REPUBLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ
MUNICIPIO DE FLORENCIA

Departamento del Caquetá

"REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DEL BARRIO LA ESMERALDA DEL MUNICIPIO DE FLORENCIA, DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ"

DISEÑO HIDRÁULICO DE ALCANTARILLADO SANITARIO

Plan Departamental de Aguas de Caquetá

FLORENCIA – CAQUETÁ
ABRIL 2024

APOYO Y GESTIÓN INTEGRAL S.A.S.
Email: apoyoygestionintegral@gmail.com
Teléfono: 310 316 6294
Florencia - Caquetá

"REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DEL BARRIO LA ESMERALDA DEL MUNICIPIO DE FLORENCIA, DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ"

Contiene:

DISEÑO HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO

Contratista:
APOYO Y GESTIÓN INTEGRASL S. A. S.
NIt: 900.689.023-1
Rep. Legal ANDRES GOMEZ TRUJILLO
C.C. 1.075.260.507 de Neiva Huila

Elaborado por:
DIEGO ARMANDO GALLEGO MURIEL
MS en Ingeniería Civil
Énfasis en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente

FLORENCIA – CAQUETÁ
ABRIL 2024

APOYO Y GESTIÓN INTEGRAL S.A.S.
Email: apoyogestionintegral@gmail.com
Teléfono: 310 316 6294
Florencia - Caquetá

TABLA DE CONTENIDO

1. INFORMACION CONTRACTUAL 8
2. OBJETIVOS 9
3. ALCANCE DE LA CONSULTORIA 9
4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE 10
5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 11
5.1. Localización del Proyecto 11
5.2. Climatología 12
5.3. Humedad Relativa 13
6. CARACTERÍSTICAS SOCIO ECONÓMICAS 14
7. SERVICIOS PÚBLICOS 15
7.1. Acueducto 15
7.2. Alcantarillado 16
7.3. Aseo 17
7.4. Mano de obra 18
7.5. Vías de acceso 18
7.6. Zonas de expansión 18
8. ESTUDIO DE POBLACIÓN Y DEMANDA 18
8.1. Nivel de Complejidad 18
8.2. Periodo de Diseño 19
8.3. Proyecciones de Población 22
8.3.1. Método aritmético 22
8.3.2. Método Geométrico 23
8.3.3. Método Exponencial 23
9. DEMANDA 25
9.1. Usos del Agua 26
9.2. Dotación Neta 28
9.3. Pérdidas Técnicas en el sistema 28
9.4. Dotación Bruta 28
9.4.1. Caudal medio diario 29
9.4.2. Caudal Máximo Diario 29
9.4.3. Caudal Máximo Horario 29
9.4.4. Caudales adoptados para el proyecto 30
9.5. Proyección de caudales 30
10. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO 31
10.1. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN DE NECESIDAD 31
10.2. Posibles puntos de vertimiento 34
10.3. Diseño de la red de alcantarillado 36
10.4. Hermeticidad 37
10.5. Flexibilidad 37

10.6. Características 37
10.7. Coeficiente de rugosidad de Manning según el material a utilizar 38
10.8. Parámetros de diseño 38
10.9. Cálculo de caudales de aporte de aguas residuales 38
11. DISEÑO DE COLECTORES DE AGUAS RESIDUALES 40
12. CONDICIONES TECNICAS A TENER EN CUENTA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL COLECTOR 42
12.1. CONDICIONES TÉCNICAS A TENER EN CUENTA PARA ESCALONES DE LOS POZOS DE INSPECCIÓN. 42
12.2. RECOMENDACIONES A TENER EN CUENTA EN EL REFUERZO PARA ESCALONES 43
12.3. PELDAÑOS EN GANCHOS DE ACERO, UBICACIÓN E INSTALACIÓN DE GANCHOS DE ACERO. 43
12.4. DETALLE DE CÁMARA DE INSPECCIÓN CONCÉNTRICA Y EXCENTRICA. 44
12.5. CÁMARA DE CAÍDA 46
12.6. TRAMOS DE ALCANTARILLADO COLMATADOS 47
12.7. POZOS DE INSPECCIÓN TÉCNICAMENTE DEFECTUOSO 48
12.8. ESTRUCTURA DEL POZO 53
12.9. CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA EN LA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS ... 57
12.10. CRITERIOS DE AUTO LIMPIEZA EN LOS ALCANTARILLADOS 57
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 58
13.1. ALCANTARILLADO 58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Parámetros Climatológicos estación Gustavo Artunduaga Paredes 12
Tabla 2 Suscriptores servicio de Acueducto.....16
Tabla 3 Administración de suscriptores de alcantarillado 17
Tabla 4 Población DANE 1985 - 2005.....20
Tabla 5 Dotación máxima Resolución 0330 de 2017.....28
Tabla 6 Coeficiente de consumo máximo Horario 29
Tabla 7 Caudales adoptados L/s.....30
Tabla 8 Proyección de caudales (L/S).....30
Tabla 9 Relaciones Hidráulicas de las secciones de flujo 39
Tabla 10 Diseño de colectores de aguas residuales domésticas.....40
Tabla 11 Cálculo de fuerza tractiva 41
Tabla 12 Diámetro interno Mínimo de estructuras de conexión: 52
Tabla 13 Diámetros de losas inferiores de cámaras de inspección construidas en sitio 54

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Localización Florencia 11
Ilustración 2 Localización Proyecto 11
Ilustración 3 Nivel de complejidad Resolución 1096 de 2000. 19
Ilustración 4 Métodos de cálculo de proyección de población RAS 2000 22
Ilustración 5 Localización de pozos existentes 32
Ilustración 6 Cotas de inicio y fin de pozos existentes 33
Ilustración 7 Localización de puntos de entrega a pozos de inspección existentes 35
Ilustración 8 Perfil PV1 35
Ilustración 9 Perfil PV2 35
Ilustración 10 Estructura típica de la tapa de pozo 52

INTRODUCCIÓN

El Departamento de Caquetá, suscribió con el Ministerio de Vivienda, Cuidad y Territorio el Convenio de Cooperación Técnica No. 113 del 19 de diciembre de 2008, por medio del cual se dio inicio a la Fase I del PAP-PDA, quien a su vez expidió el Decreto No. 0001184 del 29 de septiembre de 2010, mediante el cual, se delegó en la Secretaria de Infraestructura la función del Gestor del Plan Departamental de Agua del Caquetá/PDA.

El día treinta (30) de septiembre de dos mil veintidós (2022), el JUZGADO SEGUNDO ADMINISTRATIVO DE FLORENCIA, emitió la sentencia No. 004, con radicación No. 18001333300220190041000, mediante la cual se resolvió "*(…) ORDENAR al MUNICIPIO DE FLORENCIA y al DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ, para que en el término de un (01) año, adelanten conjuntamente y dentro del marco de sus competencias, las acciones presupuestales, administrativas, técnicas y contractuales, a fin de lograr la entrega del sistema de alcantarillado de aguas residuales domiciliarias a los residentes del barrio La Esmeralda del Municipio de Florencia, construido por parte del Departamento del Caquetá. Así mismo, la construcción paralela de un sistema de alcantarillado que soporte aguas lluvias en dicho sector, que garantice la terminación en la afectación de los derechos colectivos de los usuarios. (…)".*

Teniendo en cuenta lo anterior, el Departamento del Caquetá, adelantó el proceso de contratación a través del concurso de méritos DC-PDA-CMA-010-2023, con el ánimo de escoger un oferente para "*Realizar los Estudios y Diseños para la Construcción del Sistema de Alcantarillado del Barrio La Esmeralda del Municipio de Florencia, Caquetá*".

La consultoría fue adjudicada a la firma APOYO Y GESTION INTEGRAL S.A.S BIC, Representada Legalmente por el Ingeniero ANDRES GOMEZ TRUJILLO, identificado con la cedula de ciudadanía No. 1.075.260.507 de Neiva Huila, bajo el Contrato de Consultoría No. 202300000863, suscrito el 17 de noviembre de 2023.

Dadas las condiciones de estado y operación del alcantarillado sanitario del barrio La Esmeralda de la ciudad de Florencia, Caquetá, se requiere realizar un análisis técnico y financiero con el objetivo de presentar una propuesta de solución a la problemática de saneamiento básico del barrio La Esmeralda. En este orden de ideas, conforme a las líneas estratégicas del Plan Nacional de Desarrollo, el Plan de Desarrollo Departamental, se llevará a cabo el proyecto "REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DEL BARRIO LA ESMERALDA DEL MUNICIPIO DE FLORENCIA, DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ", con el fin de mejorar la calidad del alcantarillado en la zona urbana del municipio de Florencia.

Por lo anterior, se analizará la viabilidad técnica del estudio hidráulico, cumpliendo con los requisitos establecidos en la Resolución 0330 de 2017, por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009.

1. INFORMACION CONTRACTUAL

Contrato de Consultoría N°	202300000863 de 2023
Contratista	APOYO Y GESTION INTEGRAL S.A.S BIC
Nit. No.	900.689.023-1
Representante Legal	ANDRES GOMEZ TRUJILLO
C. C. No.	1.075.260.507 de Neiva Huila
Concurso de Méritos N°	DC-PDA-CMA-010-2023
Objeto del Contrato	REALIZAR LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DEL BARRIO LA ESMERALDA DEL MUNICIPIO DE FLORENCIA, DEPARTAMENTO DEL CAQUETÁ
Valor del contrato	CINCUENTA Y CINCO MILLONES DE PESOS ($55.000.00.OO) M/CTE., INCLUIDO I.V.A.
Plazo de ejecución	Tres (3) meses
Firma del contrato	17 de noviembre de 2023
Fecha de inicio	7 de diciembre de 2023
Fecha de suspensión	28 de febrero de 2024
Fecha de reinicio:	22 de abril de 2024
Fecha de terminación:	29 de abril de 2024

LEGALIZACIÓN / GARANTÍAS / PÓLIZAS

El contratista legalizó el presente contrato y para tal efecto presentó la siguiente documentación:

POLIZA DE SEGURO DE CUMPLIMIENTO	CT-100003427

El Contrato se encuentra amparado por las garantías exigidas por el Departamento del Caquetá, de acuerdo a las pólizas presentadas por el Contratista, expedidas por la Aseguradora Mundial de Seguros, y se resumen a continuación:

DESCRIPCIÓN	NÚMERO	VIGENCIA	
		DESDE	HASTA
Cumplimiento	CT-100003427	17/11/2023	06/11/2024
Salarios y prestaciones	CT-100003427	07/12/2023	09/05/2027
Calidad del servicio	CT-100003427	17/02/2024	09/05/2025

2. OBJETIVOS

Objetivo General

Elaborar una propuesta con el ánimo de optimizar el sistema de alcantarillado de aguas residuales del barrio La Esmeralda del Municipio de Florencia, mediante el diseño hidráulico de una nueva red de alcantarillado que trabaje por gravedad, para mitigar impactos en la salud publica en la zona.

Objetivos Específicos

- Determinar el problema de las continuas fallas en el sistema de bombeo del servicio de alcantarillado del barrio La Esmeralda.
- Dimensionar a nivel hidráulico la alternativa seleccionada con base en los parámetros de la Resolución No. 330 de 2017.
- Elaborar el presupuesto que permita obtener el valor aproximado de la ejecución de la estructura diseñada, como alternativa seleccionada.
- Proporcionar especificaciones técnicas de construcción necesarias para la alternativa seleccionada.
- Realizar planos: localización, perfiles y detalles de construcción de la estructura diseñada, con base a las normas y especificaciones técnicas nacionales.

3. ALCANCE DE LA CONSULTORIA

Los estudios preliminares involucran el análisis y procesamiento de toda la información disponible y necesaria sobre población, generalidades del Municipio, perímetro sanitario, cartografía, información que fue valorada y complementada con las visitas de campo con el fin de diseñar el sistema de alcantarillado del Barrio La Esmeralda del Municipio de Florencia, Departamento del Caquetá.

Esta firma consultora, tiene la obligación de desarrollar las siguientes actividades:

1. Estudio preliminar (información existente)
2. Topografía
3. Estudio de suelos
4. Diseño hidráulico del sistema de evacuación.

Además, se debe identificar el problema o necesidad al cual se le va a dar solución, planteamiento del objetivo general y objetivos específicos para solucionar el problema o necesidad identificada.

De acuerdo al estudio, se indicará cual será la mejor alternativa a implementar en el diseño del sistema de alcantarillado, para resolver la problemática evidenciada.

Dentro de la consultoría, se evaluará el presupuesto, previamente con la estimación de las actividades necesarias y la cuantificación mediante las memorias de cantidades de obra, el presupuesto se acompañará de los análisis de precios unitarios de cada una de las actividades previstas.

Se adjuntarán los análisis de precios unitarios, donde se tendrán en cuenta, los costos de los materiales, la mano de obra, los equipos y las herramientas necesarios para la ejecución de la actividad, proyectada.

4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE

Actualmente existe un sistema de recolección de aguas residuales del tipo convencional, mediante el sistema de gravedad hasta una estructura de bombeo, con características generales en tubería PVC Sanitaria de diámetros entre 6 y 10", conectada por pozos de inspección en concreto de diferentes profundidades, sistema que fue construido en cumplimiento al contrato del contrato de obra No. 012 de 2013, celebrado por el Departamento del Caquetá, cuyo objeto fue la "CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA LOS BARRIOS BRUSELAS, LONDRES, EL BOSQUE Y LA ESMERALDA MUNICIPIO DE FLORENCIA - DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ", haciendo énfasis en las obras realizadas en el Barrio La Esmeralda, y que entregan sus aguas al Barrio contiguo denominado Londres.

El sistema también cuenta con acometidas, en tubería de 6", que parte de la caja de inspección de cada usuario, construida hasta el hilo interior del andén y llega hasta la red del alcantarillado.

El sistema cuenta con una estación de bombeo, el cual contempla una estructura de retención de sólidos en concreto y dos bombas eléctricas sumergidas, las cuales funcionas a través de una conexión eléctrica de baja tensión, estructura que fue construida debido a que el punto de salida de la tubería (emisario final), está por debajo del nivel de descarga, lo que no permite evacuar sus aguas de manera continua.

Del proyecto construido, se puedo concluir, que el barrio creció en un 150% desde que se formuló el proyecto inicial, el cual contempló criterios de diseños en cumplimiento de la norma RAS 2000, y que la principal causa de la problemática que presenta el sistema, es que es utilizado como si fuera un sistema de alcantarillado combinado, en donde las comunidades descargan las aguas lluvias de cubiertas y patios al sistema construido, lo que hace que la zona se inunde fácilmente.

También se ha podido evidenciar, que al sistema llegan objetos extraños, lo que no permite que las bombas, que son sumergibles, trabajen adecuadamente y eso hace que colapse todo el sistema.

En la actualidad, la Electrificadora del Caquetá, suspendió el servicio de energía, debido a una deuda por el no pago de dicho servicio, agudizando aún más, la problemática presentada en el sector, por lo que la comunidad ha tenido que instalar tubería PVC como aliviadero para evacuar dichas aguas.

5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Este es un proyecto de consultoría que atiende únicamente a la población asentada en el Barrio La Esmeralda y comprende las actividades que permitan caracterizar la población objeto de la presenta consultoría.

5.1. Localización del Proyecto

El proyecto se encuentra ubicado en el Barrio La Esmeralda, de la Comuna Sur del Municipio de Florencia – Departamento de Caquetá

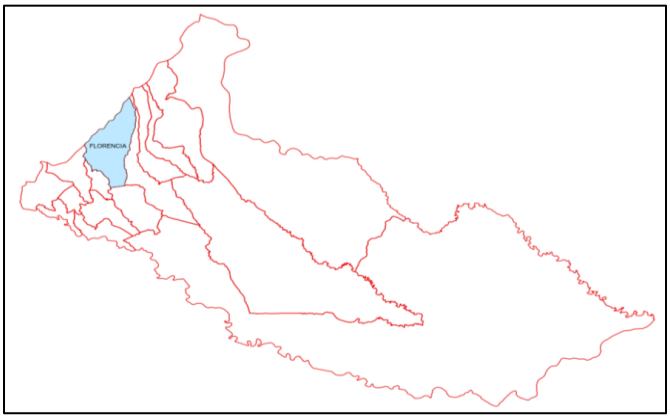


Ilustración 1 Localización Florencia

Ilustración 2 Localización Proyecto

Coordenadas de inicio y fin del tramo a intervenir.

Descripción	Latitud	Longitud
Encole	1°35'51.29"N	75°36'7.69"O
Descole	1°35'52.44"N	75°35'59.74"O

Como primera medida, se estableció la población de diseño.

La población estimada en el área del proyecto, se consideró las densidades de saturación con base en el plan de ordenamiento territorial vigente para el Municipio de Florencia. También es necesario establecer el periodo de planeamiento del sistema; el periodo de análisis es determinado por la Consultoría de acuerdo con las recomendaciones dadas en el RAS.

Según información suministrada por el área comercial de la Empresa de Servicios Públicos de Florencia – SERVAF SA ESP, en el barrio existen 228 suscriptores.

