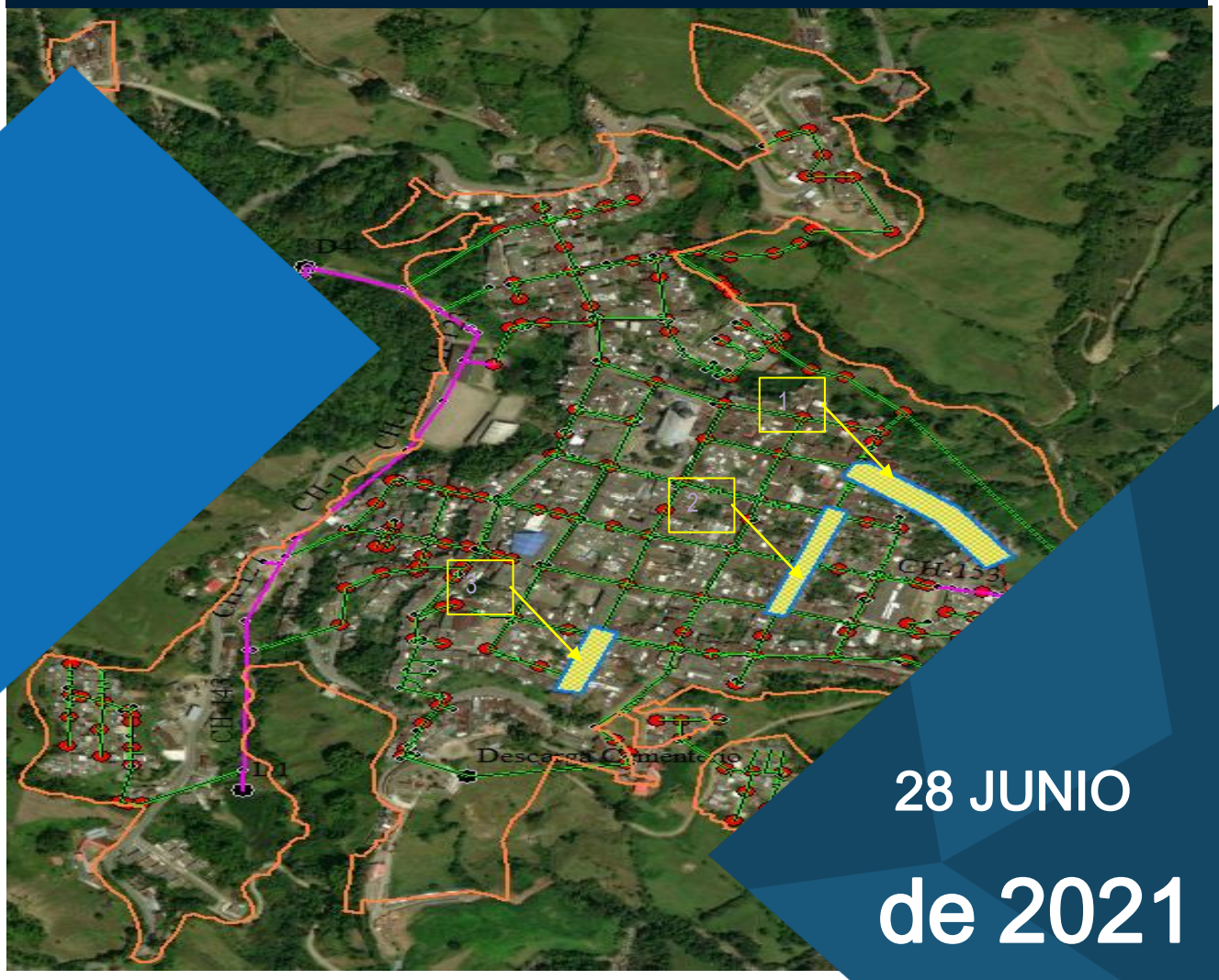
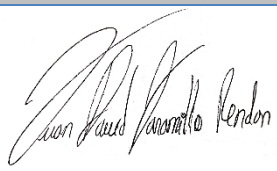
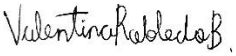
OPTIMIZACIÓN SISTEMA DE ALCANTARILLADO CASCO URBANO MUNICIPIO DE ARANZAZU, CALDAS



28 JUNIO

de 2021

TÍTULO DEL DOCUMENTO	OPTIMIZACIÓN SISTEMA DE ALCANTARILLADO COMBINADO, SECTORES: CARRERA 5 ENTRE CALLES 2 Y 3; CARRERA 3 ENTRE CALLES 4 Y 6; CALLE 7 ENTRE CARRERAS 1 Y 3, MUNICIPIO DE ARANZAZU, CALDAS.							
REFERENCIA	ALC-ARANZAZU -V.0							
REVISIÓN Y APROBACIÓN								
	CARGO	**NOMBRE**	**FIRMA**	**REVISIÓN No**				**FECHA DE REVISIÓN**
				0	**1**	**2**	**3**	
GRUPO DE TRABAJO PLANEACION Y PROYECTOS PDA	Ingeniero Civil Esp. Ingeniería hidráulica y ambiental Mag. Ingeniería ambiental (Tesista)	Juan David Jaramillo M.P. 1770201051CLD						28/06/2021
	Ingeniera Civil Esp. En Ingeniería Hidráulica y Ambiental	Valentina Robledo Buenaventura M.P. 051037-0545588 CLD						28/06/2021
APROBACIÓN								
VERSIONES Y MODIFICACIONES								
VERSIÓN No	**SOLICITUD DE LA MODIFICACIÓN**	**CAPÍTULO MODIFICADO**	**DESCRIPCIÓN DE LA MODIFICACIÓN**					
0			INFORME ORIGINAL					
1								
2								

CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 6
1.1 GENERALIDADES 6
1.2 SITIO EN ESTUDIO 7
1.3 LOCALIZACIÓN 7
1.4 TRAMOS A REPONER 8
2 IDENTIFICACIÓN PROBLEMATICA Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO 10
2.1 DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DEL MUNICIPIO DE ARANZAZU 10
3 MARCO INSTITUCIONAL Y LEGAL 11
4 OBJETIVOS 12
4.1 OBJETIVO GENERAL 12
4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO 12
5 DIAGNOSTICO SISTEMA DE ALCANTARILLADO 12
5.1 SISTEMA DE ALCANTARILLADO COMBINADO 12
5.1.1 MATERIAL Y DIÁMETRO EN LA RED 13
5.1.2 POZOS DE INSPECCIÓN DE TIPO COMBINADO 14
5.1.3 VERTIMIENTOS 14
5.2 SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR) 15
5.3 COBERTURA 15
6 ESTIMACION DE LA POBLACION MUNICIPAL 15
6.1 CENSOS 15
6.2 INFORMACIÓN DE POBLACIÓN DEL DANE 15
6.3 CRECIMIENTO POBLACIONAL EN COLOMBIA 17
6.4 MÉTODOS MATEMÁTICOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN FUTURA 19
6.5 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN MUNICIPAL 19
6.5.1 MÉTODO ARITMÉTICO 19
6.5.2 MÉTODO GEOMÉTRICO 20
6.5.3 MÉTODO EXPONENCIAL 21
6.5.4 MÉTODO WAPPAUS 22
6.5.5 INFORMACIÓN UTILIZADA 23
7 PARAMETROS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO 23
7.1 PERIODO DE DISEÑO 23

7.2 CAUDALES DE AGUAS RESIDUALES 25
7.2.1 COEFICIENTE DE RETORNO 26
7.2.2 DOTACIÓN 26
7.2.3 CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES NO DOMESTICO 26
7.2.4 CAUDAL MEDIO DIARIO DE AGUAS RESIDUALES 27
7.2.5 FACTOR DE MAYORACION CAUDAL MAXIMO HORARIO 27
7.2.6 CAUDAL MAXIMO HORARIO 28
7.2.7 CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES POR CONEXIONES ERRADAS 28
7.2.8 CAUDAL POR INFILTRACION 28
7.2.9 CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES PARA DISEÑO HIDRÁULICO 29
7.3 CAUDAL DE AGUAS LLUVIAS 29
7.3.1 MÉTODO RACIONAL 29
7.3.2 HIDROLOGÍA 31
7.3.3 PERIODO DE RETORNO 35
7.3.4 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN 36
7.4 CAUDAL DE AGUAS COMBINADAS 41
8 DIAGNOSTICO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO 41
9 DIMENSIONAMIENTO DEL ALCANTARILLADO PROPUESTO 45
10 CONCLUSONES Y RECOMENDACIONES 51
11 LISTADO DE PLANOS 53

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de las alternativas. 10
Tabla 2. Distribución porcentual de diámetros. Fuente: Consorcio Aguas Catastro Caldas, 2016. 13
Tabla 3. Distribución porcentual del material en las tuberías. Fuente: Consorcio Aguas Catastro Caldas, 2016. 13
Tabla 4. Datos de población del departamento de Caldas, (DANE, 1993) 16
Tabla 5. Datos de población del departamento de Caldas, (DANE, 2005) 16
Tabla 6. Datos de población del departamento de Caldas, (DANE, 2018) 17
Tabla 7. Datos del DANE Utilizados 20
Tabla 8. Resultados métodos de proyeccion de la población. 24
Tabla 9. Población aferente a cada tramo del alcantarillado analizado 25
Tabla 10. Dotación Neta Res. 0330/2017 26
Tabla 11. Coeficientes de escorrentía. Fuente: Título D RAS 2000. 31
Tabla 12. Áreas aferentes de los tramos a reponer. 33
Tabla 13. Periodo de Retorno Res. 0330/2017 36
Tabla 14. Tiempo de concentración Calle 7 entre carreras 1 y 3. 39

