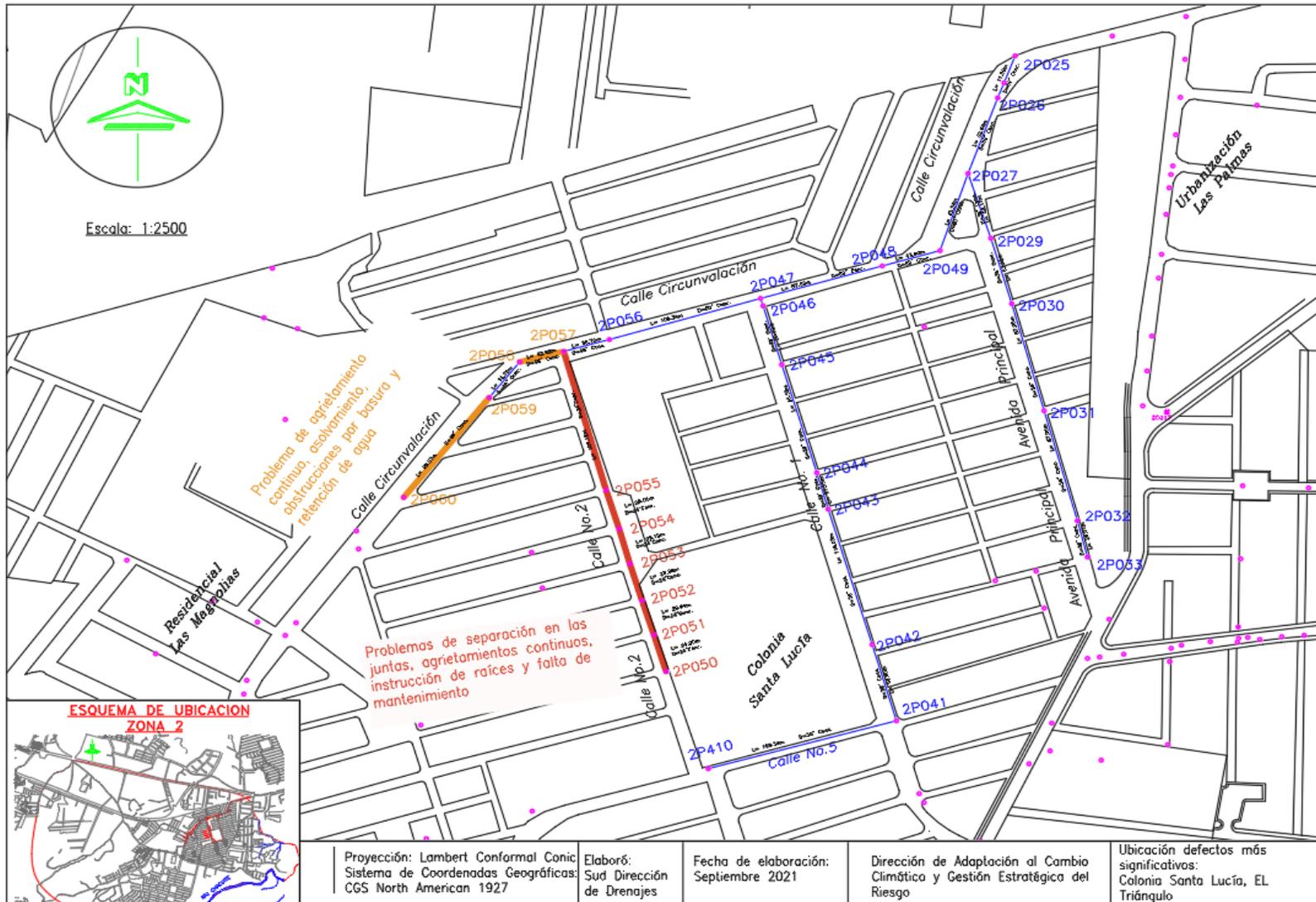


Imagen 4.21 Plano representativo de los defectos más significativos de sistema de drenaje de Colonia Santa Lucía. Fuente: elaboración propia.