Toda la información consolidada para el presente estudio, concierne a las especificaciones y aspectos técnicos que originaron las memorias técnicas de los cálculos y diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el barrio la Esmeralda, que hace parte del sistema de alcantarillado sanitario para el sector conformado por los barrios: La Esmeralda, El Bosque y Londres, el cual fue diseñado por la gerencia del Plan Departamental de Aguas del Caquetá.

La Gobernación del Caquetá, proyecta optimizar el funcionamiento del actual alcantarillado sanitario del barrio La Esmeralda, del casco urbano municipal de Florencia. Para tal fin, se encomendó a la secretaria de infraestructura departamental con el apoyo de la parte técnica del PDA Caquetá para el diseño de una estructura que permita la separación de los sólidos de volumen elevado (trapos, palos plásticos, piedras, etc.) que terminan por llegar al sistema de alcantarillado y presentan gravísimas alteraciones al normal desarrollo del funcionamiento de las dos (2) electrobombas.

5.2. Climatología

Para la caracterización climática del municipio de Florencia - Caquetá se utilizaron los parámetros de la estación Gustavo Artunduaga paredes.

Tabla 1 Parámetros Climatológicos estación Gustavo Artunduaga Paredes

Parámetro	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Temperatura (°C)	25.5	25.2	25	25.4	24.4	24.4	23.6	24	24.6	25	25.2	25.2
Humedad (%)	84	85	87	89	88	89	89	88	87	87	86	86
Evaporación (mm)	101	90.4	90.9	81.8	82.5	78.6	81.3	86.2	93.9	88.4	93.8	91.5
Brillo solar	143	99.3	84.9	95.1	112	106	112	121	137	146	142	154
Velocidad del viento (m/s)	0.8	0.8	0.8	0.9	0.8	1	1	1	0.9	0.8	0.8	0.8

5.3. Humedad Relativa

La humedad relativa refleja los periodos de máximas y mínimas precipitaciones, presentándose una menor humedad en los meses más secos lluvias y una mayor humedad en los meses más lluviosos. No obstante, el promedio mensual es bastante alto situándose en 86,4%, su valor aumenta en el sector montañoso debido a las mayores precipitaciones y a la alta nubosidad.

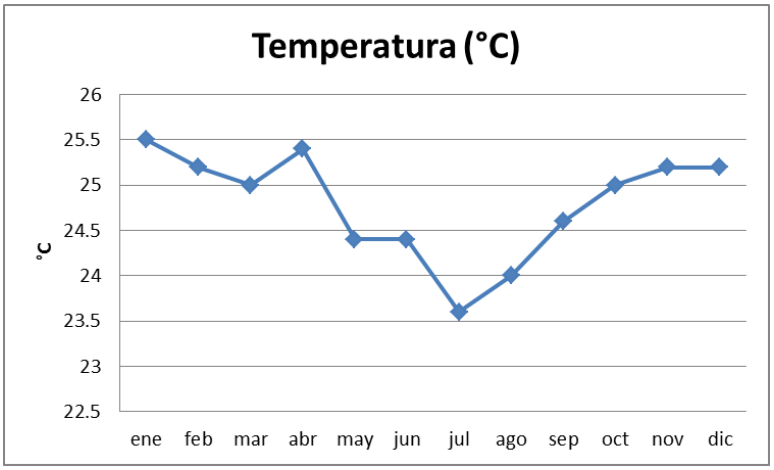


Gráfico 1

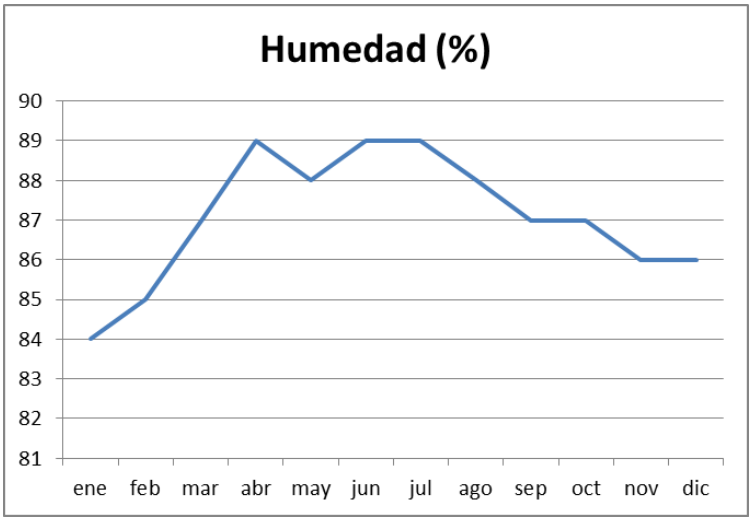


Gráfico 2

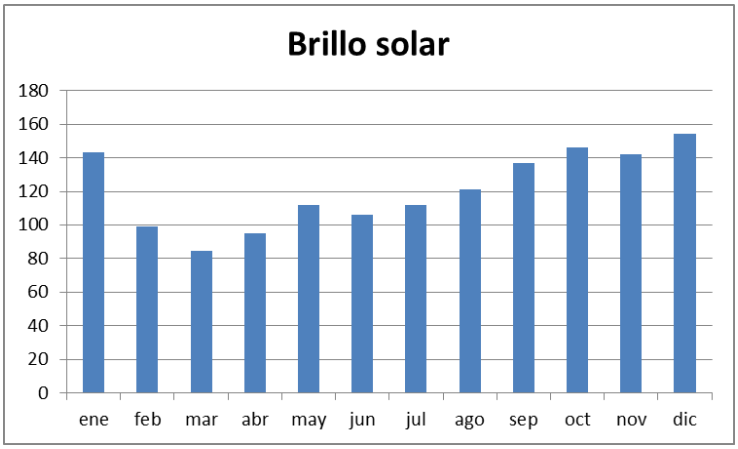


Gráfico 3

6. CARACTERÍSTICAS SOCIO ECONÓMICAS

Florencia ha crecido de manera acelerada y desordenada a través de invasiones principalmente, lo que ha incidido en que el crecimiento de las redes de acueducto y alcantarillado se den como consecuencia de acciones populares y vía judicial. La cobertura en acueducto es del 94.04% y alcantarillado de tan sólo 61.5%, pero el gran problema radica en que el Municipio carece de un Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado, que permita planificar, ampliar, reponer y modernizar las redes para la prestación del servicio de manera eficiente y con calidad, y, en cumplimiento de los parámetros de planificación y expansión urbana establecidos en el plan de ordenamiento del municipio.

Además, teniendo en cuenta que Florencia será centro de relevo principal y promotor del desarrollo de la región en el post-conflicto, frente a las suspensiones del servicio y frente a la proyección de demanda de población a atender, se deben buscar alternativas como la construcción de un sistema de contingencia, actualizar los sistemas de potabilización actuales como la planta de tratamiento Caldas y El Diviso, realizar obras adicionales como la interconexión entra estas, y la construcción de la segunda línea de conducción, que garantice el suministro del mínimo vital de agua. En el área rural, existen acueductos veredales que son conformados y administrados por la misma comunidad, sin tratamiento, pero sí poseen tanques de almacenamiento, se han identificado 14 acueductos veredales en los diferentes corregimientos que se hacen necesarios apoyar e intervenir en cumplimiento de la normatividad.

En alcantarillado, existe un 38.5% de la población urbana sin el servicio, ocasionando la proliferación de enfermedades gastro-intestinales y por vectores, proliferación de plagas, problemas sanitarios y de impacto medioambiental, así mismo, falta la construcción de colectores y plantas de tratamiento de aguas residuales, actualización del sistema de mantenimiento con la compra de maquinaria y equipos, y recurrir a nuevas tecnologías que permitan la eficiencia y eficacia en la prestación, mantenimiento y control de la red local. En el área rural los residuos líquidos son manejados a través de pozos y tanques sépticos, sin embargo, la mayoría de las viviendas realizan vertimientos a las fuentes hídricas sin ningún tipo de manejo ni tratamiento.

La última vez que se realizó inventario al sistema de alumbrado público y de manera georeferenciada fue en el año 2013, a partir de esa fecha, se han realizado proyecciones y aproximaciones a dicho inventario, se cuentan con 11.600 unidades a 2015, sin embargo, a pesar de que se encuentran reportadas para realizar mantenimiento y reposición en la oficina de servicios públicos de la Secretaría de Obras, 4.100 lámparas, 3.900 ml de redes y 175 reflectores para escenarios deportivos y parques, se calcula que las cifras reales por mantenimiento o a sustituir se estiman en 6.544 luminarias, 8.000 ml de redes y 265 reflectores, el 50% del alumbrado público presenta problemas, afectando la seguridad de los residentes y transeúntes en horas nocturnas donde falla el alumbrado, incrementando el consumo de alucinógenos y los casos de hurtos. Adicional a lo anterior, se considera importante iniciar proceso de georeferenciación y modernización de las luminarias existentes, que permita cuantificar y generar ahorro en beneficio de la comunidad.

Por otra parte, los escasos recursos y el bajo número en estudios, diseños y proyectos en electrificación rural, evidencia que tan sólo 68 veredas disponen del servicio de energía, dejando 88 veredas aún sin el servicio de las 156 veredas registradas en total, afectando la calidad en el nivel de vida de la población e inseguridad.

En aseo, se tiene una cobertura del 96.8% y los residuos sólidos son depositados en el relleno sanitario regional La Esperanza en el corregimiento San Martín. La zona rural del municipio carece del servicio de recolección, la disposición final de residuos sólidos en su mayoría se realiza a cielo abierto, aunque se requiere implementar rellenos sanitarios regionales sostenibles ambientalmente, los recursos económicos son insuficientes.

Por otra parte, de acuerdo en lo establecido en el Plan de Desarrollo municipal "Como factor determinante para la calidad del ambiente y siendo objeto de conservación, se tiene la cuenca del río Hacha, es la principal cuenca del municipio de Florencia con una extensión de 50.030,30 hectáreas, conformada por los corregimientos de Caraño, Santo Domingo, San Martín y Venecia, cuyas fuentes hídrica s principales son el río Hacha, Caraño, las quebradas La Perdiz, El Dedo, La Yuca, Las Doradas, La Sardina, Santa Helena, Sucre, Tarqui, Paraíso, Horizonte, entre otras que abastece agua el acueducto del área urbana del municipio; donde el 92,3% de la extensión de la cuenca presenta amenaza baja por inundaciones, amenaza media el 6,1% y alta el 1,6%, presentando conflictos ambientales por el establecimiento de sistemas productivos agrícolas en mono cultivos, ganaderías extensiva, contaminación por vertimien tos, y tala indiscriminada del bosque"

7. SERVICIOS PÚBLICOS

7.1. Acueducto

El municipio de Florencia mediante el contrato del 18 de enero de 1993, delegó "…la gestión y administración de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado del Municipio de Florencia por SERVAF S.A", cuyo plazo de ejecución del referido contrato sería de 25 años contados a partir de la vigencia del mismo, siendo así que su vencimiento operaría a partir del 18 de enero de 2018, el cual

fue ampliado mediante Acta de Modificación del Contrato de Administración de Servicios Públicos, hasta el 4 de marzo de 2018.

El Concejo de Florencia mediante el Acuerdo No. 2018001 del 17 de enero de 2018 autorizó al Municipio la creación, organización y operación de una empresa de carácter oficial que garantice la prestación eficiente del servicio de acueducto y alcantarillado. Es así, como se constituyó la empresa de carácter oficial "Aguas de Florencia" para la administración y operación de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado con un capital 100% de la entidad territorial, perteneciéndole ésta a la población de Florencia. Sin embargo, a la fecha no existe claridad jurídica frente a su operación y funcionamiento, por ello, se continuarán con las acciones judiciales para recuperar la empresa de acueducto y alcantarillado para el municipio.

Por otra parte, mediante Acuerdo Municipal No. 005 del 23 de abril de 2010, el Concejo de Florencia autorizó la vinculación al Plan Departamental de Aguas para el manejo empresarial de los servicios de agua y saneamiento – PDA, y el 23 de octubre del mismo año, se suscribió el Convenio de cooperación y apoyo fina nciero para la vinculación del municipio de Florencia al Plan Departamental de Agua y Saneamiento suscrito con el departamento del Caquetá -Gobernación y el Gestor. Anualmente, el municipio realiza transferencia al PDA, pero la inversión versus los recursos aportados no compensa las necesidades que en materia de agua potable y saneamiento básico requiere el municipio.

En materia de cobertura urbana, el municipio presenta buenos indicado res, según datos suministrados por la empresa SERVAF S.A. E.S.P., para el año 2018 el servicio de acueducto fue del 98% (Fuente: Reporte Anual SUI), en el siguiente cuadro se presentan los suscriptores por estrato:

Tabla 2 Suscriptores servicio de Acueducto

Clasificación	No. de Usuarios
Estrato 1	29.683
Estrato 2	10.939
Estrato 3	2.866
Estrato 4	963
Comercial	2.794
Industrial	8
Oficial	340
TOTAL	**47593**

Fuente: Informe de gestión y resultados año 2018. SERVAF SA ESP

7.2. Alcantarillado

La ciudad cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario constituido por 198.678 metros de redes que es operado en un 63% por SERVAF; de acuerdo con la información recopilada, la obligación de esa Empresa es la de operar el sistema más no de ampliarlo; el resto es responsabilidad del Municipio. El Municipioes entonces el encargado de construir las redes y SERVAF de recibirlas y operarlas. Así mismo, se reportan más de 100 descargas a las quebradas y ríos que atraviesan la ciudad y no hay tratamiento de aguas residuales.

La Secretaría de Obras Públicas, no ha realizado la entrega del 32% del sistema de alcantarillado a la Empresa Prestadora del Servicio, ubicado en las diferentes comunas sobre las zonas de expansión urbana. El 30% corresponde al proceso de liquidación de un contrato entre el antiguo Instituto Municipal de Obras Civiles – IMOC con la empresa ejecutora CHAMAT, por consiguiente, está pendiente la entrega de 27 Kilómetros de redes nuevas, distribuidos en 24.7 km en la Comuna Oriental y Zona de las Parcelas, 0.9 km en los colectores del Caño Miraflores y 1.5 km en el Sector de Piedrahita, al igual que las del proyecto de vivienda de interés social en la Comuna Occidental. Los sectores que representan el 2% restante corresponden a los Asentamientos Suburbanos, Urbanización La Gloria, Urbanización el Timmy, Barrios Esmeralda, Londres, El Bosque y Bruselas.

Tabla 3 Administración de suscriptores de alcantarillado

Usuarios total	52.950	100%
Usuarios administrados por SERVAF	33.301	62,89%
Usuarios no facturados-administrados por el municipio	19.649	37,11%

Fuente: Informe de gestión y resultados año 2019. SERVAF SA ESP

Haciendo referencia a la problemática del alcantarillado en el área rural, se encuentra una cobertura para el año 2012 de 21%, para el año 2014 el 24 % de cobertura y para el año 2018 se estipula una cobertura del 34%. En el área rural se maneja generalmente los residuos líquidos en áreas de vertimientos y pozos sépticos, tratando de evitar la contaminación de las fuentes hídricas que en su gran mayoría sirven de abastecimiento al sistema de acueducto municipal. Además, cuentan con el apoyo de la empresa SERVAF S.A. E.S.P. que r ealiza la construcción de unidades sanitarias para las viviendas rurales ubicados en la zona de influencia de las bocatomas Caldas y Caraño, con el objetivo de mitigar la contaminación que puede llegar a los afluentes.

El área rural tiene la particularidad de ser el espacio recreativo, esto significa mayor vertimiento de aguas residuales. En las mesas participativas se evidencia la necesidad de ampliar la cobertura de alcantarillado al área rural para proteger el medio ambiente y su entorno, la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales -PTAR y redes de alcantarillado, tanto para la zona rural como en el casco urbano, dando alcance a la población más vulnerable y así descontaminar las fuentes hídricas.

7.3. Aseo

Florencia cuenta con dos empresas prestadoras del servicio de aseo, las cuales son Servintegral y la Esac, empresas dedicadas a la recolección de residuos sólidos. Según el reporte a la plataforma SUI, la empresa que mayores usuarios maneja es Servintegral con el 95,53% y la ESAC maneja el 4,47% de los usuarios. El municipio debe garantizar los subsidios a los usuarios beneficiarios de estos y adicional, prestará apoyo en la recolección de residuos sólidos con carros compactadores.

GAS NATURAL: Para el año 2018 según la empresa ALCANOS SA ESP, existe una cobertura en el territorio urbano de servicio público de gas natural cercano al 79% (Fuente Reporte Anual SUI).

Así mismo, se identificó que el consumo de gas natural en Florencia consolidó un total de 4.538.510,67 de metros cúbicos, al crecer anualmente en 11,0 %, debido al aumento de la demanda de los sectores: gas vehicular (321,3 %), gas comercial (40,8 %) y oficial (50,0 %).