Tabla 15. Tiempo de concentración Carrera 3 entre calles 4 y 6. 40
Tabla 16. Diagnóstico tramos de red de alcantarillado combinado Aranzazu. 42
Tabla 17. Diseño hidráulico de los tramos de la red de alcantarillado. 46

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización de Aranzazu. Fuente: Estrategia Municipal para la Respuesta a Emergencias. 7
Ilustración 2. Municipio de Aranzazu. Fuente: Google Earth. 8
Ilustración 3. Calle 7 entre Carreras 1 y 3 8
Ilustración 4. Carrera 3 entre Calles 4 y 6. 9
Ilustración 5. Carrera 5 entre Calles 2 y 3. 9
Ilustración 6. Tramos combinados. Fuente: Consorcio Aguas Catastro Caldas, 2016. 13
Ilustración 7. Distribución de diámetros en la red combinada. Fuente: Catastro Aguas Caldas, 2016. 14
Ilustración 8. Descargas de la red de alcantarillado municipal. Fuente: Consorcio Aguas Catastro Caldas, 2016. 14
Ilustración 9. Ilustración Método Aritmético. 20
Ilustración 10. Ilustración Método Geométrico. 21
Ilustración 11. Ilustración Método Exponencial 22
Ilustración 12. Grafica crecimiento Poblacional. 24
Ilustración 13. Curva IDF escogida para el estudio (Pareja y Osorio, 1997) 32
Ilustración 14. Áreas aferentes calle 7 entre carreras 1 y 3. 34
Ilustración 15. Áreas aferentes carrera 5 entre calles 4 y 6. 34
Ilustración 16. Áreas aferentes carrera 5 entre calles 2 y 3. 35

1 INTRODUCCIÓN

El presente informe contiene las memorias de cálculo del componente hidráulico y sanitario del sistema de alcantarillado combinado, con el fin de garantizar la optimización de la infraestructura actual del alcantarillado de Aranzazu, comprendida en los siguientes tramos:

Tramo 1: Carrera 5 entre Calles 2 y 3
Tramo 2: Carreras 3, entre Calles 4 y 6
Tramo 3: Calle 7 entre Carreras 1 y 3

En el presente documento se podrá consultar la base teórica con la cual se calculó el sistema de alcantarillado, los parámetros adoptados y demás temas que conciernen el componente hidráulico del diseño, todo regido por la Resolución 0330 de 2017.

De igual manera se presentan los análisis de las condiciones hidráulicas de los tramos en estudio, con el fin de establecer su comportamiento físico, verificando en todo momento la integralidad y funcionalidad de las obras propuestas.

1.1 GENERALIDADES

El municipio de Aranzazu está localizado en la vertiente occidental de la cordillera central, en el sector norte del departamento de Caldas, con una superficie total de 15.150 ha., de las cuales 15.120 corresponden a la zona rural y 30 a la zona urbana.

Limita al norte con Salamina y La Merced, al sur con Neira, al oriente con Marulanda y al occidente con Aranzazu. La temperatura promedio es de 18° centígrados. El clima predominante es frío, abarcando el 57,31% (8.672 has.) del territorio municipal, con rangos de altitud entre 2.000 y 3.000 m.s.n.m. La cabecera municipal se localiza en una reducida planicie, encerrada por las quebradas Doña Ana y el Sargento, a 52 Km. de Manizales la capital del Departamento, con coordenadas geográficas 5° 17' 00" de latitud norte y 75° 10' 00" de longitud oeste, a una altitud de 1.910 m.s.n.m.

CATEGORÍA MUNICIPAL: Sexta Categoría. (Fuente: Contaduría General de la Nación)

DIVISIÓN POLÍTICO-ADMINISTRATIVA: Administrativamente la cabecera ejerce jurisdicción sobre todo el territorio distribuido en 37 veredas así: Alegrías, Barro Blanco, Buena Vista - Naranjal, Buenos Aires, Camelia Grande, Camelia Pequeña, Campoalegre, Cuatro Esquinas, Chamberí, Chupaderos Alto, Chupaderos Bajo, Santa Teresita, El Diamante, El Edén, El Jardín, La Hondita, El Laurel, El Retiro, El Robla, El Rocío, La Esperanza, La Floresta, La Guaira, La Honda, La Meseta, La Moravia, La Planta, La Pradera, La Quinta, El Manzanillo, Muelas, Palmichal, Puerto Samaria, Sabana larga, San Antonio, San Ignacio, San Rafael .

ECONOMIA:

La base económica del municipio son las actividades agropecuarias, principalmente para la producción cafetera y los cultivos asociados como el plátano, la caña panelera, el fríjol y el maíz. Adicionalmente, es significativa la

ganadería de levante, engorde y leche. También es importante la actividad comercial y particularmente la venta de artesanías de fique.

La vocación del Municipio es inminentemente agropecuaria de donde se deriva la mayor parte de los ingresos de la comunidad. La producción agropecuaria del Municipio de Aranzazu, se caracteriza por ser de economía campesina de subsistencia, donde el 80% de los predios tienen menos de 3 Ha, con una adopción de técnicas productivas tradicionales en diversificación y practicas de manejo.

REGION: El Municipio de Aranzazu pertenece a la Región del Norte del Departamento de Caldas, conformada por los Municipios de Aranzazu, Pácora, Aguadas y Salamina.

1.2 SITIO EN ESTUDIO

El sitio en estudio se encuentra dentro del casco urbano del municipio de Aranzazu, al norte del departamento de Caldas, puntualmente en las siguientes localizaciones: Carrera 5 entre Calles 2 Y 3; Carrera 3 entre Calles 4 Y 6; Calle 7 etre Carreras 1 y 3. A continuación, se presentan algunos aspectos relevantes acerca del municipio:

- Altitud: 1960 m.s.n.m
- Densidad: 725 hab./km^2
- Temperatura Promedio: 18°C
- Fundación: 1853
- Distancia a Manizales: 52 Km

1.3 LOCALIZACIÓN

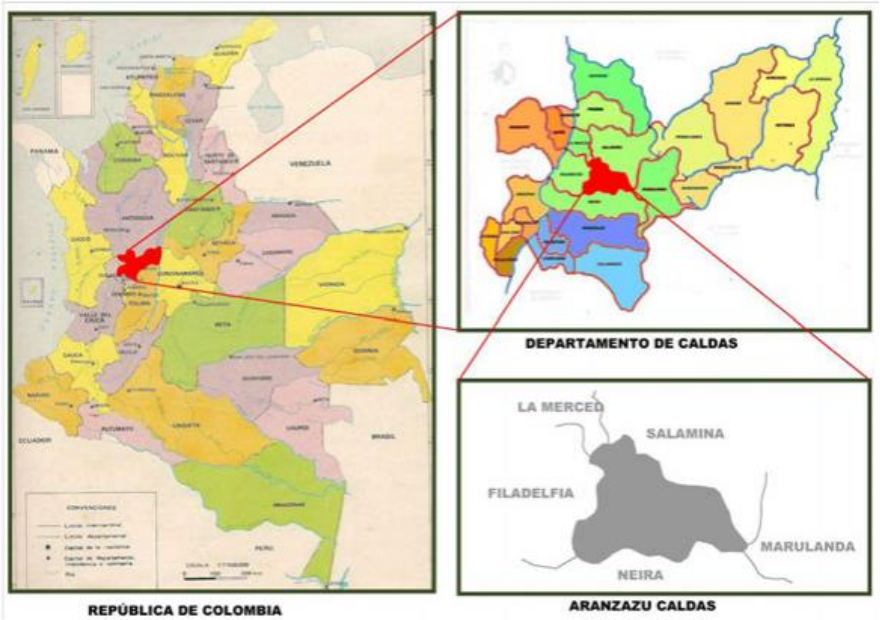


Ilustración 1. Localización de Aranzazu. Fuente: Estrategia Municipal para la Respuesta a Emergencias.



Ilustración 2. Municipio de Aranzazu. Fuente: Google Earth.

1.4 TRAMOS A REPONER



Ilustración 3. Calle 7 entre Carreras 1 y 3



Ilustración 4. Carrera 3 entre Calles 4 y 6.



Ilustración 5. Carrera 5 entre Calles 2 y 3.

2 IDENTIFICACIÓN PROBLEMATICA Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En la actualidad el municipio de Aranzazu cuenta con una red de sistema de alcantarillado deteriorado, la red se encuentra instalada en su mayoría en asbesto cemento y concreto, la cual tiene una vida útil de 30 años que ha llegado a su fin. Como resultado de la evaluación realizada con unidad de diagnóstico, los tramos de interés presentan fallas en los sellos, deterioro en las bateas y colapsos de empalmes de domiciliarias, dichas afectaciones han generado problemas en la evacuación de las aguas lluvias y aguas domiciliarias, lo que ha ocasionado incomodidades en la población y afectaciones en la salud de los habitantes del municipio.

Esta situación puede evidenciarse en las pruebas realizadas con unidad de diagnóstico a través de las redes de alcantarillado, donde se refleja que las tuberías existentes en los sectores mencionados presentan exfiltraciones, pérdida de la capacidad hidráulica por la colmatación (acumulación de sedimentos) y, en general, se encuentran en muy mal estado debido a que ya han cumplido su tiempo de vida útil, por lo que se recomienda reemplazarlas.