# **CAPÍTULO 5:**

# **CONCLUSIONES**

## CONCLUSIONES

- En cuanto al logro de los objetivos planteados, se debe considerar que la aplicación de la tecnología de inspección por Circuito Cerrado de Televisión (CCTV) aún es un método cuyo uso no es muy frecuente en el país, a pesar de los beneficios que éste genera. Por consiguiente, a partir de los esfuerzos invertidos en capacitaciones, investigación de fuentes bibliográficas primarias y secundarias, la asesoría y experiencia de los miembros de la subdirección de drenajes, el trabajo de campo y los recursos materiales proporcionados por el MOPT, se logró la identificación de los procesos necesarios para la ejecución de un diagnóstico estructural. Por lo tanto, el producto final de toda la información recopilada hasta la fecha, es el planteamiento de la metodología para el uso correcto y óptimo del robot cámara por parte del MOPT, dicha metodología cumple el propósito de describir la forma de planificar una inspección a partir de la cantidad de obra y los rendimientos diarios, el procedimiento para recolectar información en las primeras visitas de campo (reconocimiento de la zona), la forma de ejecutar las inspecciones (in situ), el procesamiento de la información y la presentación de resultados utilizando un estándar internacionalmente.
- Con la puesta en marcha de la metodología desarrollada para realizar la inspección por CCTV en la colonia Santa Lucia, quedo confirmada la

factibilidad y validez, de la planificación, procesos en campo y resultados obtenidos a partir de las gestiones y recursos utilizados, lo que permitirá replicarla y mejorarla con el tiempo.

- En cuanto a la normativa internacional, se logró adoptar de forma satisfactoria a las necesidades planteadas por el MOPT, ya que detalla procedimientos en campo para la obtención de datos, labores del procesamiento de la información y presentación final de los resultados.
- Se generó un documento técnico que permite confirmar o descartar problemas de tipo estructurales en infraestructura hidráulica de drenaje, a través de la inspección por este método.
- El desarrollo de esta tesina permitió detallar recomendaciones técnicas que sirvan para mejorar y volver más eficiente el proceso para llevar a cabo una inspección estructural del sistema pluvial urbano en el país, por medio del robot cámara utilizando el método de inspección por CCTV.

## RECOMENDACIONES

- Para optimizar el rendimiento del trabajo por día, se recomienda un vehículo adaptado de manera especial, para transportar exclusivamente el equipo de inspección por CCTV, ya que durante la investigación de campo, se logró identificar que una de las actividades que más tiempo y esfuerzo requieren, es descargar de los vehículos las partes del robot e instalar todo el equipo en el pozo de introducción, al terminar en esos tramos hay que recogerlo y cargarlo en los vehículos para nuevamente instalarlo en el siguiente pozo de introducción, obteniendo de esta manera un rendimiento de 2 introducciones por día. Al poseer un vehículo especial para el equipo de inspección, el tiempo para instalación y recuperación del equipo se reduce, ya que estos vehículos se adaptan a modo que los controladores del equipo puedan ser utilizados sin necesidad de ser descargados del vehículo.
- Para que la vida útil del equipo de inspección por CCTV sea el esperado por fabricante y que además funcione de manera correcta, aparte del mantenimiento de limpieza que el operario debe realizar al finalizar la jornada de trabajo, se recomienda que periódicamente (de preferencia una vez al año) el equipo reciba mantenimiento especializado por medio de personal profesional calificado para este tipo de equipo.