7.4. Mano de obra

Dada la cercania de la vereda a la capital de departamento de Caquetá, es posible obtener mano de obra no calificada drirectamente del barrio La Esmeralda y la correspondiente a mano de obra calificada podría referirse a todo el Municipip de Florencia, sin que existan sobre costos en la adquisición de personal.

7.5. Vías de acceso

El Barrio La Esmeralda, cuenta con dos vías acceso, las cuales se encuentran en regular estado.

7.6. Zonas de expansión

En la zona norte del municipio de Florencia, se cuenta con áreas destinadas a la expansión en área Industrial – Comerical y residensial rural.

8. ESTUDIO DE POBLACIÓN Y DEMANDA

8.1. Nivel de Complejidad

Existen dos disposiciones fundamentales para asignar el nivel de complejidad de un sistema de acueducto las cuales son:

- Población de la zona urbana
- Capacidad económica de los usuarios

Ahora bien, el nivel de complejidad de un sistema de acueducto está establecido por el Reglamento Técnico de Sector de Agua y Saneamiento Básico, R.A.S. 2000, en su capítulo A.3.1., de acuerdo a la siguiente tabla:

Ilustración 3 Nivel de complejidad Resolución 1096 de 2000[1].

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana (1) (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios(2)
Bajo	< 2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	> 60000	Alta

Notas : (1) Proyectado al periodo de diseño, incluida la población flotante.

(2) Incluye la capacidad económica de población flotante. Debe ser evaluada según metodología del DNP.

1. *"La población que debe utilizarse para clasificar el nivel de complejidad corresponde a la proyectada en la zona urbana del municipio en el periodo de diseño de cada sistema o cualquiera de sus componentes. Debe considerarse la población flotante.*

2. *El nivel de complejidad del sistema adoptado debe ser el que resulte mayor entre la clasificación obtenida por la población urbana y la capacidad económica. La clasificación anterior solamente puede ser superada si se demuestra que el grado de exigencia técnica es alto y cumple con el requisito 3 del Artículo 13.*

3. *En ningún caso se permite la adopción de un nivel de complejidad del sistema más bajo que el establecido según los anteriores numerales.*

4. *Para determinar la capacidad económica de los usuarios debe utilizarse alguna de las siguientes metodologías:*

   a) La estratificación de los municipios de acuerdo con la metodología establecida por el DNP.
   b) Salarios promedio del municipio.
   c) Ingreso personal promedio del municipio.

Además, para todos los niveles de complejidad del sistema debe cumplirse lo siguiente:

1. *El estándar mínimo establecido en el presente Reglamento corresponde al nivel de complejidad del sistema Bajo para todos los casos.*

2. *Los proyectos de abastecimiento de agua potable deben cumplir con las normas técnicas de calidad del agua potable establecidas en el Decreto 475 de 1998 de Minsalud y Mindesarrollo Económico o el que lo reemplace o adicione, en todos los niveles de complejidad de los acueductos"*

8.2. Periodo de Diseño

[1] Reglamento Técnico Para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – CAP B.2.2.4

Conforme a lo establecido en la Resolución 0330 de 2017[2]. Período de diseño. Para todos los componentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo, se adopta como período de diseño 25 años.

Tabla 4 Población DANE 1985 - 2005

Año	Cabecera	Resto	Total	Año	Cabecera	Resto	Total
1985	69 015	16 541	85 556	**2003**	117 688	22 170	139 858
1986	71 412	17 453	88 865	**2004**	119 767	22 073	141 840
1987	73 852	18 336	92 188	**2005**	122 071	21 981	144 052
1988	76 362	19 177	95 539	**2006**	124 574	21 891	146 465
1989	78 971	19 971	98 942	**2007**	127 279	21 812	149 091
1990	81 698	20 691	102 389	**2008**	130 076	21 744	151 820
1991	84 587	21 325	105 912	**2009**	132 957	21 676	154 633
1992	87 661	21 853	109 514	**2010**	135 874	21 620	157 494
1993	90 926	22 259	113 185	**2011**	138 837	21 572	160 409
1994	94 354	22 546	116 900	**2012**	141 830	21 524	163 354
1995	97 873	22 718	120 591	**2013**	144 851	21 491	166 342
1996	101 345	22 789	124 134	**2014**	147 879	21 457	169 336
1997	104 647	22 789	127 436	**2015**	150 923	21 441	172 364
1998	107 631	22 723	130 354	**2016**	153 978	21 429	175 407
1999	110 175	22 627	132 802	**2017**	157 035	21 415	178 450
2000	112 296	22 517	134 813	**2018**	160 075	21 418	181 493
2001	114 067	22 394	136 461	**2019**	163 082	21 428	184 510
2002	115 820	22 281	138 101	**2020**	166 059	21 439	187 498

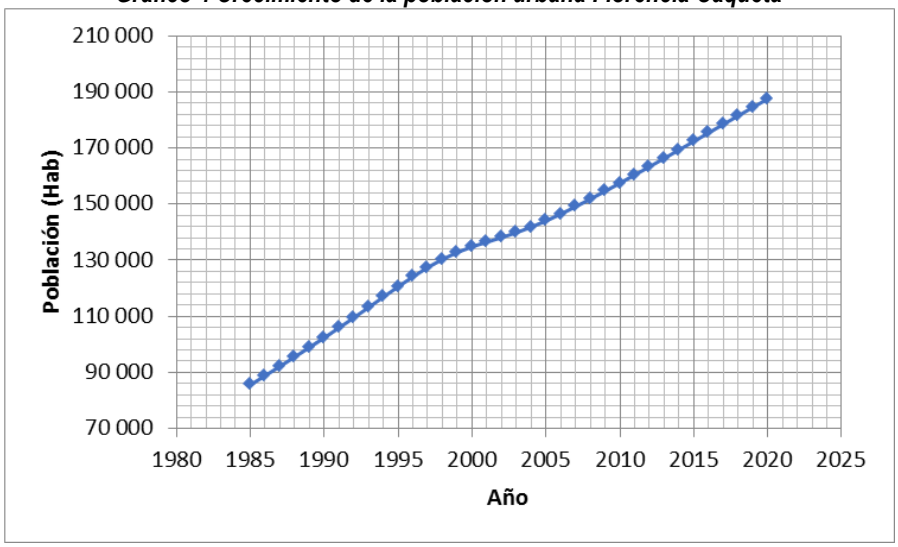
https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-general-2005-1/sistema-de-consulta-censo-2005[3]

A continuación, se presentan los crecimientos de la población desde el año 1985 hasta el 2020, conforme a la proyección realizada por el Departamento Nacional de Estadística DANE.

[2] Artículo 40 Resolución 0330 de 2017. Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009.

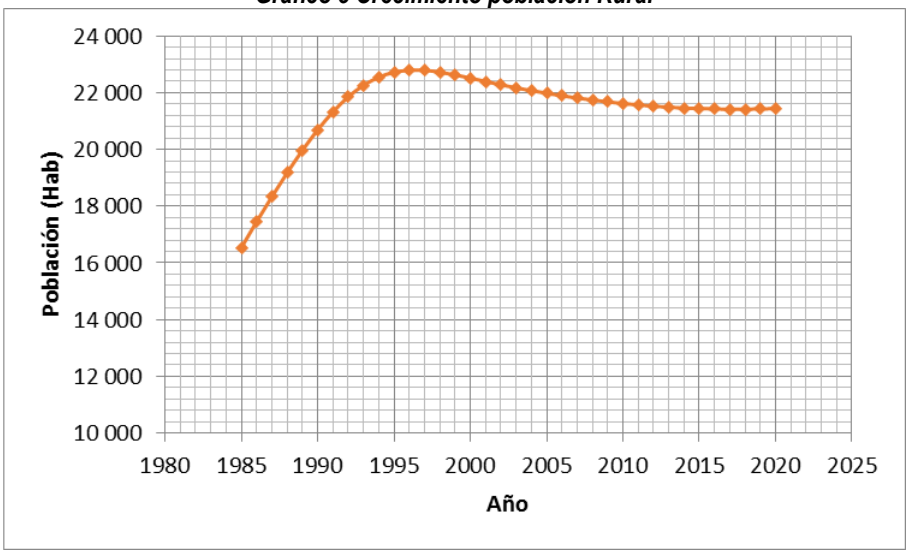
[3] Portal Web Departamento Administrativo Nacional de Estadística

Gráfico 4 Crecimiento de la población urbana Florencia Caquetá



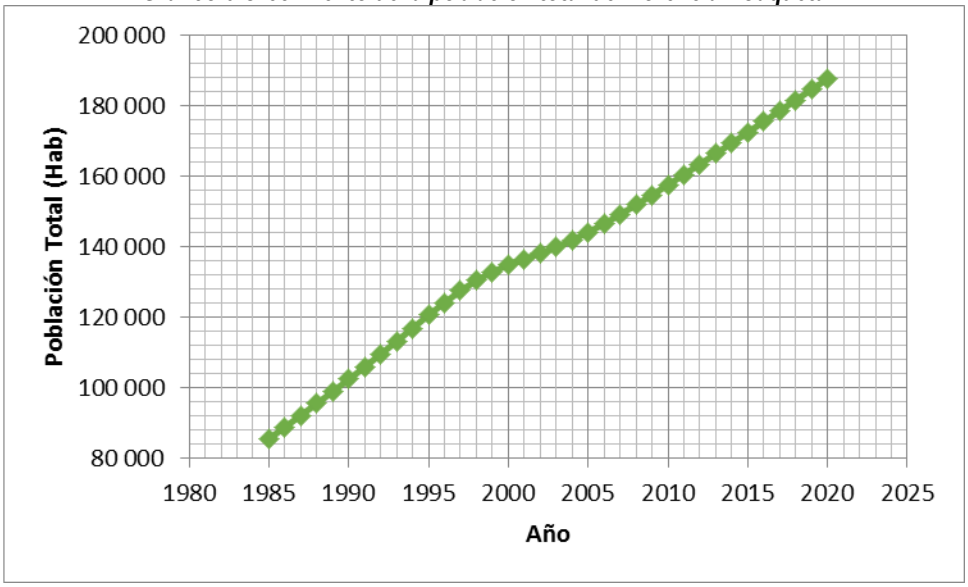
Fuente: Proyección DANE

Gráfico 5 Crecimiento población Rural



Fuente: Población DANE

Gráfico 6 Crecimiento de la población total de Florencia - Caquetá



Fuente: Proyección DANE

8.3. Proyecciones de Población

Conforme a lo establecido en el Reglamento Técnico Para el Sector de Agua Potable, como mínimo para una población con Nivel de Complejidad Bajo se deben proyectar las poblaciones con los siguientes Métodos.

Ilustración 4 Métodos de cálculo de proyección de población RAS 2000

	Nivel de Complejidad del Sistema			
Método por emplear	**Bajo**	**Medio**	**Medio alto**	**Alto**
Aritmético, Geométrico y exponencial	X	X		
Aritmétrico + Geométrico + exponencial + otros			X	X
Por componentes (demográfico)			X	X
Detallar por zonas y detallar densidades			X	X

Fuente: RAS 2000

8.3.1. Método aritmético[4]

El Método Aritmético supone un crecimiento vegetativo balanceado por la mortalidad y la emigración. La ecuación para calcular la población proyectada es la siguiente:

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} \times (T_f - T_{uc})$$

[4] Reglamento Técnico Para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – CAP B.2.2.4

8.3.2. Método Geométrico[5]

Es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades. La ecuación que se emplea es:

$$P_f = P_{uc}(1+r)^{T_f - T_{uc}}$$

Donde r, es la tasa de crecimiento anual en forma decimal y las demás variables se definen igual que para el método anterior. La tasa de crecimiento anual se calcula de la siguiente manera:

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}}\right)^{\frac{1}{(T_{uc} - T_{ci})}} - 1$$

8.3.3. Método Exponencial[6]

La utilización de este método requiere conocer por lo menos tres censos para poder determinar el promedio de la tasa de crecimiento de la población. Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y poseen abundantes áreas de expansión. La ecuación empleada por este método es la siguiente:

$$P_f = P_{ci} \times e^{k \times (T_f - T_{ci})}$$

Donde k es la tasa de crecimiento de la población la cual se calcula como el promedio de las tasas calculadas para cada par de censos, así:

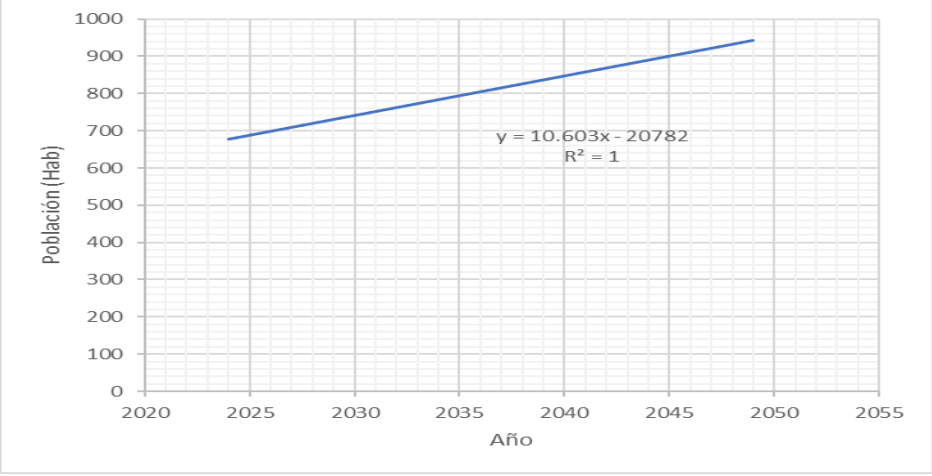
Teniendo en consideración la localización del proyecto dentro municipio de Florencia, se tendrá en cuenta la rata de crecimiento de la cabecera municipal, y de esta manera proyectar la población futura del proyecto de acueducto y alcantarillado. Debido a que no existe un censo demográfico exacto del número de habitantes de la Esmeralda, se utilizará el dato de número de domicilios conforme al levantamiento topográfico.

Año	Método Aritmético	Método Geométrico	Método Exponencial	PROMEDIO
2024	677	702	702	694
2025	688	720	720	709

[5] Reglamento Técnico Para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – CAP B.2.2.4
[6] Reglamento Técnico Para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – CAP B.2.2.4

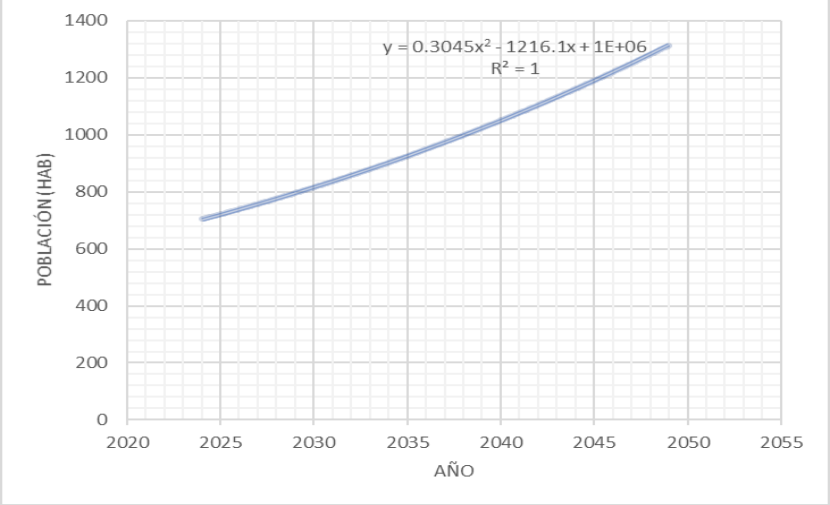
Año	Método Aritmético	Método Geométrico	Método Exponencial	PROMEDIO
2026	699	738	738	725
2027	709	757	757	741
2028	720	776	776	757
2029	730	796	796	774
2030	741	816	816	791
2031	752	837	837	808
2032	762	858	858	826
2033	773	880	880	844
2034	783	902	902	863
2035	794	925	925	881
2036	805	949	949	901
2037	815	973	973	920
2038	826	997	997	940
2039	836	1023	1023	961
2040	847	1049	1049	982
2041	858	1075	1075	1003
2042	868	1103	1103	1025
2043	879	1131	1131	1047
2044	889	1159	1159	1069
2045	900	1189	1189	1093
2046	911	1219	1219	1116
2047	921	1250	1250	1140
2048	932	1282	1282	1165
2049	942	1314	1314	1190

Gráfico 7 Proyección Aritmética



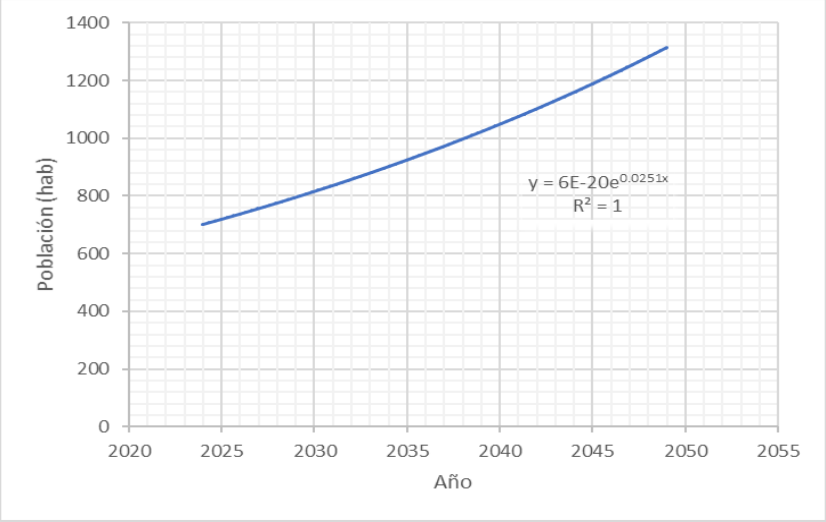
Fuente: Cálculos del Consultor

Gráfico 8 Proyección Geométrica



Fuente: Cálculos del Consultor

Gráfico 9 Proyección Exponencial



Fuente: Cálculos del consultor

9. DEMANDA

Para establecer el caudal de diseño de un sistema de acueducto y alcantarillado es necesario determinar el consumo total de agua o la dotación bruta. El consumo es el volumen de agua utilizado por una persona en un día y se expresa en el sistema internacional en litros por habitante – día.