El estado actual del alcantarillado existente en el sector provoca que exista un alto riesgo de falla del sistema de alcantarillado en los sectores: Carrera 5 entre calles 2 y 3; Carrera 3 entre calles 4 y 6, y Calle 7 entre carreras 1 y 3.

2.1 DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DEL MUNICIPIO DE ARANZAZU

Tabla 1. Comparación de las alternativas.

RESUMEN ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS		
VARIABLE	**ALTERNATIVA 1**	**ALTERNATIVA 2**
Longitud aproximada de los sectores a intervenir	352 m	352 m
Material de la tubería de alcantarillado	PVC	CONCRETO
Diámetro de la tubería de alcantarillado	Ø10" - Ø12" - Ø14" - Ø16" - Ø24"	Ø10" - Ø12" - Ø14" - Ø16" - Ø24"
Alternativa de conexión por gravedad	SI	SI
Sistemas de bombeo propuestos	NO	NO
Construcción por fases	NO	NO
Paso de redes por vías departamentales o nacionales	NO	NO
Paso de redes por previos privados	NO	NO
COSTO DE LA ALTERNATIVA	$ 748,915,353.00	$ 774,443,515.00

Ambas alternativas se centran en optimizar los mismos tramos mencionados anteriormente, la diferencia radica en el material a emplear, la alternativa 1 propone PVC, que es uno de los materiales más utilizados en la actualidad tanto para sistemas de acueducto, como de alcantarillado, entre sus ventajas se encuentran su rápida y fácil instalación, alta resistencia a factores externos, larga vida útil, pérdidas de fricción menores, buenas propiedades elásticas, y en general, reducen el costo de manejo, transporte e instalación. Por otro lado la alternativa 2 contempla la instalación en tuberías de concreto, que aunque son reconocidas por sus

propiedades duraderas e inertes, tienen costos más elevados debido a sus condiciones de instalación y son más recomendadas para alcantarillados pluviales.

3 MARCO INSTITUCIONAL Y LEGAL

A continuación, se resumen las leyes, decretos, reglamentos y normas técnicas con las que se conceptualizó el diseño, construcción, operación y mantenimiento del sistema.

- Resolución 0330 de 2017 por medio de la cual se adoptó el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico – RAS.
- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000.
- Ley 142 de 1994 por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 1600 de 2005 por el cual se reglamentan las disposiciones sobre licencias urbanísticas, reconocimiento de edificaciones y legalización de asentamientos humanos.
- Ley 388 de 1997 Ordenamiento Territorial.
- Ley 99 de 1993 por la cual se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el sistema nacional ambiental (Sina) y se dictan otras disposiciones.
- Concordancia con el Plan de Desarrollo Nacional, Plan de Desarrollo Departamental y Plan de Desarrollo Municipal:
- LEY 1955 DE 2019: “Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. Pacto por Colombia, pacto por la equidad”
- ORDENANZA 875: “Por medio de la cual se adopta el Plan Departamental de Desarrollo 2020-2023, Primero la gente”
- Plan Nacional de Desarrollo 2020-2023 “Pacto por la equidad”

Estrategia Transversal	Objetivo del PND	Programa
Pacto por la calidad y eficiencia de los servicios úblicos: Agua y energía para promover la competitividad y el bienestar de todos.	Modernizar los servicios de agua y aseo para hacer un correcto uso y mejor aprovechamiento de agua y residuos.	Acceso al agua y a la energía como fundamento de la equidad de los colombianos y de la competitividad de las empresas.

- Plan de Desarrollo Departamental 2020-2023 “Primero la gente”

Estrategia	Programa	Subprograma
Sector agua potable y saneamiento básico	Agua limpia y saneamiento	Fortalecimiento del sector de agua potable y saneamiento básico

- Plan de Desarrollo Municipal 2020-2023 “Pacto por la equidad”

Estrategia	Programa
Eje estratégico 4: Infraestructura para la equidad.	Agua Potable y saneamiento básico: Aumentar los niveles de cobertura de acueducto y alcantarillado

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

- Optimizar el sistema de alcantarillado combinado en los sectores comprendidos entre: Carrera 5 entre Calles 2 y 3, Carerra 3 entre Calles 4 y 6, y Calle 7 entre Carreras 1 y 3, en el municipio de Aranzazu.

4.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Mejorar la infraestructura del sistema de alcantarillado en el municipio de Aranzazu.

5 DIAGNOSTICO SISTEMA DE ALCANTARILLADO

5.1 SISTEMA DE ALCANTARILLADO COMBINADO

Según la Estrategia Municipal para la Respuesta a Emergencias, el sistema de alcantarillado del municipio de Aranzazu es un sistema combinado, el cual atiende la evacuación de las aguas residuales domésticas y las aguas lluvias que escurren en el área urbana del municipio. La totalidad del sistema funciona por gravedad y se compone principalmente por redes de tubería, cámaras, imbornales, interceptores y descoles.

En el año 2016, el Consorcio Aguas Catastro Caldas elaboró el catastro del sistema de alcantarillado del municipio que consta de 397 tramos, para un total de 11176.38m de longitud y arroja la siguiente información en cuanto al sistema de alcantarillado combinado:

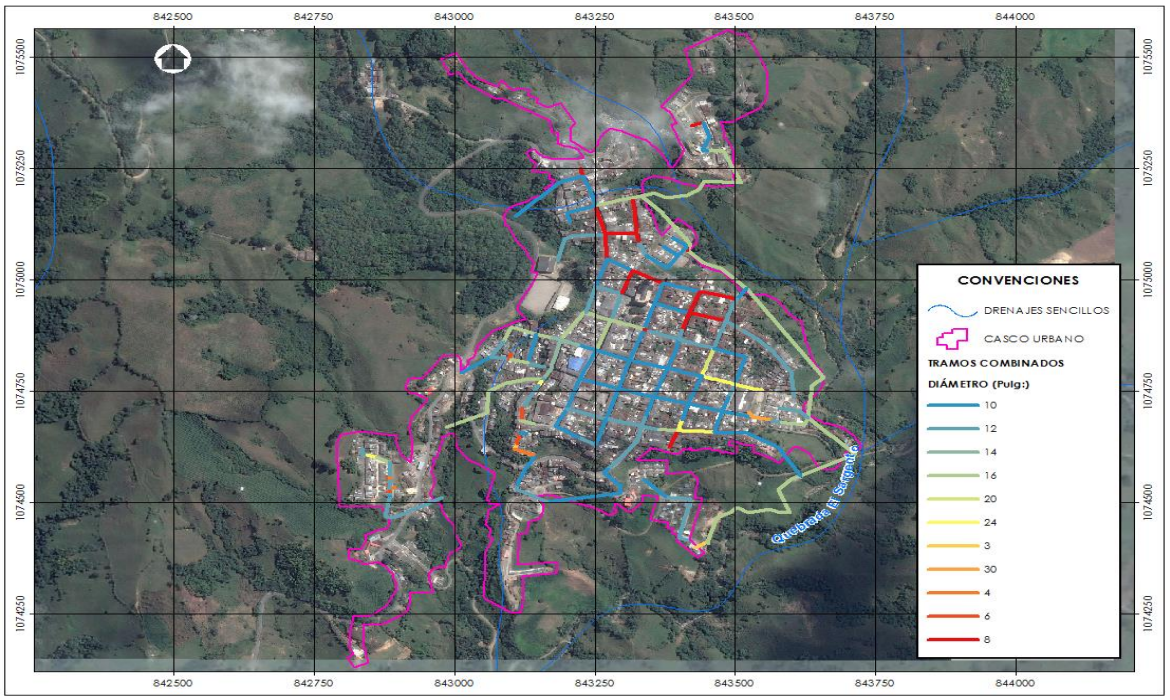


Ilustración 6. Tramos combinados. Fuente: Consorcio Aguas Catastro Caldas, 2016.

5.1.1 MATERIAL Y DIÁMETRO EN LA RED

Tabla 2. Distribución porcentual de diámetros. Fuente: Consorcio Aguas Catastro Caldas, 2016.

DIÁMETRO (“)	LONGITUD (m)	PORCENTAJE (%)
4	41.20	0.47%
6	67.26	0.77%
8	716.65	8.24%
10	2982.99	34.31%
12	1899.10	21.85%
14	143.65	1.65%
16	1722.58	19.82%
20	47.76	0.55%
24	1023.85	11.78%
30	47.96	0.55%
TOTAL	8693	100%

Tabla 3. Distribución porcentual del material en las tuberías. Fuente: Consorcio Aguas Catastro Caldas, 2016.

MATERIAL	LONGITUD	%
CONCRETO	855.77	9.88%
AC	6136.08	70.86%
PVC	162.79	1.88%
NOVAFORT	1504.79	17.38%
TOTAL	8659.43	100%

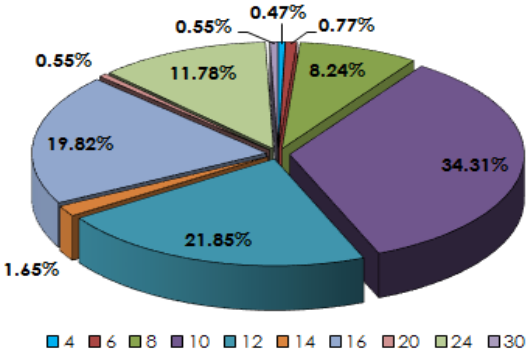


Ilustración 7. Distribución de diámetros en la red combinada. Fuente: Catastro Aguas Caldas, 2016.

De acuerdo a la Resolución 0330 del 2017, el diámetro interno real mínimo permitido en redes de alcantarillado pluvial y combinado es de 260mm, es decir, 10", por lo que aproximadamente el 10% de la red no cumple con lo estipulado.