- Para mejorar la ejecución de las inspecciones se recomienda definir claramente el objetivo de la inspección, ya que dependiendo de este se deben realizar actividades de preparación para lograr el objetivo de la inspección por CCTV, como ejemplos se plantea: Verificar obstrucciones, revisar el estado general de la red, búsqueda de tuberías cuyo catastro no se tenga o los datos sean erróneos, certificar la recepción de obras de drenaje nuevas, diagnosticar el estado estructural de una red de tuberías, entre otros.
- Para desarrollar inspecciones bajo estándares internacionales y resultados concluyentes en los informes de la situación estructural, se recomienda que los técnicos operarios del equipo y encargados de registrar las fallas y defectos, demuestren tener la experiencia necesaria, ya que los errores en la codificación conducirán directamente a errores en la calificación asignada por el software Pipelogix para cada tramo.
- Como norma de seguridad para el equipo de trabajo, se recomienda estar pendiente de las condiciones climatológicas cercanas a la zona de trabajo, y poner mucha atención a los incrementos en el flujo que corren por las tuberías, esto con la finalidad de poder reaccionar a tiempo y evacuar el equipo de inspección si está dentro del drenaje, además de poner bajo resguardo las partes electrónicas que no son resistentes al agua.

- Se recomienda actualizar el modelo de computadora que almacena los datos de las inspecciones, para aumentar la eficiencia en el procesamiento de los datos de campo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Carmona, R. P. (2013).** *Diseño y construcción de alcantarillado sanitario, pluvial y drenaje en carreteras.* Bogotá: Ecoe Ediciones. Obtenido de <http://www.ecoediciones.com>
- CARPIO, H. A., GARCIA SIGARAN, N., & TOBIAS HERNANDEZ, K. (2011).** *PROPUESTA DE DISEÑO DEL DRENAJE PLUVIAL, ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DEL CASCO URBANO Y COLONIA "LA ENTREVISTA" DEL MUNICIPIO SAN CAYETANO ISTEPEQUE, DEPARTAMENTO DE SAN VICENTE.* Tesis pre-grado ingeniería, Universidad de El Salvador, Ingeniería civil. Obtenido de <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/3952/1/Propuesta%20de%20dise%C3%B1o%20del%20drenaje%20pluvial,%20alcantarillado%20sanitario%20y%20planta%20de%20tratamiento%20para%20las%20aguas%20residuales%20del%20casco%20urbano%20y%20colonia%20la%20entrevista%20del%20mun>
- CONAGUA. (2019).** *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.* Comisión Nacional del Agua, Mexico. Mexico, D.F.: Biblioteca digital de mapas, Gobierno de Mexico. Obtenido de <http://www.conagua.gob.mx>
- Department of Energy and Water Supply. (2013).** *Cambio climático e infraestructura, sistemas urbanos y vulnerabilidades.* Washington D.C: ISLANDPRESS.
- IBAK. (2012).** *Instrucciones de Operación Sistema TV para Alcantarillas.* Manual de operaciones.
- IBAK. (2016).** *IBAK-MODULAR-SYSTEM Equipo de mando Inserción de datos.* Manual de uso de mando.
- MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTE. (28 de NOVIEMBRE de 2014).** [www.mop.gob.sv/](http://www.mop.gob.sv/). Obtenido de <https://www.mop.gob.sv/mop-muestra-tecnologia-usada-en-inspeccion-tuberias-en-stand-campus-party-el-salvador/>
- MINVU [CHILE]. (2005).** *GUIA DE ESPECIFICACIONES DE ELEMENTOS URBANOS DE INFRAESTRUCTURA DE AGUAS LLUVIAS.* CHILE. Obtenido de <http://pavimentacion.metropolitana.minvu.cl/doc/mpall/Guia%20dis%20especific%20elementos%20inf%20aguas%20lluvias.pdf>
- MOPT [DACGER]. (2017).** *MOP-DACGER-SD-012-2017.* Inspección Técnica, San Salvador.
- MOPT [DACGER]. (2019).** *MOP-DACGER-SD-025-2019.* Informe Técnico, San Salvador.
- NASSCO. (2012).** *Programa de Certificación para la Evaluación de tuberías.* Normativa.
- SIAPA. (2014).** *CRITERIOS Y LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA FACTIBILIDADES. Cap. 3 ALCANTARILLADO PLUVIAL.* Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado. Obtenido de <https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/pubs/10009/10009.pdf>