Dicha determinación, se debe hacer según datos estadísticos del consumo pasado y presente de la población (en el caso que se disponga de la información) o, si no, basándose en los datos de otras poblaciones con características similares desde la óptica de factores determinantes del consumo.

El consumo total de un municipio se puede dividir en el consumo neto y las pérdidas de agua del sistema de acueducto[7].

9.1. Usos del Agua

"B.2.3.1 Uso residencial

El diseñador debe analizar detenidamente la dotación de uso residencial teniendo en cuenta las siguientes disposiciones:

1. En general el consumo total de uso residencial aumenta con el tiempo. El diseñador debe justificar la proyección de la dotación para las etapas de construcción de las obras del sistema de acueducto y para el período de diseño de cada uno de sus componentes.

2. Debe atenderse lo estipulado en el artículo 15 de la Ley 373 de 1997, sobre uso eficiente y ahorro del agua, o la que la reemplace, sobre la tecnología de bajo consumo y la reglamentación que exista al respecto, considerando el uso de micromedidores de caudal, reguladores de caudal, reguladores de presión o cualquier otro tipo de accesorio que implique una reducción en el consumo.

3. El diseñador debe tener en cuenta la utilización de aparatos de bajo consumo, con el fin de determinar el posible ahorro y el efecto de estos instrumentos en la dotación neta.

4. El diseñador debe deducir la dotación de uso residencial para el diseño de los sistemas de acueducto con base en mediciones directas hechas en la localidad. Cuando en ésta no existan micromedidores de caudal, el diseñador puede estimar la dotación por comparación de poblaciones cercanas con características similares.

5. Al hacer el estudio de la dotación por uso residencial deben tenerse en cuenta, entre otros, los siguientes factores: el tamaño de la población, las condiciones socioeconómicas, el clima, la cobertura de medidores, los aspectos sanitarios y demás factores que se estimen convenientes de acuerdo con el literal B.2.4.4.

6. La dotación por uso residencial debe incluir el riego de jardines.

7. Las variaciones que sean propuestas por el diseñador a las dotaciones antes establecidas deben estar técnicamente justificadas, teniendo en cuenta aspectos climatológicos y socioeconómicos del municipio.

B.2.3.2 Uso comercial

[7] Ricardo López Cualla, Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados. Ed E.C.I.

Para establecer el uso comercial, el diseñador debe utilizar un censo comercial y realizar un estimativo de consumos futuros. El diseñador debe cuantificar y analizar detenidamente la dotación comercial de acuerdo con las características de dichos establecimientos. Deben estudiarse los consumos puntuales o concentrados de demandas. El uso comercial también incluye el uso en oficinas.

B.2.3.3 Uso industrial

Para estimar el uso industrial, el diseñador debe utilizar censos industriales y estimativos de consumos futuros. El diseñador debe cuantificar y analizar detenidamente la dotación industrial de acuerdo con las características de dichos establecimientos. Deben estudiarse los consumos puntuales o concentrados demandados con el fin de establecer los posibles grandes consumidores.

B.2.3.4 Uso rural

En caso de que el municipio objeto de la construcción de un nuevo sistema de acueducto o la ampliación del sistema de acueducto existente tenga que abastecer población rural, el diseñador debe utilizar los datos del censo rural y estimar los consumos futuros. El diseñador debe cuantificar y analizar detenidamente la dotación rural de acuerdo con las características establecidas en el censo.

B.2.3.5 Uso para fines públicos

El consumo para uso público utilizado en los servicios de aseo, riego de jardines y parques públicos, fuentes públicas y demás, se estimará entre el 0 y el 3% del consumo medio diario doméstico, siempre y cuando no existan datos disponibles. En caso de que estos datos existan, servirán para establecer la proyección del uso público en el municipio.

B.2.3.6 Uso escolar

En caso de que en el municipio objeto de la construcción de un nuevo sistema de acueducto o de la ampliación del sistema existente se localice una concentración escolar importante que implique la permanencia durante el día de una población adicional, el diseñador debe analizar y cuantificar detenidamente la dotación de uso escolar de acuerdo con las características de los establecimientos de educación.

B.2.3.7 Uso institucional

Deben identificarse los establecimientos y predios que requieran una dotación especial debido a las características de sus actividades, tales como hospitales, cárceles, hoteles etc"[8].

[8] Título B.2.3 Usos del Agua Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000.

Los consumos asociados al proyecto solo pueden ser destinados a consumo humano. Los caudales del sector agrícola y ganadero son considerablemente superiores, por ende, no se tendrán en cuenta para el presente proyecto.

9.2. Dotación Neta

La dotación neta corresponde a la cantidad mínima de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de acueducto.

Tabla 5 Dotación máxima Resolución 0330 de 2017

Tabla 1. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA)
> 2000 m.s.n.m	120
1000 – 2000 m.s.n.m	130
< 1000 m.s.n.m	140

Fuente Resolución 0330 de 2017

Dadas las condiciones establecidas, no existen registros históricos de consumos de la población de estudio, en este orden de ideas se establecerá la dotación neta máxima para una población cálidas, puesto que la población se encuentra entre los 350 y 600 msnm.

9.3. Pérdidas Técnicas en el sistema

Se tendrá en cuenta lo establecido en el parágrafo del artículo 44 de la Resolución 0330 de 2016, puesto que empresa no cuenta con registros de pérdidas técnicas del sistema. *"Parágrafo. El porcentaje de pérdidas técnicas máximas en la ecuación anterior engloba el total de pérdidas esperadas en todos. Los componentes del sistema (como conducciones, aducciones y redes), así como las necesidades de la planta de tratamiento de agua potable, y no deberá superar el 25%."*

9.4. Dotación Bruta

La dotación bruta debe establecerse según la siguiente ecuación:

$$d_{Bruta} = \frac{d_{neta}}{1 - \%p}$$

$$d_{Bruta} = \frac{140 L/S}{1 - 0.25} = 186.7\ L/S$$

9.4.1. Caudal medio diario

El caudal medio diario, Q, es el caudal medio calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año y puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{md} = \frac{p \times d_{neta}}{86.400}$$

$$Q_{md} = \frac{1190 \times 186.7}{86.400} = 2.57\ L/S$$

9.4.2. Caudal Máximo Diario

El caudal máximo diario, QMD, corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas durante un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario, k_1.

Parágrafo 2º. Los factores de mayoración K_1 y K_2 deben calcularse para cada caso con base en los registros históricos de macromedición. En condiciones excepcionales en las que dicha información no esté disponible, debe justificarse la selección de los valores empleados. Para poblaciones menores o iguales de 12.500 habitantes, el periodo de diseño, en ningún caso el factor K_1 será superior a 1.3 ni el factor K2

$$QMD = 1.3 \times 2.57 = 3.34\ L/S$$

Dado que no existen registros históricos de macromedición ni micro-medición, se establecerán los coeficientes máximos permisibles en la Resolución 0330 de 2017, correspondientes a 1.3 para K_1 y el calculado mediante la fórmula empírica de Flores para K_2.

9.4.3. Caudal Máximo Horario

El caudal máximo horario, QMH, corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio. Se calcula como el caudal máximo diario multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario K_2

Tabla 6 Coeficiente de consumo máximo Horario

Nivel de complejidad del sistema	Red menor de distribución	Red secundaria	Red matriz
Bajo	1.60	-	-
Medio	1.60	1.50	-
Medio alto	1.50	1.45	1.40
Alto	1.50	1.45	1.40

Fuente: RAS 2000

$$QMH = 1.19 \times 1.4 = 5.35\ L/S$$

9.4.4. Caudales adoptados para el proyecto

Tabla 7 Caudales adoptados L/s

Qmd	QMD	QMH
4.49	**5.83**	9.33

Fuente: Cálculos del consultor

9.5. Proyección de caudales

Tabla 8 Proyección de caudales (L/S)

Año	Qmd	QMD	QMH
2024	1.50	1.95	2.73
2025	1.53	1.99	2.79
2026	1.57	2.04	2.85
2027	1.60	2.08	2.91
2028	1.64	2.13	2.98
2029	1.67	2.17	3.04
2030	1.71	2.22	3.11
2031	1.75	2.27	3.18
2032	1.78	2.32	3.25
2033	1.82	2.37	3.32
2034	1.86	2.42	3.39
2035	1.90	2.48	3.47
2036	1.95	2.53	3.54
2037	1.99	2.58	3.62
2038	2.03	2.64	3.70
2039	2.08	2.70	3.78
2040	2.12	2.76	3.86
2041	2.17	2.82	3.94
2042	2.21	2.88	4.03
2043	2.26	2.94	4.12
2044	2.31	3.00	4.21
2045	2.36	3.07	4.30
2046	2.41	3.14	4.39
2047	2.46	3.20	4.48
2048	2.52	3.27	4.58
2049	2.57	**3.34**	4.68

10. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

10.1. ANALISIS DE ALTERNATIVA PARA LA SELECCIÓN MATERIAL DE LA TUBERIA

Para seleccionar el material se tuvo en cuenta lo establecido en el RAS 0330, a partir del cual se definen los factores a tener en cuenta en la evaluación de las ventajas y desventajas y selección final del material de la tubería. A continuación, se mencionan los factores considerados para la evaluación de los materiales considerados:

1. La resistencia contra la corrosión y la agresividad del suelo.
2. Tipo de uniones y necesidad de anclaje.
3. Facilidad de adquisición en el mercado.
4. La resistencia a los esfuerzos mecánicos producidos por las cargas, tanto internas como externas.
5. Las características de comportamiento hidráulico del proyecto, incluyendo las presiones de trabajo máximas y mínimas, las sobrepresiones y las subpresiones causadas por golpe de ariete, etc.
6. Las condiciones económicas del proyecto.
7. Facilidad de transporte y manejo.

En el siguiente cuadro se presenta el cuadro comparativo de los diferentes materiales considerados para la construcción de la tubería de conducción.

Evaluación del material de la tubería de conducción.

Factores de evaluación

Material	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**Evaluación**
AC	NC	C	NC	NC	NC	C	NC	No Cumple
CCP	C	C	C	C	C	C	NC	No Cumple
HD	C	C	C	C	C	C	NC	No Cumple
PE	C	C	C	C	NC	C	NC	No Cumple
PVC	C	C	C	C	C	C	C	Cumple
GRP	C	C	C	C	C	C	NC	No Cumple

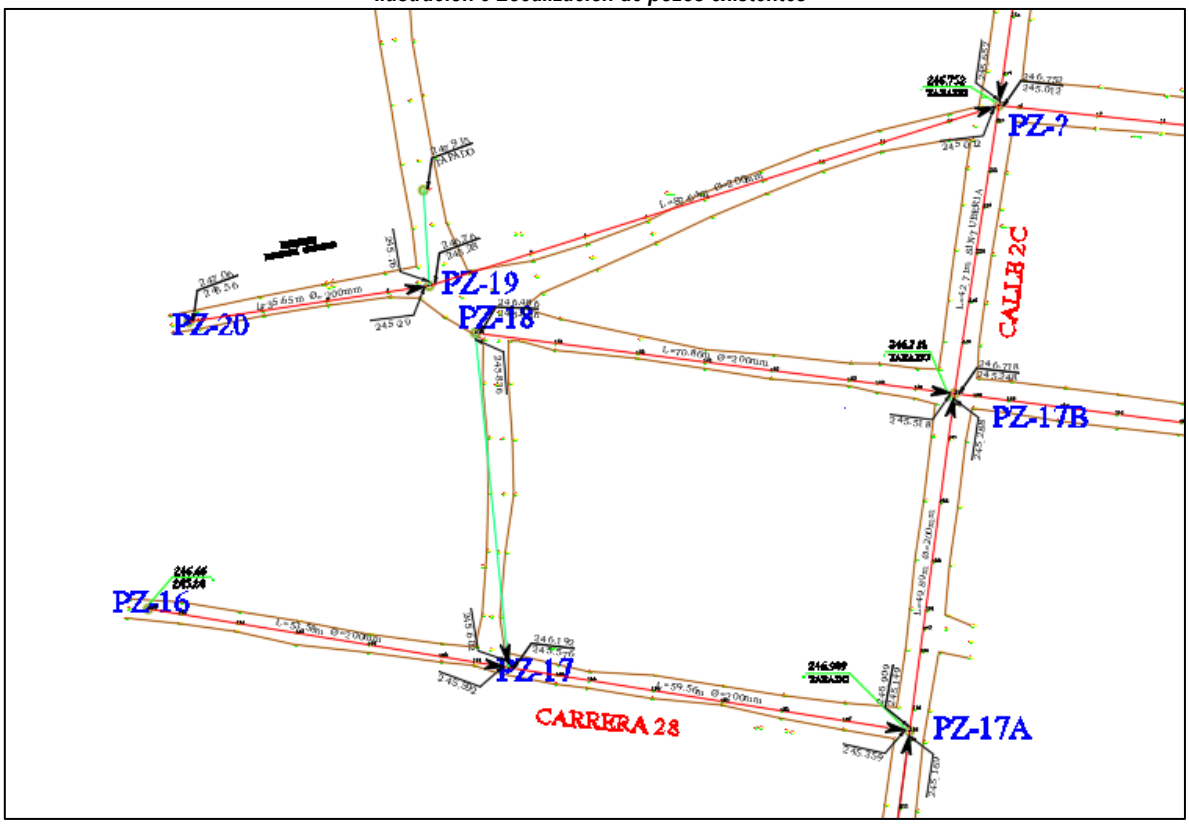
Fuente: Esta consultoría.

10.2. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN DE NECESIDAD

El sistema de alcantarillado del barrio la esmeralda se encuentra construido en tubería PVC, con profundidades promedio de 1.5 a 4 metros, para lo cual se realizará verificación de parámetros de

operación de la configuración del sistema de alcantarillado, y de esta manera analizar las alternativas de solución a la problemática presentada.