5.1.2 POZOS DE INSPECCIÓN DE TIPO COMBINADO

Según el catastro desarrollado por la consultoría en el 2016, existen 187 pozos de tipo combinado, oscilando en profundidades de entre 0.9m y 5.10m, y diámetros de 1.20m, aproximadamente.

5.1.3 VERTIMIENTOS

Se identificaron 5 puntos de descargas de tipo combinado, en la siguiente figura se muestra la ubicación:

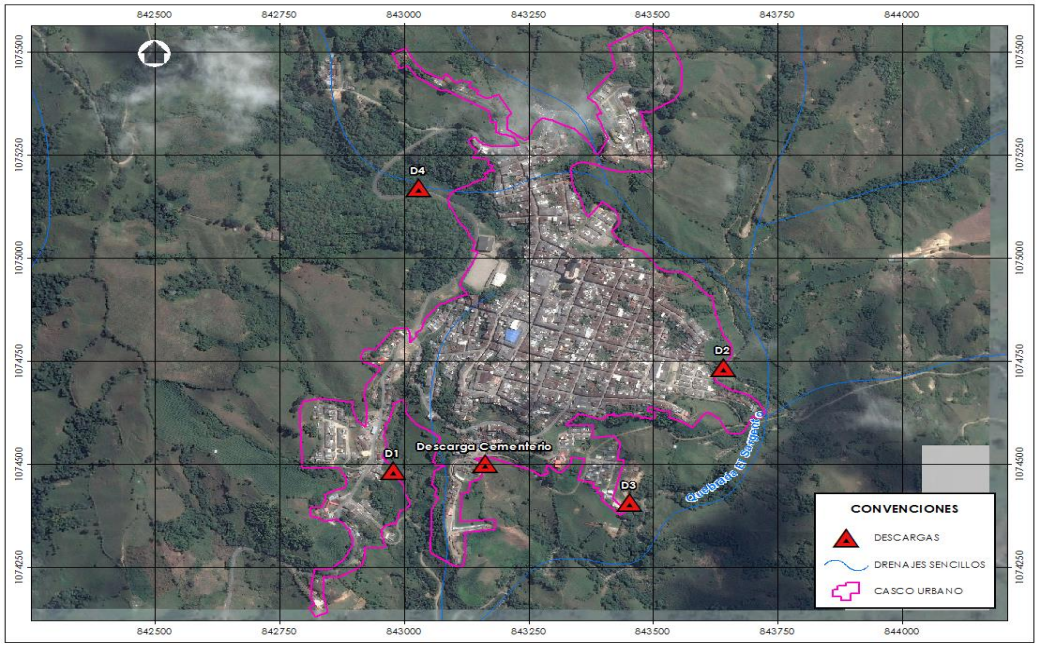


Ilustración 8. Descargas de la red de alcantarillado municipal. Fuente: Consorcio Aguas Catastro Caldas, 2016.

Estos se encuentran ubicados en las zonas del polideportivo, Miramar, ciudad jardín, cementerio y Tequendama bajo.

5.2 SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR)

El sistema de alcantarillado carece de planta de tratamiento de aguas residuales.

5.3 COBERTURA

La cobertura del sistema de alcantarillado según el DANE, censo 2018, es de 71.3%, lo cual ubica al municipio por debajo del departamento (81.2%), y del país (76.6%).

6 ESTIMACION DE LA POBLACION MUNICIPAL

6.1 CENSOS

1993
El censo enumeró la población residente habitual en los hogares (Censo de Jure). Se retomó el hogar como unidad e observación. Además, fueron aplicados tres formularios diferentes: población residente en hogares particulares; población residente en Lugares Especiales de Alojamiento –LEA; y formulario para población indígena con preguntas sobre pertenencia étnica.

2005
El censo General incluyó el uso de Dispositivos Móviles de Captura –DMC y cartografía digital integrada a la información del cuestionario. Se usó el periodo extendido de recolección de la información, cerca de 1 año. Por primera vez se realizó un ejercicio de evaluación abierta del desarrollo de un censo de población, con la participación de diferentes instancias nacionales e internacionales. Por primera vez, se contrató personal para realizar la recolección de información.

2018
En el año 2018, el DANE ha fortalecido sus procesos de interacción con la población como fuente primaria de la recolección de datos socio-demográficos, a través de la implementación de tecnologías de acceso a través de internet y el uso de medios digitales para facilitar el diligenciamiento censal, en especial con la realización del primer censo electrónico (eCenso). El proceso de consulta y concertación con grupos étnicos, el monitoreo y control de la operación y el uso de registros administrativos como insumo para evaluar los censos, fueron otras innovaciones implementadas en este censo.

6.2 INFORMACIÓN DE POBLACIÓN DEL DANE

Como se mencionó anteriormente, se hará uso de los datos de población de los últimos 3 censos realizados en el país, y se tomarán las cifras del total de habitantes en la cabecera municipal en 1993, 2005 y 2018. Los datos oficiales se presentan a continuación:

Tabla 4. Datos de población del departamento de Caldas, (DANE, 1993)

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADISTICA — INFORMACIÓN ESTADÍSTICA

XVI CENSO NACIONAL DE POBLACION Y V DE VIVIENDA - 1993
Población total censada, por área y sexo,
según departamentos y municipios

Departamentos y municipios	Total			Cabecera			Resto		
	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres
Caldas	925,358	462,825	462,533	598,902	284,399	314,503	326,456	178,426	148,030
Manizales	327,663	155,218	172,445	303,136	142,434	160,702	24,527	12,784	11,743
Aguadas	40,807	20,996	19,811	11,784	5,561	6,223	29,023	15,435	13,588
Anserma	39,543	20,043	19,500	20,379	9,740	10,639	19,164	10,303	8,861
Aranzazu	15,633	7,893	7,740	7,398	3,542	3,856	8,235	4,351	3,884
Belalcazar	12,974	7,094	5,880	5,036	2,502	2,534	7,938	4,592	3,346
Chinchina	61,048	33,764	27,284	46,512	23,395	23,117	14,536	10,369	4,167
Filadelfia	14,105	7,290	6,815	3,897	1,855	2,042	10,208	5,435	4,773
La Dorada	63,810	30,614	33,196	58,736	27,867	30,869	5,074	2,747	2,327
La Merced	10,288	5,359	4,929	2,614	1,223	1,391	7,674	4,136	3,538
Manzanares	29,079	16,129	12,950	11,399	5,818	5,581	17,680	10,311	7,369
Marmato	7,037	3,634	3,403	827	429	398	6,210	3,205	3,005
Marquetalia	13,386	6,865	6,521	4,852	2,306	2,546	8,534	4,559	3,975
Marulanda	3,626	1,905	1,721	1,059	521	538	2,567	1,384	1,183
Neira	23,621	11,874	11,747	10,890	5,184	5,706	12,731	6,690	6,041
Pacora	18,363	9,400	8,963	6,748	3,127	3,621	11,615	6,273	5,342
Palestina	21,392	12,892	8,500	5,105	2,599	2,506	16,287	10,293	5,994
Pensilvania	24,474	12,351	12,123	7,432	3,415	4,017	17,042	8,936	8,106
Riosucio	43,511	21,297	22,214	15,915	7,235	8,680	27,596	14,062	13,534
Risaralda	19,026	10,287	8,739	4,154	2,008	2,146	14,872	8,279	6,593
Salamina	23,559	11,635	11,924	14,616	6,846	7,770	8,943	4,789	4,154
Samana	32,513	16,659	15,854	4,616	2,113	2,503	27,897	14,546	13,351
Supia	21,098	10,210	10,888	10,784	4,979	5,805	10,314	5,231	5,083
Victoria	9,480	4,923	4,557	3,620	1,717	1,903	5,860	3,206	2,654
Villamaria	33,848	16,703	17,145	25,024	11,960	13,064	8,824	4,743	4,081
Viterbo	15,474	7,790	7,684	12,369	6,023	6,346	3,105	1,767	1,338

C.D: Corregimiento departamental.
1 Corresponde a la población del censo Wayuú

Tabla 5. Datos de población del departamento de Caldas, (DANE, 2005)

RESULTADOS CENSO GENERAL 2005
Población censada después de compensada por omisiones de cobertura geográfica (1,22%) y contingencia de transferencia (0,26%)
COLOMBIA
MUNICIPIOS

Departamento	Código de municipio	Nombre de municipio o corregimiento departamental	Categoria	Población CENSADA COMPENSADA 2005			Hogares CENSADOS COMPENSADOS 2005			Personas por hogar 2005	Viviendas CENSADAS COMPENSADAS 2005		
				Urbano (Cabecera)	Rural (Resto)	Total	Urbano (Cabecera)	Rural (Resto)	Total		Urbano (Cabecera)	Rural (Resto)	Total
Caldas	17001	Manizales		342,620	25,813	368,433	96,154	6,619	102,773	3.54	96,987	6,991	103,978
Caldas	17013	Aguadas		9,835	12,472	22,307	2,904	3,265	6,169	3.61	3,016	3,256	6,272
Caldas	17042	Anserma		19,626	14,048	33,674	5,534	3,359	8,893	3.76	5,466	4,013	9,479
Caldas	17050	Aranzazu		6,599	5,582	12,181	1,942	1,386	3,328	3.65	2,129	1,678	3,807
Caldas	17088	Belalcázar		4,842	6,485	11,327	1,358	1,706	3,064	3.69	1,447	1,893	3,340
Caldas	17174	Chinchiná		43,448	7,853	51,301	11,629	1,892	13,521	3.77	11,102	1,908	13,010
Caldas	17272	Filadelfia		4,019	8,216	12,235	1,105	2,149	3,254	3.75	1,268	2,315	3,583
Caldas	17380	La Dorada		63,288	7,198	70,486	17,170	1,965	19,135	3.60	18,298	1,981	20,279
Caldas	17388	La Merced		2,082	4,242	6,324	692	1,130	1,822	3.46	788	1,543	2,331
Caldas	17433	Manzanares		8,745	10,150	18,895	2,572	2,628	5,200	3.60	2,780	3,113	5,893
Caldas	17442	Marmato		1,122	7,053	8,175	287	1,736	2,023	4.03	286	1,801	2,087
Caldas	17444	Marquetalia		5,646	8,234	13,880	1,722	2,141	3,863	3.58	1,960	2,587	4,547
Caldas	17446	Marulanda		1,110	1,625	2,735	272	453	725	3.71	347	527	874
Caldas	17486	Neira		13,581	13,669	27,250	3,547	3,247	6,794	3.97	3,424	3,575	6,999
Caldas	17495	Norcasia		4,128	2,395	6,523	1,114	576	1,690	3.77	1,174	573	1,747
Caldas	17513	Pácora		6,243	8,205	14,448	1,890	2,157	4,047	3.54	2,282	2,664	4,946
Caldas	17524	Palestina		5,628	11,682	17,310	1,525	3,031	4,556	3.77	1,610	3,438	5,048
Caldas	17541	Pensilvania		7,773	17,683	25,456	2,195	4,560	6,755	3.73	2,254	5,175	7,429
Caldas	17614	Riosucio		13,469	22,374	35,843	3,994	5,639	9,633	3.71	4,373	5,653	10,026
Caldas	17616	Risaralda		4,032	6,143	10,175	1,175	1,494	2,669	3.81	1,189	1,588	2,777
Caldas	17653	Salamina		11,206	7,123	18,329	3,156	1,886	5,042	3.60	3,657	2,499	6,156
Caldas	17662	Samaná		4,898	19,697	24,595	1,469	5,089	6,558	3.74	1,753	5,053	6,806
Caldas	17665	San José		1,496	5,792	7,288	371	1,464	1,835	3.95	378	1,590	1,968
Caldas	17777	Supia		11,573	12,499	24,072	3,427	3,151	6,578	3.65	3,704	3,575	7,279
Caldas	17867	Victoria		3,592	5,164	8,756	1,125	1,396	2,521	3.45	1,192	1,843	3,035
Caldas	17873	Villamaría		35,772	9,266	45,038	9,477	2,436	11,913	3.76	9,535	2,836	12,371
Caldas	17877	Viterbo		10,355	1,450	11,805	2,663	340	3,003	3.93	2,679	352	3,031

1. INFORMACIÓN PROVISORIA "El DANE tiene conocimiento de la existencia de controversias sobre los límites de este municipio, cuya resolución se tramita ante las autoridades competentes. Tan pronto los límites definitivos sean establecidos, el DANE entregara la nueva certificación".
* Corregimiento Departamental (CD): es una división del departamento, al tenor del Decreto 2274 del 4 de octubre de 1991, la cual incluye un núcleo de población. Según esta misma disposición, los ahora corregimientos departamentales no forman parte de un determinado municipio.
* CM: Corregimiento Municipal

Tabla 6. Datos de población del departamento de Caldas, (DANE, 2018)

DANE
INFORMACIÓN PARA TODOS

El futuro es de todos — Gobierno de Colombia

Censo Nacional de Población y Vivienda - CNPV 2018

Población censal ajustada por cobertura y porcentajes de omisión municipal por área

AÑO 2018								
IDENTIFICACIÓN			POBLACIÓN AJUSTADA POR COBERTURA			OMISIÓN CENSAL		
Código DIVIPOLA	NOMBRE DEPARTAMENTO	NOMBRE MUNICIPIO	TOTAL	CABECERA	CENTROS POBLADOS Y RURAL DISPERSO	TOTAL	CABECERA	CENTROS POBLADOS Y RURAL DISPERSO
17001	Caldas	Manizales	434,403	405,234	29,169	7.8%	7.4%	14.3%
17013	Caldas	Aguadas	22,823	11,532	11,291	9.2%	9.6%	8.9%
17042	Caldas	Anserma	36,149	20,284	15,865	12.0%	8.3%	16.8%
17050	Caldas	Aranzazu	10,557	6,825	3,732	6.7%	7.3%	5.6%
17088	Caldas	Belalcázar	10,660	4,583	6,077	9.1%	6.2%	11.3%
17174	Caldas	Chinchiná	51,271	44,570	6,701	5.4%	3.1%	21.2%
17272	Caldas	Filadelfia	11,451	3,877	7,574	15.9%	10.6%	18.6%
17380	Caldas	La Dorada	71,905	62,536	9,369	1.5%	0.9%	5.7%
17388	Caldas	La Merced	6,003	2,151	3,852	11.3%	13.3%	10.2%
17433	Caldas	Manzanares	17,928	10,221	7,707	7.8%	8.9%	6.3%
17442	Caldas	Marmato	8,888	964	7,924	4.5%	1.3%	4.9%
17444	Caldas	Marquetalia	13,245	6,348	6,897	8.3%	10.2%	6.5%
17446	Caldas	Marulanda	2,607	823	1,784	20.2%	17.9%	21.2%
17486	Caldas	Neira	21,024	11,564	9,460	2.5%	2.2%	2.9%
17495	Caldas	Norcasia	6,022	4,007	2,015	1.2%	1.3%	0.9%
17513	Caldas	Pácora	15,325	7,430	7,895	13.8%	12.6%	14.9%
17524	Caldas	Palestina	15,555	4,963	10,592	12.8%	5.2%	16.4%
17541	Caldas	Pensilvania	19,908	7,706	12,202	12.9%	12.0%	13.4%
17614	Caldas	Riosucio	50,775	18,077	32,698	4.8%	3.4%	5.6%
17616	Caldas	Risaralda	10,815	4,217	6,598	9.0%	9.7%	8.6%
17653	Caldas	Salamina	19,467	11,359	8,108	13.9%	5.9%	25.2%
17662	Caldas	Samaná	20,454	5,924	14,530	14.6%	11.6%	15.8%
17665	Caldas	San José	4,835	1,282	3,553	6.4%	5.6%	6.7%
17777	Caldas	Supía	28,642	13,493	15,149	7.2%	4.7%	9.5%
17867	Caldas	Victoria	10,157	4,296	5,861	19.5%	7.1%	28.7%
17873	Caldas	Villamaría	64,652	55,894	8,758	2.8%	2.6%	4.2%
17877	Caldas	Viterbo	12,734	10,705	2,029	2.4%	0.3%	13.2%

Fuente: DANE - Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV) 2018.
Estimaciones de población ajustada por cobertura censal.

6.3 CRECIMIENTO POBLACIONAL EN COLOMBIA

Pueden señalarse dos etapas en el crecimiento de la población colombiana: una de fuerte ritmo, que dura hasta mediados de los años sesenta (cuando alcanza el 3% anual), y otra referida al continuo descenso de tal crecimiento desde entonces (se estima que en 1990 el crecimiento anual no alcanzaba al 2%).

Este cambio en el crecimiento poblacional se manifestó en todos los grupos etários y en ambos sexos. Cuando dicho crecimiento comenzó a descender (a mediados de los sesenta), esa caída se reflejó mucho más en los grupos etarios jóvenes que en los adultos y mayores. Ello se traduce en un cambio en la composición etaria y da cuenta del avance de la transición demográfica que sufre el país.

El momento de cambio más brusco tuvo lugar en la segunda mitad de los años sesenta, cuando la caída de la fecundidad provocó a continuación, en la primera mitad de los setenta, un crecimiento negativo en los menores de cinco años. Estas oscilaciones se han producido tanto en hombres como en mujeres, con diferencias poco pronunciadas

Por otra parte, las características geográficas y físicas de Colombia han generado una gran diferenciación entre las diversas zonas o regiones establecidas, lo que propicia que todas las zonas tengan comportamientos

diferentes en cuanto a crecimiento de población se refiere, diferencias que existen y se hacen notables incluso dentro de una misma región, a pesar de que se espera que si se tienen características similares, esa similitud se vea reflejada en el crecimiento poblacional.

Según Nardinelli y Simón (1996), entre las explicaciones frecuentes para el crecimiento de las ciudades se encuentran factores como la localización, la composición de la producción, la existencia de economías internas a escala y de economías externas, las mejoras en el transporte, entre otras:

Localización: El crecimiento de un centro urbano depende directamente del crecimiento de las localidades relacionadas con éste. Por ejemplo, los centros ubicados en cercanías a otros que son productivos y tienen importantes redes de comercio, tenderán a crecer relativamente más rápido que aquellos que no tengan dicha ubicación. Igualmente, aquellos ubicados en cercanías a grandes fuentes de trabajo o a zonas de gran incidencia económica tenderán a albergar migraciones que buscan mejorar su capacidad adquisitiva. Igualmente tienden a crecer más las poblaciones cercanas a recursos hídricos que favorezcan su abastecimiento.

Composición de la producción: El efecto del comercio y de la producción influye definitivamente sobre las migraciones. Centros productivos, puertos, grandes industrias convocan capital humano. Terrenos aptos para la agricultura, la ganadería y la urbanización favorecerán el sedentarismo de los individuos.