Ilustración 5 Localización de pozos existentes



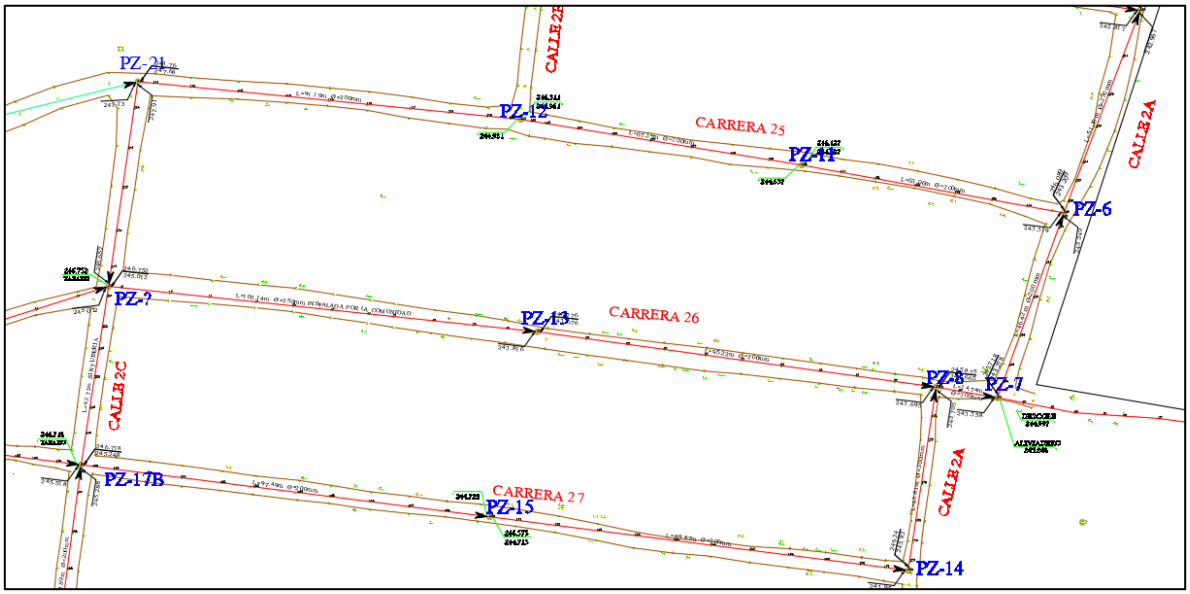


Ilustración 6 Cotas de inicio y fin de pozos existentes

POZO INICIO	POZO FIN	BATEA INICIO	BATEA FIN
21	12	247.68	244.981
12	11	244.961	244.627
11	6	244.627	243.209
6	5	243.209	242.817
16	17	245.8	245.592
17	17A	245.576	245.359
17A	17B	245.149	245.288
17B	15	245.248	244.725
15	14	244.715	243.95
17C	17A	245.443	245.169
14	8	243.92	243.705
8	7	243.665	243.27
7	6	243.278	243.34
6	5	243.209	242.987

Fuente: Levantamiento Topográfico

POZO INICIO	POZO FIN	So	D (m)	D (in)	D nom (in)	D interno (m)	Qo	Q/Qo	τ >,10 kg/m2	NF
21	12	0.0296	0.045	1.79	8	0.182	63.48	0.0236	0.3625	**2.8223**
12	11	0.0050	0.062	2.50	8	0.182	25.97	0.0578	0.0905	**1.2088**
11	6	0.0225	0.047	1.88	8	0.182	55.30	0.0271	0.2927	**2.4787**
6	5	0.0077	0.058	2.30	8	0.182	32.27	0.0465	0.1269	**1.4869**
16	17	0.0023	0.072	2.89	8	0.182	17.66	0.0850	0.0497	**0.8337**
17	17A	0.0036	0.066	2.65	8	0.182	22.26	0.0674	0.0713	**1.0426**
17A	17B	-0.0029	#¡VALOR!	#¡VALOR!	8	0.182	#¡VALOR!	#¡VALOR!	#¡VALOR!	**#¡VALOR!**
17B	15	0.0054	0.062	2.46	8	0.182	27.01	0.0555	0.0963	**1.2545**
15	14	0.0077	0.058	2.30	8	0.182	32.28	0.0465	0.1270	**1.4869**
17C	17A	0.0041	0.065	2.59	8	0.182	23.62	0.0635	0.0782	**1.1034**
14	8	0.0049	0.063	2.50	8	0.182	25.83	0.0581	0.0898	**1.2026**
8	7	0.0223	0.047	1.89	8	0.182	55.03	0.0273	0.2904	**2.4682**
7	6	-0.0012	#¡VALOR!	#¡VALOR!	8	0.182	#¡VALOR!	#¡VALOR!	#¡VALOR!	**#¡VALOR!**
6	5	0.0043	0.064	2.56	8	0.182	24.29	0.0618	0.0816	**1.1334**

Como se puede evidenciar, existen tramos que no cumplen con los requisitos establecidos en la Resolución 0330 de 2017, con respecto a esfuerzo cortante mínimo, tramos con pendiente negativa y colmatados; en este sentido, debe establecerse un nuevo trazado en elevación, que garantice el flujo en el conducto.

10.3. Posibles puntos de vertimiento

De acuerdo al comité técnico desarrolado en las instalaciones del PDA Caquetá, se realizó un levantamiento topográfico, mediante el cual se identificaron dos posibles puntos de entrega del sistema de transporte de agua residual a pozos de inspección existentes. El primero localizado en las coordenadas Este: 4711094.471m Norte: 1734446.310m, y el segundo, es el actual punto de entrega de la estación de bombeo localizado en las coordenadas Este: 4710825.263m Norte: 1734786.772m

Ilustración 7 Localización de puntos de entrega a pozos de inspección existentes

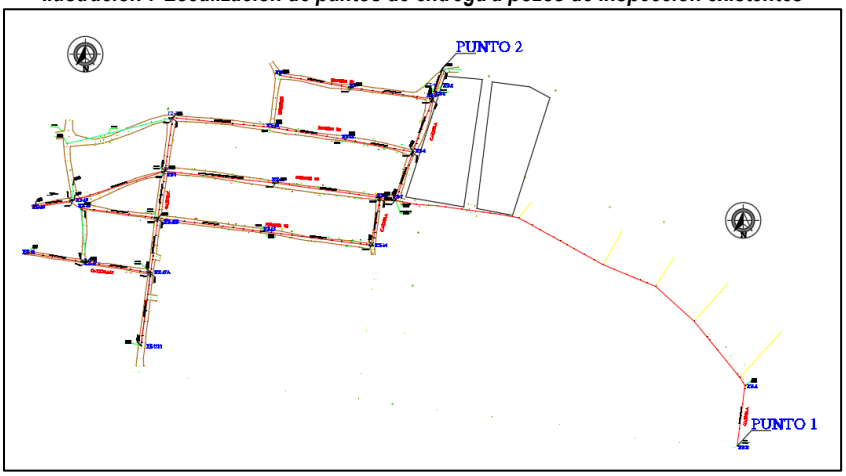
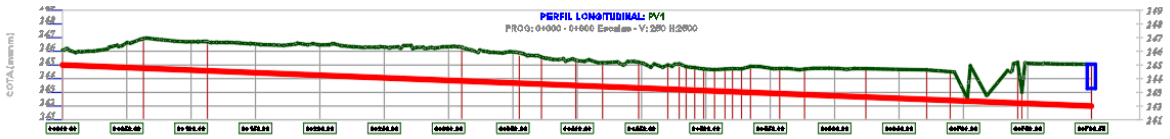


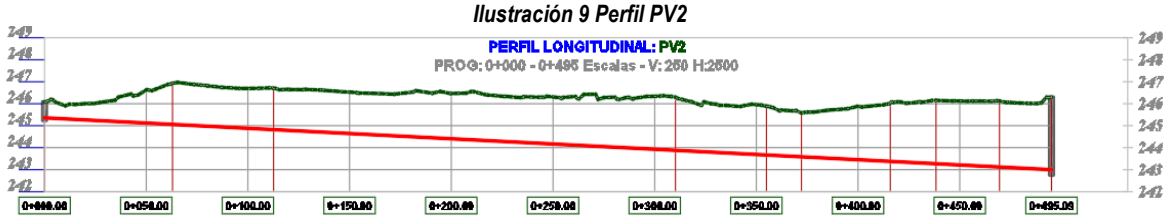
Ilustración 8 Perfil PV1



En la ilustración 8, se identifica el perfil de terreno, del posible colector de alcantarillado, con pendiente mínima, desde el punto mas bajo del alcantarillado, hasta el punto 1, donde se encuentra un pozo de inspección existente, donde se evidencia una profundidad mayor entre el colector y el pozo existente.

Adicionalmente, durante el levantamiento topográfico y ejecución de perforaciones del estudio de suelos, se identificó que el terreno en el cual se debería instalar la tubería no cumplía los requisitos mínimos de diseño de cimentación de tubería, lo cual implicaría deflexiones mayores a las permitidas por el fabricante para la instalación de tubería y construcción de pozos de inspección.

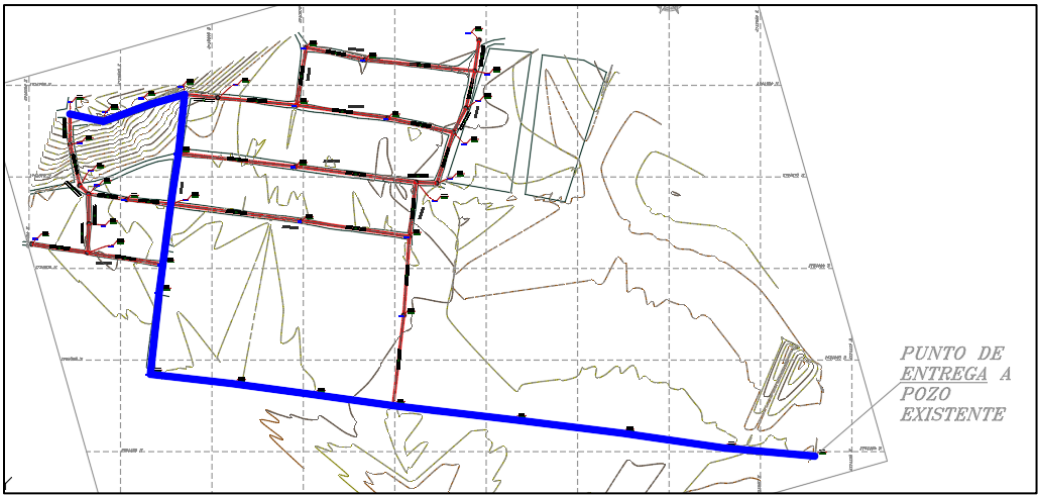
Ilustración 9 Perfil PV2



En el perfil de alcantarillado 2, se logra transportar el caudal residual desde el punto mas crítico del sistema de alcantarillado, con una pendiente mínima logrando capacidad y esfuerzo cortante mínimo.

Sin embargo, esta alternativa requiere la construcción de un sistema de bombeo de aguas residuales domésticas, con un tratamiento preliminar que garantice el óptimo funcionamiento de la estación, con el animo de entregar a un pozo existente en el barrio contiguo.

Entrega a punto No 1, con trazado 2



Con base en un nuevo levantamiento topográfico, se realizó diseño de la red de alcantarillado con entrega en el punto No 1, este trazado permite transportar el agua residual doméstica por gravedad, teniendo consideraciones especiales en los diámetros, pendientes y mantenimientos preventivos de la infraestructura.

En este orden de ideas se selecciona esta alternativa, para el diseño del sistema de transporte de aguas residuales domésticas del barrio La Esmeralda.

10.4. Diseño de la red de alcantarillado

Para el diseño de los diferentes colectores de aguas combinadas se tendrá en cuenta la normatividad vigente y los parámetros expuestos en el RAS.

Los parámetros a tener en cuenta son los que a continuación se describen.

Tipo de Tubería: NOVAFORT PAVCO WAVIN es una tubería de pared estructural, fabricada en un proceso de doble extrusión, pared interior lisa y pared exterior corrugada con sistema de unión mecánico, campana-espigo e hidrosello de caucho. Fabricadas bajo la Norma Técnica Colombiana NTC 3722-3: Sistemas de tuberías plásticas para uso sin presión en drenajes y alcantarillados

enterrados (o bajo tierra). Sistemas de tuberías de pared estructural de (poli cloruro de vinilo) rígido (pvc-u), polipropileno (pp) y polietileno (pe). Parte 3: tuberías y accesorios con superficie externa no lisa, Tipo B. Que tiene como antecedente la Norma ISO 21138-3. Para diámetros de 24" a 42". Bajo la norma NTC 5055, tubos y accesorios de poli (cloruro de vinilo) PVC perfilados para uso en alcantarillado por gravedad, controlados por el diámetro interno, antecedente ASTMF794.

10.5. Hermeticidad

Los Tubosistemas para Alcantarillado NOVAFORT y NOVALOC PAVCO WAVIN, impiden la exfiltración de agua de los conductos, protegiendo el medio ambiente al garantizar que las aguas transportadas no se exfiltren al medio y eventualmente puedan contaminar el agua sub-superficial.

Los Tubosistemas para Alcantarillado NOVAFORT y NOVALOC PAVCO WAVIN, impiden la infiltración, garantizando la estabilidad del relleno de la zanja, así como las estructuras en la superficie. Además, garantizan que el caudal transportado sea el caudal diseñado, asegurando el adecuado funcionamiento del sistema de alcantarillado, que llegan a la planta de tratamiento. Esta característica, igualmente, impide la penetración de raíces que pueden causar obstrucciones en los conductos.

En laboratorio se efectúan pruebas de acuerdo con las normas NTC 3722-3, NTC 5055 y NTC 5070 que soportan esta afirmación, pues simulan el comportamiento de las tuberías asociado al uso en condiciones extremas. Estas pruebas incluyen prueba neumática para la tubería NOVALOC y pruebas de presión hidráulica interna y de vacío a las uniones para NOVAFORT y NOVALOC.

10.6. Flexibilidad

Los Tubosistemas para Alcantarillado PAVCO WAVIN por ser flexibles, aseguran excelente comportamiento a los movimientos del suelo, sismos y asentamientos diferenciales, brindando estabilidad al sistema.

10.7. Características

La rigidez de las tuberías se determina en laboratorio, de acuerdo a las Normas NTC 3722-3, NTC 5055 y NTC 5070 al 5% de la deflexión. La rigidez de la tubería más la rigidez del suelo que la rodea, aportan la resistencia estructural necesaria para soportar las cargas de diseño, conservando las ventajas de su flexibilidad.

El aplastamiento se mide al someter muestras de tubería de 12" de largo en platos paralelos, bajo una rata de carga uniforme. Bajo estas condiciones se lleva la tubería hasta una deflexión del 30%

comprobando que el punto máximo de carga no debe ser menor al 30% de la deflexión, y adicionalmente para tuberías de alcantarillado en PVC, se comprueba que no se presenten grietas en el tubo. Además, dicha tubería se somete a una deflexión del 60% y no se deben presentar rajaduras, agrietamientos, rupturas o separación de costuras.

10.8. Coeficiente de rugosidad de Manning según el material a utilizar

El coeficiente de rugosidad (n) de la fórmula de Manning, depende de las características del conducto. Un valor muy alto trae como consecuencia un sobre dimensionamiento y un diseño antieconómico, por otra parte, un valor muy bajo da como resultado una tubería con capacidad insuficiente para transportar el caudal de diseño. El coeficiente de rugosidad está influenciado por los siguientes factores:

- Tipo y número de uniones
- Desalineamiento horizontal del conducto.
- Desalineamiento vertical del conducto.
- Sedimentación de materiales.
- Reducción de la sección de flujo.
- Material de la tubería.
- Crecimiento de la película biológica dentro de la tubería.

10.9. Parámetros de diseño

- Manning = 0.01
- Tubería PVC Novafort
- Ecuación de maning para cálculo de caudales
- Coeficiente de retorno 0.85
- Uso Residencial 100% y Uso comercial 0%
- Aporte de uso comercial 0.5 L/S-Ha
- Coeficiente de conexiones herradas 3 L/s-Ha

10.10. Cálculo de caudales de aporte de aguas residuales

Cálculo de fuerza tractiva.

La fuerza tractiva o tensión de arrastre, es el esfuerzo tangencial unitario ejercido por el liquido sobre el colector y, en consecuencia, sobre el material depositado.

$$\tau = \delta \times R \times S$$

La fuerza tractiva es función del líquido que escurre en la tubería (peso específico), del radio Hidráulico y de la pendiente como se muestra en la siguiente fórmula:

Donde

- τ : Fuerza tractiva [kg/m2], δ: Peso específico del líquido [kg/m3],
- R: Radio
- hidráulico [m] y S: Pendiente [m/m]

Para evitar la sedimentación, la fuerza tractiva debe superar la resistencia del sedimento al movimiento, para cerciorarse de que esto pase, la norma NB 688 aconseja un valor mínimo de fuerza tractiva de 1 Pa (0,1 kg/m2).

Tabla 9 Relaciones Hidráulicas de las secciones de flujo

h/D	θ [rad]	θ [grados]	Radio hidr [r]	r/R	a/A	v/V	q/Q
0.00	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
0.10	1.287002	73.739795	0.063520	0.254081	0.052044	0.401157	0.020878
0.20	1.854590	106.260205	0.120591	0.482365	0.142378	0.615060	0.087571
0.30	2.318559	132.843643	0.170941	0.683764	0.252316	0.776135	0.195831
0.40	2.738877	156.926082	0.214226	0.856905	0.373530	0.902170	0.336988
0.50	3.141593	180.000000	0.250000	1.000000	0.500000	1.000000	0.500000
0.60	3.544308	203.073918	0.277644	1.110577	0.626470	1.072422	0.671840
0.70	3.964626	227.156357	0.296235	1.184939	0.747684	1.119774	0.837238
0.80	4.428595	253.739795	0.304193	1.216773	0.857622	1.139742	0.977467
0.90	4.996183	286.260205	0.298037	1.192147	0.947956	1.124311	1.065797
1.00	6.283185	360.000000	0.250000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000

Caudal de aguas residuales

Los aportes de aguas residuales deben determinarse con base en información de consumos y/o mediciones recientes registrados en la localidad, y considerando las densidades previstas para el período de diseño con base en el Plan de Ordenamiento Territorial o Plan Básico de Ordenamiento Territorial o Esquema de Ordenamiento Territorial y Plan de Desarrollo del municipio a través de zonificación del uso de la tierra. Se justificarán los valores adoptados y deben ser aprobados por la persona prestadora del servicio

$$Q_{md} = \frac{p \times d_{neta} \times C_r}{86.400}$$

Por otra parte, de acuerdo al área aportante del sistema de alcantarillado, se realizará la evaluación de los caudales transportados por los colectores de aguas residuales domésticas,

11. DISEÑO DE COLECTORES DE AGUAS RESIDUALES

Se evaluará la condición de caudal mínimo en los colectores, dado que es el escenario crítico para la operación del sistema de alcantarillado.

Tabla 10 Diseño de colectores de aguas residuales domésticas

Tramo	L m	Q dis	So	So	D (m)	D (in)	D nom (mm)
T-(1)	23.04	1.5	0.65	0.0065	0.059	2.38	200.00
T-(2)	59.31	1.5	0.22	0.0022	0.073	2.91	350.00
T-(3)	24.63	1.5	0.34	0.0034	0.067	2.68	200.00
T-(4)	25.05	1.5	0.25	0.0025	0.071	2.84	200.00
T-(5)	90.75	1.5	0.53	0.0053	0.062	2.47	200.00
T-(6)	49.56	1.5	0.25	0.0025	0.071	2.84	350.00
T-(7)	47.86	1.5	0.21	0.0021	0.073	2.94	200.00
T-(8)	25.21	1.5	0.37	0.0037	0.066	2.64	200.00
T-(9)	33.83	1.5	0.45	0.0045	0.064	2.55	200.00
T-(10)	48.47	1.5	0.32	0.0032	0.068	2.71	200.00
T-(11)	68.36	1.5	0.27	0.0027	0.070	2.80	200.00
T-(12)	3.67	1.5	0.34	0.0034	0.067	2.68	200.00
T-(13)	50.84	1.5	5.21	0.0521	0.040	1.61	200.00
T-(14)	79.70	1.5	0.16	0.0016	0.077	3.09	200.00
T-(15)	92.23	1.5	0.22	0.0022	0.073	2.91	200.00
T-(16)	29.38	1.5	0.30	0.0030	0.069	2.75	200.00
T-(17)	40.96	1.5	0.78	0.0078	0.057	2.30	200.00
T-(18)	28.08	1.5	0.24	0.0024	0.072	2.86	200.00
T-(19)	98.83	1.5	2.10	0.0210	0.048	1.91	200.00
T-(20)	97.28	1.5	7.89	0.0789	0.037	1.49	200.00
T-(21)	39.32	1.5	7.46	0.0746	0.038	1.50	200.00
T-(22)	42.30	1.5	0.25	0.0025	0.071	2.84	300.00
T-(23)	6.01	1.5	0.25	0.0025	0.071	2.84	300.00
T-(24)	38.92	1.5	0.25	0.0025	0.071	2.84	300.00
T-(25)	13.18	1.5	0.25	0.0025	0.071	2.84	300.00
T-(26)	25.54	1.5	0.25	0.0025	0.071	2.84	200.00
T-(27)	31.20	1.5	0.25	0.0025	0.071	2.84	200.00
T-(28)	22.52	1.5	0.25	0.0025	0.071	2.84	200.00
T-(29)	43.64	1.5	0.25	0.0025	0.071	2.84	200.00
T-(30)	17.25	1.5	0.25	0.0025	0.071	2.84	350.00
T-(31)	44.70	1.5	0.36	0.0036	0.066	2.65	350.00

Tramo	L m	Q dis	So	So	D (m)	D (in)	D nom (mm)
T-(32)	98.77	1.5	0.19	0.0019	0.075	2.99	350.00
T-(33)	98.80	1.5	0.25	0.0025	0.071	2.84	350.00
T-(34)	49.72	1.5	0.25	0.0025	0.071	2.84	350.00
T-(35)	62.92	1.5	0.25	0.0025	0.071	2.84	350.00
T-(36)	51.92	1.5	0.25	0.0025	0.071	2.84	350.00
T-(37)	42.12	1.5	0.25	0.0025	0.071	2.84	300.00
T-(38)	42.12	1.5	0.34	0.0034	0.067	2.68	300.00
T-(39)	42.12	1.5	2.78	0.0278	0.045	1.81	300.00
T-(40)	42.12	1.5	2.92	0.0292	0.045	1.79	200.00
T-(41)	42.12	1.5	2.78	0.0278	0.045	1.81	200.00
T-(42)	42.12	1.5	0.50	0.0050	0.062	2.50	200.00
T-(43)	42.12	1.5	0.34	0.0034	0.067	2.68	200.00

Fuente: Cálculos del consultor

Tabla 11 Cálculo de fuerza tractiva

Tramo	D nom (mm)	D nom (in)	D interno (m)	Qo	Q/Qo		τ >,10 kg/m2	NF
T-(1)	200.00	8	0.182	29.73	0.0505		0.1118	**1.3756**
T-(2)	350.00	14	0.327	82.52	0.0182		0.0429	**0.8353**
T-(3)	200.00	10	0.227	38.76	0.0387		0.0648	**1.0193**
T-(4)	200.00	8	0.182	18.44	0.0813		0.0531	**0.8697**
T-(5)	200.00	8	0.182	26.85	0.0559		0.0954	**1.2479**
T-(6)	350.00	14	0.327	87.97	0.0171		0.0474	**0.8872**
T-(7)	200.00	8	0.182	16.90	0.0888		0.0464	**0.7994**
T-(8)	200.00	8	0.182	22.43	0.0669		0.0721	**1.0504**
T-(9)	200.00	8	0.182	24.74	0.0606		0.0840	**1.1538**
T-(10)	200.00	8	0.182	20.86	0.0719		0.0644	**0.9796**
T-(11)	200.00	10	0.227	34.54	0.0434		0.0541	**0.9134**
T-(12)	200.00	8	0.182	21.50	0.0698		0.0675	**1.0086**
T-(13)	200.00	8	0.182	84.18	0.0178		0.5609	**3.6838**
T-(14)	200.00	8	0.182	14.75	0.1017		0.0375	**0.7007**
T-(15)	200.00	8	0.182	17.30	0.0867		0.0481	**0.8177**
T-(16)	200.00	8	0.182	20.20	0.0743		0.0613	**0.9493**
T-(17)	200.00	8	0.182	32.57	0.0461		0.1288	**1.5004**
T-(18)	200.00	8	0.182	18.07	0.0830		0.0515	**0.8527**
T-(19)	200.00	8	0.182	53.44	0.0281		0.2775	**2.4014**
T-(20)	200.00	8	0.182	103.59	0.0145		0.7734	**4.4740**
T-(21)	200.00	8	0.182	100.73	0.0149		0.7404	**4.3604**
T-(22)	300.00	12	0.284	60.40	0.0248		0.0488	**0.8863**
T-(23)	300.00	12	0.284	60.40	0.0248		0.0488	**0.8863**
T-(24)	300.00	12	0.284	60.40	0.0248		0.0488	**0.8863**
T-(25)	300.00	12	0.284	60.40	0.0248		0.0488	**0.8863**
T-(26)	200.00	8	0.182	18.44	0.0813		0.0531	**0.8697**
T-(27)	200.00	8	0.182	18.44	0.0813		0.0531	**0.8697**

Tramo	D nom (mm)	D nom (in)	D interno (m)	Qo	Q/Qo		τ >,10 kg/m2	NF
T-(28)	200.00	8	0.182	18.44	0.0813		0.0531	**0.8697**
T-(29)	200.00	8	0.182	18.44	0.0813		0.0531	**0.8697**
T-(30)	350.00	14	0.327	87.97	0.0171		0.0474	**0.8872**
T-(31)	350.00	14	0.327	105.57	0.0142		0.0629	**1.0526**
T-(32)	350.00	14	0.327	76.69	0.0196		0.0383	**0.7801**
T-(33)	350.00	14	0.327	87.97	0.0171		0.0474	**0.8872**
T-(34)	350.00	14	0.327	87.97	0.0171		0.0474	**0.8872**
T-(35)	350.00	14	0.327	87.97	0.0171		0.0474	**0.8872**
T-(36)	350.00	14	0.327	87.97	0.0171		0.0474	**0.8872**
T-(37)	300.00	12	0.284	60.40	0.0248		0.0488	**0.8863**
T-(38)	300.00	12	0.284	70.44	0.0213		0.0619	**1.0237**
T-(39)	300.00	12	0.284	201.43	0.0074		0.3142	**2.7428**
T-(40)	200.00	8	0.182	63.02	0.0238		0.3584	**2.8031**
T-(41)	200.00	8	0.182	61.49	0.0244		0.3449	**2.7406**
T-(42)	200.00	8	0.182	26.08	0.0575		0.0911	**1.2132**
T-(43)	200.00	8	0.182	21.50	0.0698		0.0675	**1.0086**

Fuente: Cálculos del consultor

12. CONDICIONES TECNICAS A TENER EN CUENTA PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL COLECTOR

12.1. CONDICIONES TÉCNICAS A TENER EN CUENTA PARA ESCALONES DE LOS POZOS DE INSPECCIÓN.

Es importante tener en cuenta el diámetro de los escalones en un pozo de inspección, ya que estos elementos garantizan la accesibilidad del personal de mantenimiento y de equipos hidroneumáticos, la ausencia o mal estado de estos dificulta realizar trabajos de mantenimiento de calidad al sistema y puede ocasionar algún tipo de accidente laboral.

Como base de referencia se debe tener en cuenta que el diámetro de los escalones no debe ser inferior a varilla N° 7 (7/8") ni mayor a varilla N° 9 (1 1/8").

BARRA No	DIAMETRO NOMINAL		PESO Kg/ml
	cm	Pulg	
7	2,22	7/8"	3,04
8	2,54	1"	3,97
9	2,87	1 1/8"	5,06

Fuente: Esta Consutoría

La importancia del diámetro de la varilla radica en la durabilidad de la misma; ya que, por estar expuestos directamente a gases tóxicos procedentes de la descomposición de la materia orgánica, se deterioran por el óxido con mucha facilidad y van perdiendo diámetro durante el pasar del tiempo.

12.2. RECOMENDACIONES A TENER EN CUENTA EN EL REFUERZO PARA ESCALONES

Cuando el tipo de material de peldaño es anticorrosivo como un acero inoxidable o con revestimiento de zinc, se puede usar peldaños con diámetro de 5/8".

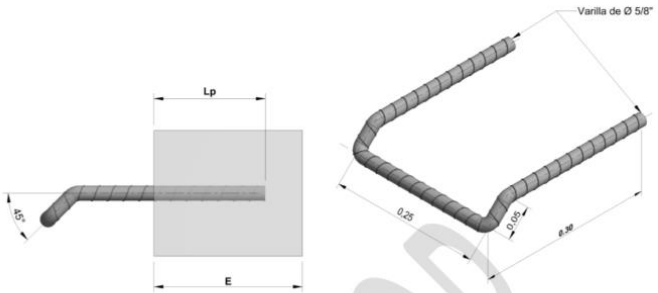
Los accesos a las cámaras o pozos de inspección, generalmente se elaboran con ganchos de acero grado 60 fy = 420 MPa y Ø = 5/8" con recubrimiento de zinc en caliente según NTC 2076 (Galvanizado por inmersión en caliente para elementos de hierro y acero) y deben cumplir la norma NTC 2289 (Barras corrugadas y lisas para acero de baja aleación, para refuerzo de concreto); sin embargo, pueden emplearse otros materiales como: aluminio o materiales poliméricos que cumplan los estándares de seguridad industrial y ergonomía, deben ser aprobados previamente por la Empresa Prestadora del Servicio, en este caso SERVAF S.A E.S.P, y/o por la Aguas de Florencia S. A.S. E.S.P.

12.3. PELDAÑOS EN GANCHOS DE ACERO, UBICACIÓN E INSTALACIÓN DE GANCHOS DE ACERO.

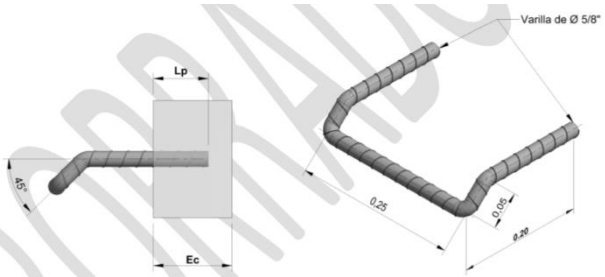
Las cámaras o pozos de inspección con altura superior a 1,20 m, deben estar provistos de ganchos para facilitar su inspección y los trabajos de mantenimiento, espaciados y figurados como se indica en la NCAS-IL02-05

Los ganchos metálicos pueden ser instalados de dos formas: dejándose embebidos en el vaciado del cilindro ó pueden anclarse perforando la pared interna del cilindro así: Lp = Longitud de perforación 0,08 m en cilindros de E = 0,10 m y 0,10 m en cilindros de E = 0,125 m. Se debe utilizar un producto epóxico para anclajes de dos componentes que cumpla la normativa ASTM C-881-02 tipo IV, grado 3, sin sobrepasar el espesor de la pared del cilindro, ver Fotografía siguiente.

Esquema de detalle de peldaño para realizar anclaje con producto epóxido y características anticorrosivas del material de peldaño.



Detalle de peldaño para cilindro



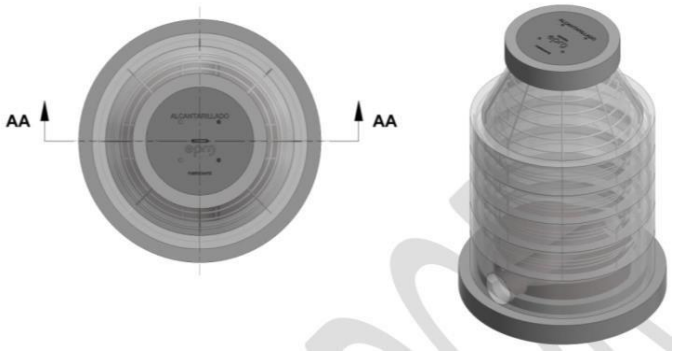
Detalle de peldaño para cono

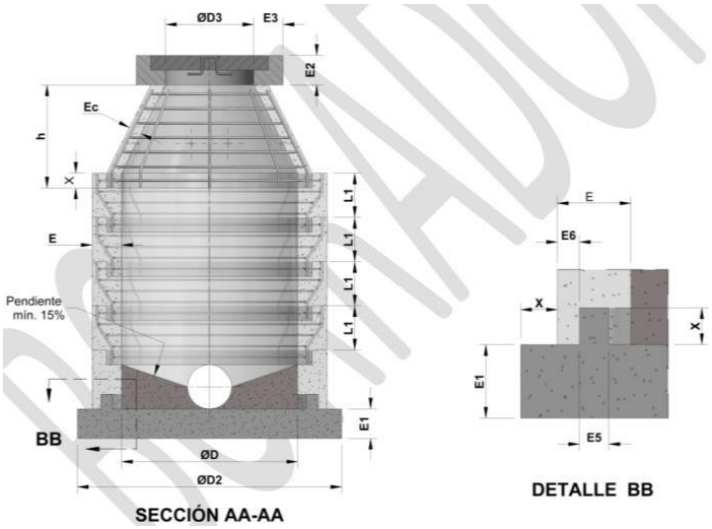
Lp=Longitud de perforación o anclaje (m) de ganchos en cámaras de inspección.
Lp = 0,08 m en cilindros de E=0,10 m y 0,10 m en cilindros de E= 0,125 m

NOTA: Ideal utilizar peldaños cortos (0,20 m) en las cámaras de inspección prefabricadas

12.4. DETALLE DE CÁMARA DE INSPECCIÓN CONCÉNTRICA Y EXCENTRICA.

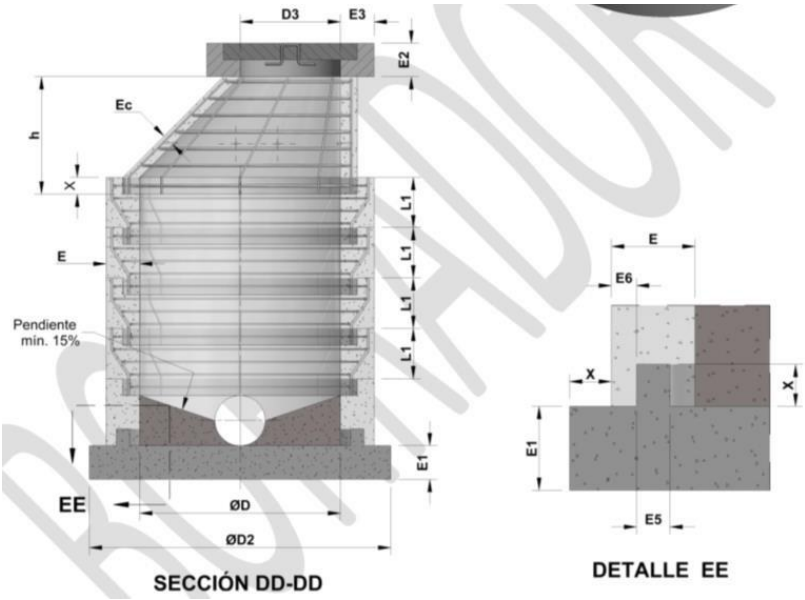
Detalle de cámara de inspección Concéntrica.





Fuente: NC-AS-IL02-05

Detalle de cámara de inspección Excéntrica.



Fuente: NC-AS-IL02-05

El buen estado de la tapa, garantiza seguridad a los transeúntes que circulan por determinado lugar del área de influencia del presente estudio, disminuye la propagación de malos olores y además facilita el ingreso al personal operativo de la Empresa.