Mejoras en el transporte: Con las mejoras en medios y vías de transporte, los costos de traslación tanto de personas, como de bienes y consumos se reducen. Aquellos centros urbanos constituidos en los puertos, o que son atravesados por importantes carreteras o vías férreas tienden a crecer con más rapidez que aquellas que se no cuentan con buenas vías de comunicación.

Calidad de los servicios públicos: Se espera que entre mejor sea la calidad de los servicios públicos (suministro de agua, saneamiento básico que ofrezca un ente poblado o asentamiento, mayor será la tasa de crecimiento poblacional que allí se desarrolle, en cuando a que los individuos se establecerán donde puedan conseguir mejor calidad de vida.

Mediante estudios realizados entre los años 1951 y 1993, se encontró una serie de incidencias sobre el crecimiento poblacional en los municipios de Colombia, que se nombrarán a continuación:

- A lo largo del siglo pasado se presentó un descenso del 68,7% al 56% de la población colombiana que vive en municipios por encima de 1.000 m.s.n.m.

- La distancia de los diversos centros urbanos a los principales ríos como a las principales ciudades, tenía una incidencia significativa en el crecimiento de la población.

- La proporción de la población que sabe leer y escribir incide directamente en el crecimiento demográfico. Los municipios con una desviación estándar mayor en la proporción que sabe leer y escribir (0,15 puntos porcentuales) tienen una tasa de crecimiento 0,136 puntos porcentuales mayor.

- La cobertura en servicios públicos es altamente significativa, los estudios demuestran que municipios con una desviación estándar mayor en la proporción de las viviendas sin energía eléctrica (0.16 puntos porcentuales) presentan una tasa de crecimiento 0,169 puntos porcentuales menor.

Como se puede observar, existe un sinnúmero de factores propios de cada población que inciden de manera diferente en el crecimiento que esta tenga, razón por la cual sería aunque práctico, ineficiente e impreciso, manejar tasas promedio de todo un departamento para generalizar el comportamiento demográfico de sus municipios, tomando las partes como un todo. Se recomienda entonces realizar una proyección de población para cada uno de los casos a estudiar, tomando como base datos históricos oficiales suministrados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística.

6.4 MÉTODOS MATEMÁTICOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA POBLACIÓN FUTURA

En Colombia el ente de realizar los censos de población es el Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE, el cual cuenta con información para los años 1938, 1951, 1964, 1973, 1985, 1993, 2005 y finalmente, 2018.

El comportamiento demográfico de una región además de depender de una serie de variables mencionadas anteriormente, también cambia a lo largo del tiempo, según el modelo de establecimiento y consolidación del municipio en sí mismo. De esta manera, la aceleración de crecimiento en las primeras décadas de un centro urbano, tiempo en que se instauran sus instituciones, su jerarquía no sólo social, sino también política y económica; se diferencia significativamente (en gran parte de los casos) de la presentada en la madurez del centro estudiado, donde existe desaceleración de la expansión demográfica. Vale aclarar que pueden existir efectos externos que modifiquen este comportamiento y causen un crecimiento inesperado de la población.

Teniendo en cuenta lo anteriormente anunciado, se decidió hacer uso de los últimos tres censos, el de 1993, 2005 y 2020 (Ver el anexo Tabla del DANE).

Existen varias metodologías ampliamente utilizadas para estimar poblaciones futuras, entre ellas tenemos:

- Método Aritmético
- Método Geométrico
- Método Exponencial

6.5 PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN MUNICIPAL

6.5.1 MÉTODO ARITMÉTICO

Este método supone que la población aumenta linealmente con una tasa constante de crecimiento o decrecimiento uniforme, a la misma velocidad y con incrementos anuales constantes. Asume que la población tiene un crecimiento balanceado por la emigración y la mortalidad. Es aplicable sólo a pequeñas comunidades,

en especial rurales y a ciudades grandes con crecimiento muy estabilizado con dificultad de expansión y escaso desarrollo económico. El método utiliza la ecuación 1:

$$P_2 = P_1 + \frac{n}{m} * (P_1 - P_0)$$

Donde:
P_2 = Población en el último año del período de diseño
P_1 = Población del último censo
P_0 = Población del penúltimo censo
n= Período intercensal entre P_2 y P_1, $n = t_2 - t_1$
m = Período intercensal entre P_1 y P_0, $m = t_1 - t_0$
t_2 = Ultimo año del periodo de diseño
t_1 = Año del censo P_1
t_0 = Año del censo P_0

Tabla 7. Datos del DANE Utilizados

AÑO	POBLACIÓN
1993	4159
2005	4167
2018	4188

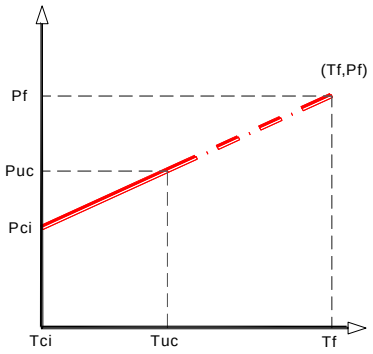


Ilustración 9. Ilustración Método Aritmético.

Como se puede observar, la formula descrita hace uso de una constante determinada por los dos últimos censos o fuentes de información, desde donde realiza una proyección lineal hasta el año buscado. El segundo término de la ecuación corresponde al valor de la pendiente de la recta trazada entre los dos puntos base [sea (x1, y1) = (año del censo inicial, población censo inicial); y (x2, y2) = (año del censo final, población censo final)]

6.5.2 MÉTODO GEOMÉTRICO

Este método de cálculo es útil en poblaciones que muestran una importante actividad económica, que generan 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:

$$P_2 = P_1 * (1 + r)^n$$

De donde se obtiene para el cálculo de la tasa de crecimiento de tipo geométrico, la siguiente expresión:

$$r = \left(\frac{P_1}{P_0}\right)^{\frac{1}{(T_1 - T_0)}} - 1$$

Donde:
P_2 = Población en el último año del período de diseño
P_1 = Población del último censo
P_0 = Población del penúltimo censo
r= Tasa de crecimiento geométrico
n= Período intercensal entre P_2 y P_1, n = $t_2 - t_1$
m = Período intercensal entre P_1 y P_0, m = $t_1 - t_0$
t_2 = Último año del periodo de diseño
t_1 = Año del censo P_1
t_0 = Año del censo P_0

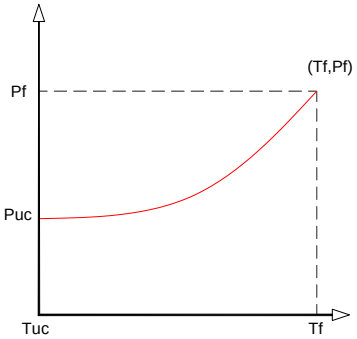


Ilustración 10. Ilustración Método Geométrico.

En este caso vemos que el crecimiento de la población es variable. Esto significa que aunque se tenga una tasa de crecimiento constante, la pendiente de la curva es diferente en todo momento, aumentando con el tiempo, y por ende generando mayores resultados por lo general que el cálculo desarrollado por medio del método aritmético. Este comportamiento se asemeja al del interés compuesto en términos financieros.

6.5.3 MÉTODO EXPONENCIAL

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, en donde el último censo corresponde a la proyección del DANE. Se recomienda su aplicación a poblaciones que muestren apreciable desarrollo y que posean abundantes áreas de expansión. La ecuación 3 es la empleada por este método:

$$P_3 = P_2 * e^{n(2K_2 - K_1)}$$

$$K_2 = \frac{ln\,P_2 - ln\,P_1}{t_2 - t_1} \qquad K_1 = \frac{ln\,P_1 - ln\,P_0}{t_1 - t_0} \qquad n = t_2 - t_1$$

Donde:
P_3 = Población en el último año del período de diseño.
P_2, P_1 y P_0 = Poblaciones respectivas del último, penúltimo y antepenúltimo censo.
t_2, t_1 y
t_0 = Años respectivos del último, penúltimo y antepenúltimo censo.

En este caso también se puede observar la variabilidad en el incremento de la población. Esto significa que aunque se tenga una tasa de crecimiento constante, la pendiente de la curva es diferente en todo momento, aumentando con el tiempo, y por ende generando mayores resultados por lo general que el cálculo desarrollado por medio del método aritmético; igualmente al presentar una mayor velocidad de crecimiento, arroja resultados mayores a los de la proyección geométrica.

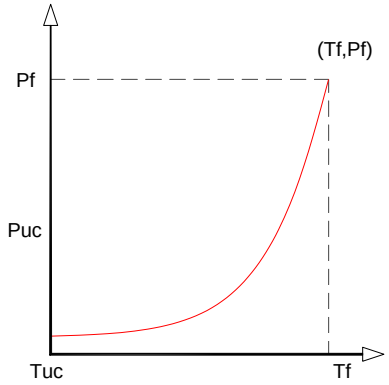


Ilustración 11. Ilustración Método Exponencial

6.5.4 MÉTODO WAPPAUS

Este método estaba contemplado en el anterior reglamento para el sector del agua potable y saneamiento básico RAS 2000 y era admitido para cualquier nivel de complejidad. Es un método poco común, aunque sus resultados son confiables. Es importante aclarar que únicamente puede emplearse cuando el producto de la tasa de crecimiento (i en %), y la diferencia entre el año a proyectar (T_f) y el año del censo inicial (T_{ci}) es menor a 200, es decir:

$$i \cdot (T_f - T_{ci}) < 200$$

De lo contrario, debido a la forma matemática de la ecuación, la población futura obtenida será creciente pero negativa.

La ecuación que se emplea para el cálculo de la proyección de la población es la siguiente:

$$P_f = P_{ci} \cdot \frac{\left(200 + i \cdot \left(T_f - T_{ci}\right)\right)}{\left(200 - i \cdot \left(T_f - T_{ci}\right)\right)}$$

En donde la tasa de crecimiento (i en %) se calcula de acuerdo con el crecimiento de las poblaciones censadas y se obtiene la siguiente expresión:

$$i = \frac{200 \cdot \left(P_{uc} - P_{ci}\right)}{\left(T_{uc} - T_{ci}\right) \cdot \left(P_{ci} + P_{uc}\right)}$$

Como no se tienen en cuenta los datos de censos intermedios, se recomienda que los resultados obtenidos por este método sean validados a través de un análisis de sensibilidad similar al sugerido para los métodos geométrico y aritmético.

6.5.5 INFORMACIÓN UTILIZADA

Para la estimación de la población de diseño se hizo uso de los valores del CENSO DANE 1993, 2005 y 2018. La población en el año actual **2021**, según la información oficial del DANE, es de **6880 habitantes**.

7 PARAMETROS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

7.1 PERIODO DE DISEÑO

Según la Resolución 0330 de 2017, que es la norma ténica que rige la formulación y diseño de proyectos de agua potable y saneamiento básico, el periodo de diseño para todos los componentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo, es de **25 años.**

7.1.1.1 POBLACIÓN

Con el fin de evitar subestimar el comportamiento hidráulico del sistema de alcantarillado, se escogió como población de diseño la obtenida mediante el **promedio de los cuatro métodos**, pues los resultados obtenidos con cada uno de los métodos utilizados no difieren significativamente. También se tuvo en cuenta que el comportamiento del crecimiento de la población con el método geométrico muestra un crecimiento más acelerado que con los otros tres métodos. A continuación, se presentan los resultados de los tres métodos de proyección poblaciónal:

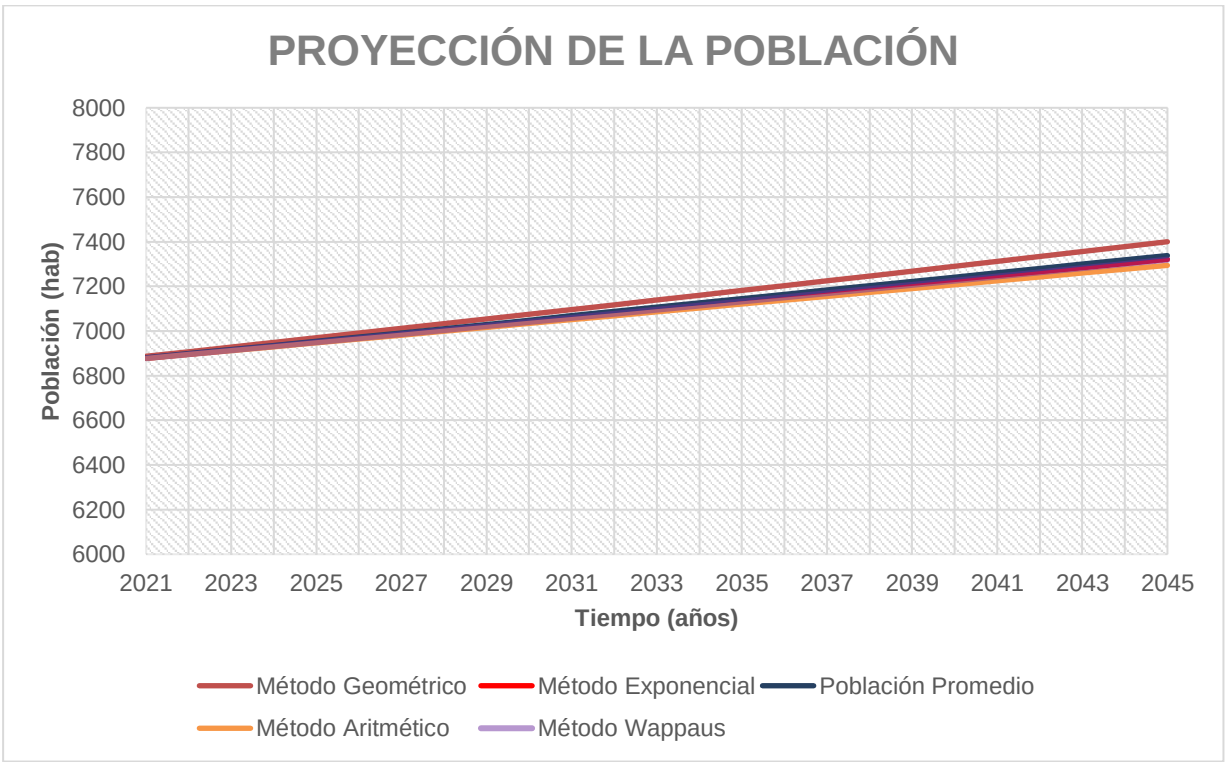


Ilustración 12. Grafica crecimiento Poblacional.

Tabla 8. Resultados métodos de proyeccion de la población.

ARANZAZU												
Año	Método Aritmético		Método Geométrico		Método Exponencial					Método Wappaus		Población Promedio
	Tasa de crecimiento	Población	Tasa de crecimiento	Población	K1	K2	K3	Kprom	Población	Tasa de crecimiento	Población	
1993		7398		7398	-0.0095	0.0026	-0.0032	0.0026	7398		7398	7398
2005		6599	0.30%	6599	-0.0095	0.0026	-0.0032	0.0026	6599		6599	6599
2018	3.40%	6825	0.30%	6825	-0.0095	0.0026	-0.0032	0.0026	6825	0.2590	6825	6825
2021	0.80%	6877	0.30%	6888	-0.0095	0.0026	-0.0032	0.0026	6878	0.2590	6878	6880
2022	0.30%	6895	0.30%	6908	-0.0095	0.0026	-0.0032	0.0026	6896	0.2590	6896	6899
2023	0.20%	6912	0.30%	6929	-0.0095	0.0026	-0.0032	0.0026	6914	0.2590	6914	6917
2024	0.20%	6929	0.30%	6950	-0.0095	0.0026	-0.0032	0.0026	6932	0.2590	6932	6936
2025	0.30%	6947	0.30%	6971	-0.0095	0.0026	-0.0032	0.0026	6950	0.2590	6950	6954
2026	0.20%	6964	0.30%	6992	-0.0095	0.0026	-0.0032	0.0026	6968	0.2590	6968	6973
2027	0.20%	6981	0.30%	7013	-0.0095	0.0026	-0.0032	0.0026	6987	0.2590	6986	6992
2028	0.30%	6999	0.30%	7034	-0.0095	0.0026	-0.0032	0.0026	7005	0.2590	7004	7011
2029	0.20%	7016	0.30%	7055	-0.0095	0.0026	-0.0032	0.0026	7023	0.2590	7022	7029
2030	0.30%	7034	0.30%	7076	-0.0095	0.0026	-0.0032	0.0026	7041	0.2590	7040	7048
2031	0.20%	7051	0.30%	7097	-0.0095	0.0026	-0.0032	0.0026	7060	0.2590	7059	7067
2032	0.20%	7068	0.30%	7118	-0.0095	0.0026	-0.0032	0.0026	7078	0.2590	7077	7085
2033	0.30%	7086	0.30%	7140	-0.0095	0.0026	-0.0032	0.0026	7096	0.2590	7095	7104
2034	0.20%	7103	0.30%	7161	-0.0095	0.0026	-0.0032	0.0026	7115	0.2590	7114	7123
2035	0.30%	7121	0.30%	7183	-0.0095	0.0026	-0.0032	0.0026	7133	0.2590	7132	7142
2036	0.20%	7138	0.30%	7204	-0.0095	0.0026	-0.0032	0.0026	7152	0.2590	7151	7161
2037	0.20%	7155	0.30%	7226	-0.0095	0.0026	-0.0032	0.0026	7171	0.2590	7169	7180

2038	0.30%	7173	0.30%	7247	-0.0095	0.0026	-0.0032	0.0026	7189	0.2590	7188	7199
2039	0.20%	7190	0.30%	7269	-0.0095	0.0026	-0.0032	0.0026	7208	0.2590	7207	7218
2040	0.20%	7207	0.30%	7291	-0.0095	0.0026	-0.0032	0.0026	7227	0.2590	7225	7238
2041	0.20%	7225	0.30%	7313	-0.0095	0.0026	-0.0032	0.0026	7246	0.2590	7244	7257
2042	0.20%	7242	0.30%	7335	-0.0095	0.0026	-0.0032	0.0026	7264	0.2590	7263	7276
2043	0.20%	7260	0.30%	7357	-0.0095	0.0026	-0.0032	0.0026	7283	0.2590	7282	7295
2044	0.20%	7277	0.30%	7379	-0.0095	0.0026	-0.0032	0.0026	7302	0.2590	7301	7315
2045	0.20%	7294	0.30%	7401	-0.0095	0.0026	-0.0032	0.0026	7321	0.2590	7320	7334
2046	0.20%	7312	0.30%	7423	-0.0095	0.0026	-0.0032	0.0026	7340	0.2590	7339	7353

Como se puede observar, el método geométrico arroja los resultados mayores de crecimientos de la población, y el método aritmético los menores. Se escoge como criterio de selección de la población de diseño el promedio de todos los métodos.

Por tanto, se puede concluir que en el año horizonte del proyecto, la **población de la cabecera municipal** de Aranzazu es de **6880** en el año **2021**, y la **población de la cabecera municipal** en el año del periodo de diseño, **2046**, es de **7353**.