Un estado de deterioro de este elemento es una amenaza latente de accidentalidad, y casos que se han presentado son innumerables; muchos se reportan y en su mayoría se quedan en el contar de historias de los habitantes de la zona donde suceden los eventos.

Es típico que las tapas de los pozos de inspección sean hurtadas con la finalidad de vender el hierro a recicladores; otro caso que se observa es haber levantado el nivel de la tapa 30 o 40 cm del nivel de la sub rasante; con el fin de lograr el nivel de acabado de la capa de rodadura; la anterior actividad conlleva a generar un espacio incómodo y de riesgo para la ejecución de tareas de inspección y mantenimiento.

12.5. CÁMARA DE CAÍDA

Las cámaras de caída son estructuras que se deben construir para dar continuidad al flujo cuando una tubería de alcantarillado llega a una cámara de inspección con una altura mayor de 0,70 m, con respecto a la tubería que sale de ella; esta diferencia se debe medir entre las bateas de entrada y la de salida.

Este tipo de cámaras de caída se debe constituir como un estándar que la Empresa de Servicios Públicos SERVAF S.A E.S.P., debería implementar para la construcción en todo tipo de proyectos independientemente de su topografía. Sin embargo, en casos especiales en que se presenten dificultades geométricas de construcción, se puede incrementar este ángulo del bajante con respecto a la horizontal, para lo cual se debe contar con la aprobación previa de la Empresa administradora del servicio. El diámetro del bajante debe ser mayor o igual a 300 mm (12").

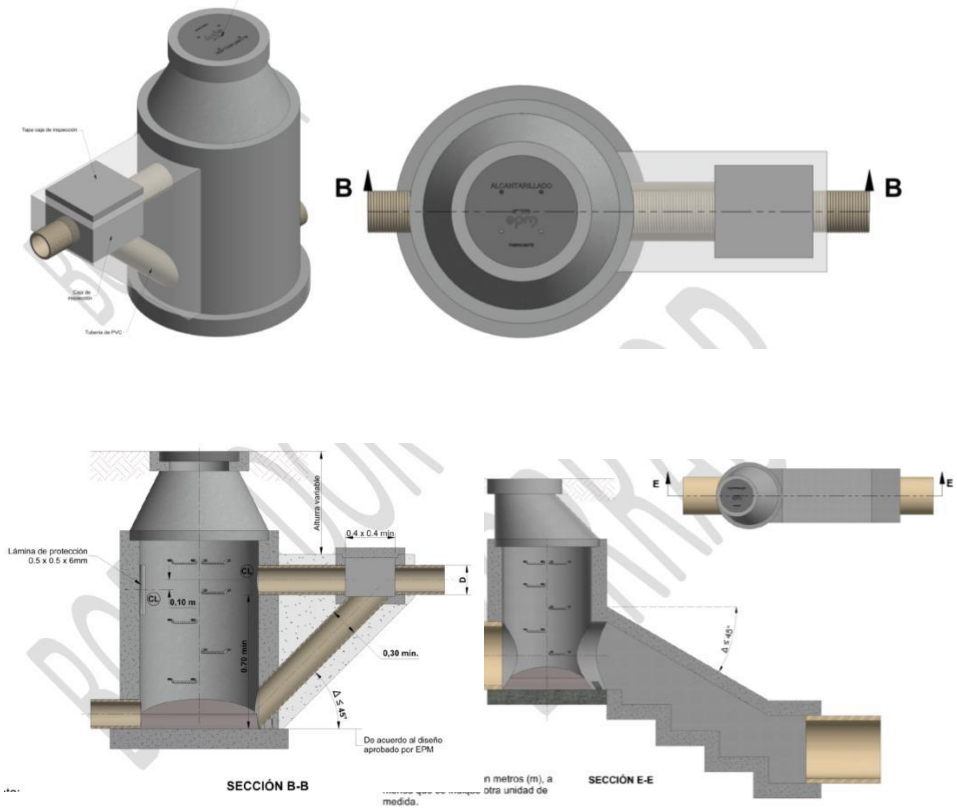
Para tuberías de diámetros nominales superiores a los 900 mm (36"), se deben diseñar transiciones compuestas por estructuras de disipación de energía escalonadas o cámaras de quiebre con tabiques verticales.

Las cámaras de caída consisten básicamente en estructuras que se adosan a las cámaras o pozos de inspección y cuyo fin es disipar la energía hidráulica de los flujos en sistemas de alcantarillado cuyas condiciones topográficas obliguen a tener diferencias de alturas entre las tuberías de entrada y salida mayores a 0,70 m.

Para ello se construye una derivación en "yee" de la tubería principal de alcantarillado hacia el bajante y éste, deben ser del mismo material; en caso de no poder hacerse, se debe construir una caja para enlazar los dos materiales y externamente se debe atracar el bajante en concreto de 17,5 MPa; además debe construirse una caja de empalme con tapa para realizar la conexión de la tubería.

Cuando se presenten condiciones hidráulicas especiales que lo ameriten, se deben instalar una lámina de acero o en PVC de 6 mm cuya finalidad es proteger las paredes de las cámaras de inspección de la erosión o desgaste que produce sobre ellas el impacto del agua.

Modelo de cámara de caída tipo



Fuente: NC-AS-IL02-12

Es indispensable la cámara de caída para disminuir la velocidad y disipar la energía con que llega el agua al pozo de inspección; estos eventos se notan más claramente en aquellos sistemas que trabajan combinados.

También se recomienda su implementación en sistemas que transportan caudal de aguas residuales y lluvias con topografías de altas pendientes y que obligan a que los colectores se ajusten a estas topografías.

12.6. TRAMOS DE ALCANTARILLADO COLMATADOS

Como se mencionó anteriormente la colmatación de tramos de alcantarillado obedece a la decantación de solidos suspendidos transportados por el caudal sanitario, o de aguas lluvias; durante el tiempo de mayor caudal, los sólidos viajan desde las vías hasta los pozos de inspección y de éstos a los tramos de tubería de alcantarillado, cuando el caudal de aguas lluvias disminuye, se reduce la

fuerza tractiva y la velocidad del flujo disminuyendo la fuerza de empuje que ejerce el fluido sobre los sólidos suspendidos.

12.7. POZOS DE INSPECCIÓN TÉCNICAMENTE DEFECTUOSO

Generalmente se han encontrado elementos que, en lugar de brindar un espacio adecuado y seguro para las tareas de operación y mantenimiento, son todo lo contrario, por sus formas atípicas e improvisadas lo que hacen es generar una amenaza que va en contra de la integridad física del trabajador.

A manera de información, se cita los siguientes lineamientos (fiel copia de la Resolución 0330 del ocho (08) de junio de 2017):

ARTICULO 22. *Procedimiento General.* La elaboración de los diseños detallados de cada proyecto debe seguir los siguientes pasos:

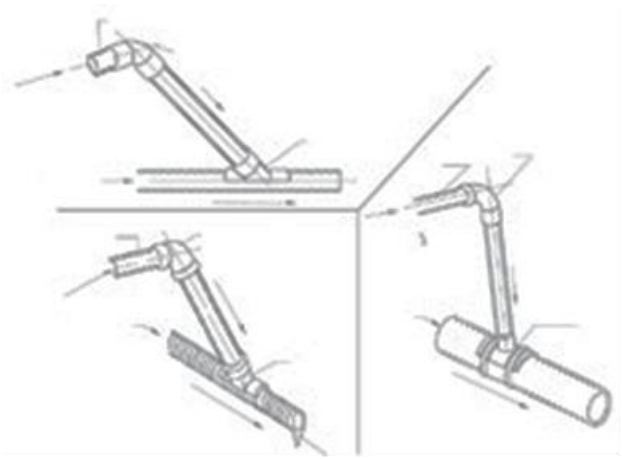
PASO 1.	Definición y localización de cada uno de los componentes del proyecto a diseñar.
PASO 2.	Reconocimientos de campo, investigación predial inicial.
PASO 3.	Levantamientos topográficos.
PASO 4.	Investigación de suelos y geotecnia.
PASO 5.	Selección de alternativas.
PASO 6.	Diseño geométrico y análisis de interferencias.
PASO 7.	Diseño hidráulico.
PASO 8.	Diseño geotécnico.
PASO 9.	Diseño estructural.
PASO 10.	Obras complementarias.
PASO 11.	Definición de especificaciones técnicas de construcción.
PASO 12.	Fichas de adquisición predial y declaratoria de utilidad pública.
PASO 13.	Permisos, licencias y autorizaciones.
PASO 14.	Determinación del presupuesto y cronograma de obras.

1. Se debe tener en cuenta los aspectos generales como es: Periodo de diseño: 25 años.

2. Los diseños deben utilizar el sistema de referencia MAGNA – SIRGAS adoptado por Colombia; para el caso particular de esta Consultoría, se realizó la materialización de puntos GPS amarrados al sistema de coordenadas y cotas reales y con los cuales se hace el levantamiento de estructuras existentes de acueducto y alcantarillado. Cumpliendo con lo establecido a la Resolución 0330 del ocho (08) de junio de 2017; y dejando a disposición un material de catastro real y georreferenciado (ver informe topográfico).

3. El artículo 137 de la Resolución 0330 de 2017, resalta que para el diseño de la red de alcantarillado se debe emplear la formulación matemática que defina los diámetros, las pendientes y los parámetros mínimos hidráulicos de los conductos del sistema, el cual deberá ser verificado mediante el empleo de una modelación hidráulica de las redes de alcantarillado, mediante el uso de un programa que permita simular entre otros el sistema existente, el cual debe estar basado en ecuaciones de resistencia fluida, que permita obtener resultados de tal forma que el modelo matemático represente en gran medida el modelo físico o prototipo de la red de alcantarillado.

Modelo de una correcta instalación de acometida domiciliaria



Fuente: Esta Consutoría

En este documento preliminar y de diagnóstico se sugiere una forma de realizar una correcta instalación de acometida domiciliaria de alcantarillado (copia del documento Manual técnico tubo sistemas para alcantarillado **NOVAFORT - NOVALOC**.

1. Se coloca el caucho de la silla sobre la tubería sanitaria principal haciendo coincidir las crestas del caucho con los valles de la tubería. Se traza el contorno del hueco.

2. Se perfora la tubería por donde se hizo el trazado con un villabarquín.

3. Con un serrucho de punta se abre el hueco siguiendo el borde exterior de la marca.

4. Se remueve la rebaba hasta que la superficie quede lisa.

5. Se coloca el caucho en la posición marcada teniendo la precaución de verificar que quede al borde de la perforación y coincida cresta con valle.

6. Se instala la silla sobre el caucho y la tubería controlando que las aberturas en la tubería de caucho y salida de la silla coincidan.

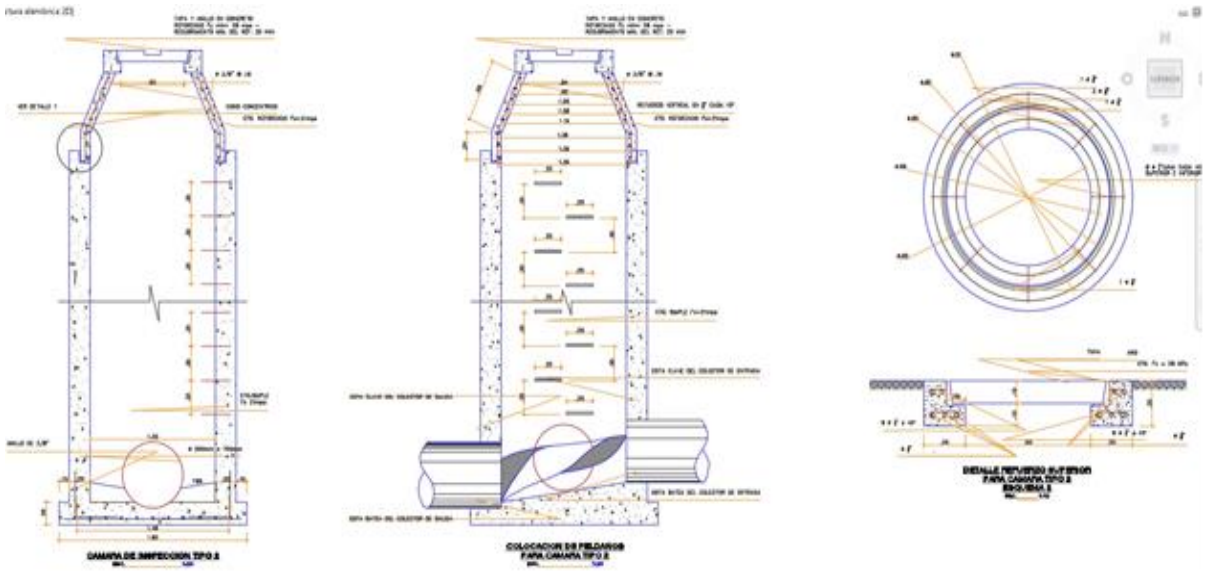
7. Se coloca la abrazadera sobre la silla en la posición marcada y se ajusta alternadamente hasta la línea de apriete.

Accesorios para acometidas domiciliarias

Fuente: Catálogo de alcantarillado de PAVCO

Profundidades mínimas a las cotas claves del colector (Resol 0330 de 8 de Junio de 2017 RAS)

Servidumbre	Profundidad a la clave del colector (m)
Vías peatonales o zonas verdes	0,75
Vías vehiculares	1,20



Fuente: Esta Consutoría

Generalmente la forma en planta del pozo depende del uso que tiene el pozo de inspección y además del tamaño de los diámetros que compone los tramos. El diámetro interno del pozo depende del diámetro de las tuberías que entran y salen de este.

En la sección 5 de la Resolución 0330 del 8 de junio de 2017, estructuras complementarias de la red de alcantarillado, da a conocer los requisitos mínimos que deben cumplir las cámaras o pozos de inspección:

- Las estructuras de conexión deben ubicarse al inicio de la red, en los cambios de dirección de flujo, en los cambios de diámetro, material, pendiente del colector, en la confluencia de más de dos tramos y a distancia máxima de 120 m, para tramos con aporte de caudal y 300 m en interceptores y emisarios finales sin aportes de caudal.

- En el trazado de las redes de alcantarillado y en la localización de las estructuras de conexión, deberán tenerse en cuenta los siguientes lineamientos: minimizar los cambios de velocidad en las cámaras o estructuras de conexión, minimizar los cambios de dirección, evitar que las entradas de flujo sean opuestas entre sí, evitar deflexiones entre las tuberías de entrada y salida mayores a 90°, dirigir los flujos hacia la tubería de salida y realizar acabados hidrodinámicos en la confluencia de las uniones.

- El diámetro interno de la estructura de conexión debe definirse con las condiciones hidráulicas y geométricas del empalme de las tuberías, garantizando que las tuberías que se conecten a la estructura caben sin cruzarse entre sí y que las perdidas hidráulicas debido al radio de curvatura de conexión sean mínimas. Adicionalmente, se debe considerar la disponibilidad de equipos para el mantenimiento.

Tabla 12 Diámetro interno Mínimo de estructuras de conexión:

MAYOR DIAMETRO DE LAS TUBERIAS CONECTADAS (mm)	DIAMETRO INTERNO DE LA ESTRUCTURA (m)
De 200 a 500 mm	1.20
Mayor que 500 hasta 750 mm	1.50
Mayor que 750 hasta 900 mm	1.80

Fuente: Res 0330 de junio 8 de 2017

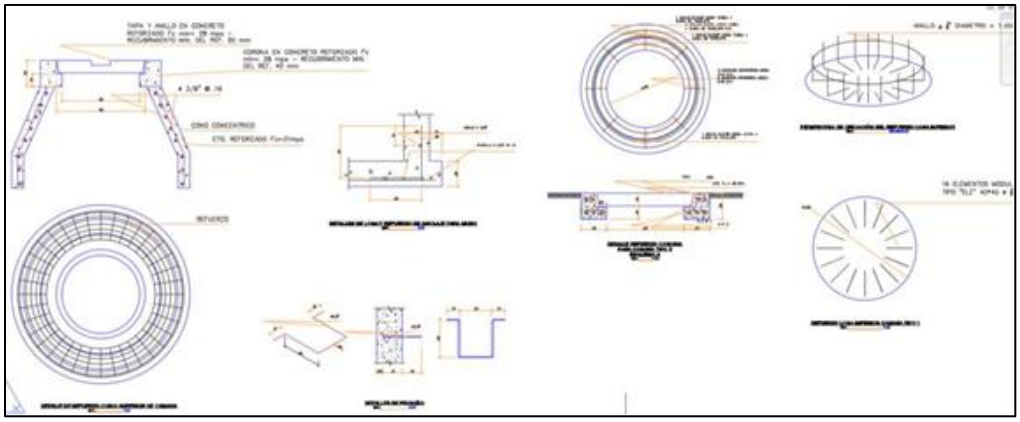
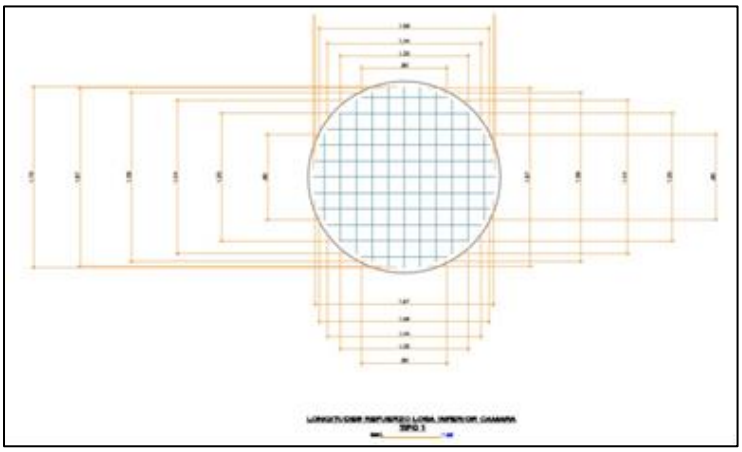
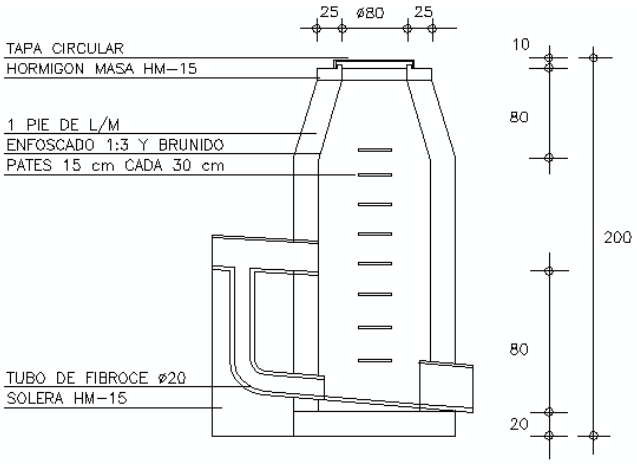


Ilustración 10 Estructura típica de la tapa de pozo



Fuente: Esta Consutoría

Modelo Típico de Pozo de Inspección con Camara de Caída



Fuente: Esta Consultoría

12.8. ESTRUCTURA DEL POZO

Las cámaras o pozos de inspección vaciadas en sitio están conformadas por los siguientes elementos: losa inferior, cañuelas, panes, cilindro, cono de reducción, peldaños, losa superior (anillo, cuello) y tapa.

En casos especiales donde la red de alcantarillado tenga tuberías de grandes diámetros; se debe contar con una estructura dimensionada especialmente para estos casos, donde su acceso debe cumplir los requisitos de seguridad adecuados. En lugares donde no sea posible la construcción de una cámara o pozo de inspección por espacios limitados se debe construir una caja de inspección especial.

- **Geometría y dimensiones de los elementos de una cámara de inspección:** Las cámaras o pozos de inspección son estructuras de concreto de forma cilíndrica, a excepción de casos especiales donde el diseño de la red amerite una estructura especial, cuentan en su parte superior con un cono truncado y una tapa removible que permite la ventilación y el ingreso de personal para labores de operación y mantenimiento.
- **Losa Inferior:** La base de la cámara de inspección, está conformada por una losa circular de concreto de 0,20 m de espesor, con diámetro mayor que el externo del cilindro de la cámara, de tal forma que sobresalga de éste 0,10 m. Al realizar el vaciado de la losa inferior, se debe dejar una llave perimetral de concreto monolítica con la losa, de 0,08 m de ancho y 0,10 m de altura a una distanciada 0,16 m del borde externo de la losa; de tal manera que sobresalga, con el fin de hacer conexión entre el cuerpo del cilindro y la losa inferior y así evitar filtraciones de agua en esta zona.

Tabla 13 Diámetros de losas inferiores de cámaras de inspección construidas en sitio

Diámetro interno del cilindro de la cámara de inspección (m)	Diámetro externo de la losa inferior o mesa (m)
1,20	1,80
1,50	2,10
2,00	2,60

Fuente: Resolución 0330 de junio 8 de 2017

- **Cañuelas y panes:** Para dar continuidad al flujo entre las tuberías de entrada y la de salida, se deben construir, sobre la base, antes descrita unos canales de transición o cañuelas, cuyas secciones transversales deben ser semicirculares. La sección final para la construcción de las cañuelas debe estar determinada por el diámetro interior de la tubería de salida de la cámara en donde debe quedar conformada una sección semicircular con diámetro Dis (Dis es el diámetro interno de la tubería de salida); en la intersección de las tuberías de entrada, la sección de la cañuela debe ser un semicírculo de diámetro Die (Die es el diámetro interno de la tubería de entrada correspondiente) y, adicionalmente, pueden tenerse paredes verticales con una altura máxima igual a la mitad de la diferencia entre el diámetro de salida Dis y el de entrada Die. La conformación final de las secciones de las cañuelas depende del número de tuberías de entrada y de las diferencias de cota entre éstas y la tubería de salida. En todos los casos debe procurarse una pendiente uniforme entre las tuberías de entrada y la de salida.

  El acabado de la superficie de las cañuelas debe ser similar a la superficie interna de las tuberías y, además, "esmaltarse" mediante la aplicación de una capa de cemento. Cuando se requiera que la cañuela tenga una curva horizontal para entregar el flujo a la tubería de salida, el radio de esta curva debe ser el indicado en las Normas de Diseño de Alcantarillado vigentes (Determinación del radio de curvatura de las cañuelas).

  Las superficies finales del fondo de la cámara de inspección, constituidas por los rellenos de concreto que sirven para dar forma a las cañuelas, se denominan panes. Estos deben quedar con una inclinación mínima del 15% que desciende desde las paredes interiores del cilindro hacia las cañuelas.

- **Cilindro:** Los diámetros internos de los cilindros en las cámaras de conexión y/o inspección deben ser de 1,20 m, 1,50 m y 2,00 m; dependiendo del alineamiento y diámetro de las redes que conectan, y del criterio hidráulico de limitación de pérdidas por curvatura, teniendo en cuenta los aspectos descritos en las Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado vigentes.

El espesor de las paredes del cilindro debe ser de 0,20 m; los cilindros pueden tener alturas variables según el diseño de la red y sus pendientes.

- **Cono de Reducción:** El cono de reducción consiste en un elemento que sirve de transición entre el cilindro de la cámara de inspección (1,20 m ≤ Di ≤ 2,00 m) y la boca de ingreso a ésta (Di = 0,60 m). La altura del cono es de 0,70 m.

  En general, este elemento debe ser concéntrico; es decir, el cilindro y el orificio de acceso tienen el mismo centro. Únicamente cuando se resuelva una interferencia con redes de otros servicios como gas o electricidad, se permitirá como alternativa de solución el desplazamiento de la boca de entrada, de tal manera que las circunferencias del cilindro de la cámara y el de la boca de acceso, tengan un punto común; es decir, el cono de reducción podrá ser excéntrico.

  El espesor de la pared del cono debe ser de 0,10 m para el caso de las cámaras con cilindros de 1,20 m de diámetro interno; 0,125 m para las cámaras con cilindros de 1,50 m de diámetro interno. En cámaras con cilindros de 2,00 m de diámetro interno, el espesor de la pared del cono se debe determinar mediante un cálculo estructural y debe ser aprobado por la Empresa Prestadora de Servicios Públicos SERVAF S.A E.S.P., o la Empresa Aguas de Florencia S. A. S. E.S.P.

- **Losa superior:** Cuando la profundidad de la cámara de inspección, medida como la diferencia de cotas entre la tapa y la clave de la tubería más superficial conectada a ella es inferior a 1,20 m, no debe haber cono de reducción. El anillo o cuello para soportar la tapa se debe reemplazar con una losa de concreto reforzado.

Diámetros de losas superiores de cámaras de inspección construidas en sitio

Diámetro interno del cilindro de la cámara de inspección (m)	Diámetro externo de la losa superior (m)
1,20	1,60
1,50	1,90
2,00	2,40

Fuente: Resolución 0330 de junio 08 de 2017

- **Anillo (cuello o descargue):** El anillo o cuello es un elemento que puede ser de material polimérico o de Concreto y sirven para soportar la tapa de acceso a la cámara de inspección,

su superficie o acabado debe quedar a nivel con la rasante de la vía, puede ir unido con mortero al cono de la cámara en caso de ser prefabricado en Concreto.

- **Acceso:** Los accesos a las cámaras de inspección generalmente se elaboran con ganchos de acero grado 60 fy = 420 MPa Ø = 5/8" con recubrimiento de zinc en caliente según NTC 2076 (Galvanizado por inmersión en caliente para elementos de hierro y acero) y deben cumplir la norma NTC 2289 (Barras corrugadas y lisas para acero de baja aleación, para refuerzo de concreto); sin embargo, pueden emplearse otros materiales como: aluminio o materiales poliméricos que cumplan los estándares de seguridad industrial y ergonomía.
- **Peldaños en Ganchos de acero:** Las cámaras de inspección de 1,20 m, 1,50 m y otros diámetros, deben estar provistas de ganchos para facilitar la inspección y trabajos de mantenimiento, los ganchos o peldaños deben estar espaciados y figurados como se indica en el Esquema 2 de NC-AS-IL02-05. Deben colocarse dos ganchos adicionales en extremos diametralmente opuestos a los peldaños de descenso en el cono a 0,20 m del apoyo del cono en el cilindro, para permitir al personal de inspección sostenerse al ingresar a la cámara. Los ganchos deben espaciarse horizontalmente uno del otro 0,10 - 0,15 m.

  Los ganchos metálicos pueden ser instalados de dos formas: dejándose embebidos en el vaciado del cilindro o pueden anclarse perforando la pared interna del cilindro 0,15 m y se debe utilizar un producto para anclajes epóxicos de dos componentes que cumpla la normativa ASTM C-881-02 tipo IV, grado 3) sin sobrepasar el espesor de la pared del cilindro.

  Las cámaras de inspección se construyen en concreto simple y armado, mampostería de piedra y mampostería de ladrillo. Pueden ser de sección circular o cuadrada. Las paredes en mampostería tienen un espesor mínimo de 20 a 25 cm, las juntas se realizan con mortero de cemento y arena fina en proporción 1:3 ó 1:4, las paredes internas deben ser enlucidas con una capa de 2.0 cm de espesor con mortero de cemento-arena fina 1:2 ó 1:3.

  La esperanza de vida útil de una estructura en concreto es de 50 años, tiempo en el cual la empresa prestadora del servicio deberá emprender un plan de reposición de redes y estructuras, con la finalidad de mantener en control el manejo de las aguas residuales hasta el punto de entrega final; que lo ideal debe ser una PTAR.

  En cuanto a estas estructuras, de mampostería, se han encontrado algunas que están en muy malas condiciones, ya han cumplido la vida útil y necesitan que a la mayor brevedad posible sean cambiadas.

La mampostería es muy susceptible a ser deteriorada en presencia de agua, lo cual es necesario que toda obra en mampostería se deba empañetar con un mortero refinado con el fin de evitar que el agua dañe prematuramente estas estructuras.

Sin embargo, en las estructuras encontradas en el sistema de alcantarillado, ninguna ha sido protegida con mortero impermeabilizado o al menos esmaltado.

12.9. CONSIDERACIONES A TENER EN CUENTA EN LA INSTALACIÓN DE TUBERÍAS

Se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las tuberías de alcantarillado deben estar a una distancia mínima de 0,50 m de la acera y 1,50 m del paramento, medida entre las superficies externas del conducto y del sardinel y el paramento, según corresponda.
- Las tuberías de alcantarillado no pueden estar en la misma zanja de una tubería de acueducto, y su cota clave siempre debe estar por debajo de la cota batea de la tubería de acueducto.
- En aquellos casos en los cuales existan vías con separador central, se debe contar con redes independientes en cada calzada. Cuando por el costado de una vía se vaya a construir un alcantarillado sanitario y por otro costado uno de aguas lluvias, este último deberá estar más cerca de la vía.
- Las distancias mínimas libres entre colectores que conforman la red del sistema de recolección y evacuación de aguas residuales y/o lluvias, y las tuberías de otras redes de servicios públicos deben ser 1,00 m en la dirección horizontal, 0,30 m en la dirección vertical, medidas entre las superficies externas de los dos conductores.

12.10. CRITERIOS DE AUTO LIMPIEZA EN LOS ALCANTARILLADOS

La velocidad mínima real permitida en el colector de alcantarillado sanitario es aquella que genere un esfuerzo cortante mínimo de 1,00 Pa. Los criterios de velocidad y esfuerzo cortante se deben determinar para el caudal de diseño, en las condiciones iniciales y finales del periodo de diseño.

La velocidad máxima real en un colector por gravedad no debe sobrepasar 5,00 m/sg; determinada para el caudal de diseño.

Para permitir la aeración adecuada del flujo de aguas residuales, el valor máximo permisible de la profundidad del flujo para el caudal de diseño en un colector es de 85% del diámetro interno real de este.

Cuando se encuentran casos donde los tramos han colapsado, se debe iniciar un proceso de verificación de las condiciones de trabajo a que estaba sometida esa estructura, con el fin de determinar las causas que llevaron al elemento al colapso.

Los parámetros a revisar son: estado físico de la tubería, profundidad de la clave con respecto a la cota rasante, probable causa externa que provocó la ruptura. Al no encontrar ningún resultado al respecto, se debe proceder a analizar las condiciones físicas del relleno, tal vez el material de relleno se consolido durante el tiempo de servicio del tramo, lo que ocasionó el colapso al generar esfuerzos puntuales en algún sitio a lo largo del tramo, llevándolo a la fatiga hasta el punto de producir aplastamiento y fractura del elemento.

La Resolución 0330 de junio ocho (08) de 2017, en el capítulo 4, artículo 139, determina que la profundidad de instalación de los colectores debe estar sustentada por estudios geotécnicos, y de estabilidad, teniendo en cuenta las condiciones mecánicas y estructurales de la tubería, las uniones y el suelo. Los valores mínimos permisibles de recubrimiento de los colectores que no requieren protección a cargas vivas, con relación a la rasante definitiva, se define en la siguiente tabla.

Profundidades a Las cotas claves del colector

Servidumbre	Profundidad a la clave del colector (m)
Vías peatonales o zonas verdes	0,75
Vías vehiculares	1,20

Fuente: Res 0330 2017 Cap. 4 Art 139 tabla 18

Únicamente por cruces, puntos de descarga o depresiones del terreno que generen profundidades menores a las estipuladas, deberán presentarse las protecciones a la tubería de acuerdo con los requerimientos de cada fabricante. En todos los casos se debe garantizar la entrega de las conexiones domiciliarias por gravedad sin sótano. Los colectores de aguas lluvias deben localizarse a una profundidad que no interfiera con las conexiones domiciliarias de aguas residuales y que permita la adecuada conexión de los sumideros.

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1. ALCANTARILLADO

1. El diseño presentado, consideró construcción total de la infraestructura de alcantarillado del barrio La Esmeralda, cumpliendo con lo establecido en el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico "Resolución 0330 de 2017".

2. Los diámetros de diseño conforme al área de drenaje del barrio, no requirieron un diámetro mayor a 200mm, sin embargo, debido a las bajas velocidades y el tipo de flujo sub-crítico, se propuso un diámetro de hasta 14", con el fin de aumentar el área hidráulica disponible en el conducto.

3. Se requiere de un estricto cumplimiento de las pendientes de diseño, cotas, materiales de construcción y cañuelas en los pozos de inspección, que garanticen el flujo libre dentro del conducto.

4. Se debe incluir en el manual de operación y de mantenimiento del prestador, una frecuencia mayor preventiva, dadas las bajas pendientes del sistema de alcantarillado, que, si bien se encuentran en el rango establecido en la Resolución 0330 de 2017, se deben tener en cuenta.

5. El material de la tubería de alcantarillado se planteó en PVC, los pozos de inspección deben construirse en concreto simple con refuerzo en tapas y placa de fondo, el concreto se recomienda con una resistencia mínima de 3000 PSI con impermeabilizante.

6. La instalación de Tubería debe realizarse conforme en el manual del fabricante, sin que estas recomendaciones se encuentren por encima de las normas técnicas colombianas y las afines al sector de saneamiento básico.

7. Las características de longitud, diámetro y pendiente se encuentran establecidas en los planos de diseño, indicando las cotas batea inicio y fin de cada tramo, cota rasante de pozo y fondo de pozo, con el fin de garantizar la lectura de los profesionales y técnicos en construcción. Cada uno de los tramos presentados se encuentra representado en el perfil de diseño incluyendo los parámetros antes mencionados. Las especificaciones técnicas de construcción se encuentra anexas al presente diseño.

8. Los cambios realizados a los diseños durante la construcción son responsabilidad del contratante y constructor, eximiendo al diseñador de cualquier responsabilidad que pudiese generarse por incumplimientos en los parámetros y requisitos de diseño establecidos en la Normatividad Colombiana del Sector.