Obtenida la proyección de la población total del municipio de Aranzazu, se calculó el porcentaje de habitantes de la zona de estudio por medio de un factor de densidad poblacional. Según el catastro del IGAC del municipio de Aranzazu, el perímetro urbano es de **48,13 has,** y la población proyectada del municipio es de **7353 hab.** Por tanto, la densidad poblacional es de **152.77 hab/ha.** El área aferente y la población de cada tramo estudiado se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 9. Población aferente a cada tramo del alcantarillado analizado

POBLACIÓN AFERENTE A CADA TRAMO			
TRAMO	ÁREA AFERENTE (ha)	DENSIDAD POBLACIONAL (hab/ha)	POBLACIÓN (hab)
T1	2.395	152.77	367
T2	4.533	152.77	695
T3	0.61	152.77	95

7.2 CAUDALES DE AGUAS RESIDUALES

A continuacion, se estimará el caudal de aguas residuales domésticas del área aferente a los tramos de alcantarillado analizados en el presente informe. Los resultados del diagnóstico y diseño se presentan posteriormente.

Con base en lo afirmado en la Resolución 0330 de 2017, artículo 134, se calculó el caudal medio de aguas residuales con la siguiente fórmula, para los habitantes de diseño:

$$Q_D = \frac{C_R \cdot P \cdot D_{NETA}}{86400}$$

Siendo:

D= dotación neta corregida
P=población
CR=coeficiente de retorno, 0.85 que es el valor sugerido por el artículo 134 de la Resolución 0330 de 2017

7.2.1 COEFICIENTE DE RETORNO

Según el artículo 134 de la resolución 0330 de 2017, el coeficiente debe estimarse a partir de análisis de información existente en la localidad y/o mediciones de campo realizadas por la persona prestadora de servicio. En este caso, ya que no se cuenta con datos de campo, se debe tomar un valor de **0.85**.

7.2.2 DOTACIÓN

De acuerdo al artículo 34 de la Resolución 0330 de 2017, la dotación neta debe determinarse haciendo uso de información histórica de los consumos de agua potable de los suscriptores, disponible por parte de la persona prestadora del servicio de acueducto o, en su defecto, recopilada en el Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD), siempre y cuando los datos sean consistentes.

Sin embargo, en cualquier caso, no deben superarse los siguientes valores de dotación neta que dependen de la elevación sobre el nivel del mar del municipio y que se presentan a continuación en la Tabla 1:

Tabla 10. Dotación Neta Res. 0330/2017

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

Dado que el municipio de Aranzazu se encuentra ubicado (en promedio) a 1960 m.s.n.m., la Dotación neta en el diseño será de **130 L/hab*día**.

7.2.3 CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES NO DOMESTICO

Caudal de aguas residuales industriales

No se tiene en cuenta una contribución industrial al sistema de alcantarillado, ya que se trata de un municipio netamente residencial y con ninguna actividad industrial significativa.

El consumo de agua industrial varía de acuerdo con el tipo, tamaño y ubicación de la industria (ver numeral 2 del artículo 134), y los aportes de aguas residuales varían con el grado de re-circulación de aguas y los procesos de tratamiento. En consecuencia, los aportes de aguas residuales industriales QI deben ser determinados para

cada caso en particular, con base en información de censos, encuestas y consumos industriales y estimativos de ampliaciones y consumos futuros.

Caudal de aguas residuales institucionales

Según el artículo 134 de la resolución 0330 de 2017, numeral 2, debe realizarse un estudio específico para zonas netamente institucionales.

El consumo de agua de las diferentes instituciones varía de acuerdo con el tipo y tamaño de las mismas, dentro de las cuales pueden mencionarse escuelas, colegios y universidades, hospitales, hoteles, cárceles, etc. En el proyecto no se cuenta con consumos institucionales que influyan en el diseño. Por tanto, no se incluirá un caudal de aguas residuales institucionales pues no es representativo cuando se trata de alcantarillados combinados.

Caudal de aguas residuales comerciales:

Para zonas netamente comerciales, el caudal de aguas residuales QC debe estar justificado con un estudio detallado, basado en consumos diarios por persona, densidades de población en estas áreas y coeficientes de retorno mayores que los de consumo doméstico. Según la resolución 0330 de 2017, articulo 134, se especifica que los caudales de aguas residuales no domésticas deben determinarse según estudios específicos para cada caso.

Dado que las actividades comerciales del municipio de Aranzazu no representan un aumento significativo en el caudal de diseño para alcantarillados combinados, no se tendrá en cuenta para determinar el caudal de diseño.

7.2.4 CAUDAL MEDIO DIARIO DE AGUAS RESIDUALES

Según la Resoluión 0330 de 2017, artículo 134, numeral 3, el caudal medio diario de aguas residuales se debe calcular como la sumatoria de los aportes domésticos, industriales, comerciales e institucionales (en este caso, sólo se tendrá en cuenta el aporte Doméstico):

$$Q_{MD} = Q_{DOM} + Q_{IND} + Q_{COM} + Q_{INS}$$

7.2.5 FACTOR DE MAYORACION CAUDAL MAXIMO HORARIO

Según el artículo 134 de la Resolución 0330 de 2017, numeral 4, el factor de mayoración utilizado en la estimación del caudal máximo horario debe calcularse haciendo uso de mediciones de campo, en las cuales se tengan en cuenta los patrones de consumo de la población. En ausencia de datos de campo, se debe estimar con las ecuaciones aproximadas, teniendo en cuenta las limitaciones que pueden presentarse en su aplicabilidad. Este valor deberá estar entre 1,4 y 3,8.

De entre las ecuaciones para estimar el factor de mayoración, se eligió la ecuación de Tchobanoglous, que es la que mejor se ajusta a las características del municipio de Aranzazu, esta formula es válida para el rango de

de 4 a 5000 L/s. Esta última relación es adecuada cuando la contribución de aguas residuales de procedencia comercial, industrial e institucional no representa más del 25% del caudal total de aguas residuales.

$$F = \frac{3.7}{Q_{MD}^{0.0733}}$$

En general el valor de F debe ser mayor o igual a 1,4.

El factor F debe calcularse tramo por tramo de acuerdo con el incremento progresivo de población y caudal.

7.2.6 CAUDAL MAXIMO HORARIO

El caudal máximo Horario es el resultado de multiplicar el Caudal Medio Diario por el factor de mayoración, que como se mencionó anteriormente, es el obtenido con la ecuación de Tchobanoglous. Dicho caudal debe calcularse como se muestra a continuación:

$$Q_{MH} = F \cdot Q_{MD}$$

Cabe destacar que este Caudal Máximo Horario se calculó por cada tramo y los resultados se presentan en el capítulo de diseño hidráulico de la red de optimización del alcantarillado.

7.2.7 CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES POR CONEXIONES ERRADAS

En el artículo 134, numeral 5, de la Resolución 0330 de 2017, se establece que los aportes por conexiones erradas deben estimarse a partir de la información existente en la localidad. En ausencia de esta información deberá utilizarse un valor máximo de **2,0 L/s*ha.** Sin embargo, el caudal por conexiones erradas debe tenerse en cuenta solo cuando se trata de alcantarillados separativos.

Teniendo en cuenta lo anterior, no se adicionó un caudal por conexiones erradas al diseño de alcantarillado.

7.2.8 CAUDAL POR INFILTRACION

En el numeral 6 del Artículo 134 de la Resolución 0330 de 2017 se establece que el caudal de infiltración debe estimarse a través de aforos en el sistema y de consideraciones sobre la naturaleza y permeabilidad del suelo, la topografía de la zona y su drenaje, la cantidad y distribución temporal de la precipitación, la variación del nivel freático con respecto a las cotas clave de las tuberías, las dimensiones, estado y tipo de tuberías, los tipos, número y calidad constructiva de uniones y juntas, el número de estructuras de conexión y demás estructuras, y su calidad constructiva.

Ante la ausencia de esta información, se debe utilizar un factor entre 0,1 y 0,3 L/s*ha, de acuerdo con las características topográficas, de suelos, los niveles freáticos y la precipitación de la zona del proyecto. Para

situaciones en las cuales el nivel freático se encuentre por debajo del nivel de cimentación de la red, el caudal de infiltración podrá excluirse como componente del caudal de diseño.

Para el presente diseño, se escogió un factor de infiltración promedio de **0.2 L/s*ha,** Ya que no se puede garantizar que el nivel freático esté por debajo de la cimentación de la red en todo su trayecto dada la topografía de la zona, se calculó un caudal de infiltración para toda el área aferente.

Dicho caudal de infiltración también se calculó por cada tramo y los resultados se presentan en el capítulo de diseño del alcantarillado.

7.2.9 CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES PARA DISEÑO HIDRÁULICO

De acuerdo con lo establecido en el Artículo 134, numeral 7, de la Resolución 0330 de 2017, el caudal de diseño debe obtenerse sumando el caudal máximo horario, los aportes por infiltraciones y conexiones erradas. Cuando el caudal de diseño calculado en el tramo sea menor que 1.5 L/s, debe adoptarse este último valor como caudal de diseño para el tramo. El caudal de diseño

$$Q_{ARD} = Q_{MH} + Q_{INF} + Q_{CE}$$

Este valor corresponde al caudal total de Aguas Residuales. El análisis tramo por tramo se presenta en las tablas anteriores y en el numeral de diagnóstico del alcantarillado existente.

7.3 CAUDAL DE AGUAS LLUVIAS

El caudal de aguas lluvias se estima a partir de modelos Lluvia – Escorrentía. Para el presente caso se usó el método racional. Según la Resolución 0330 de 2017, artículo 35, es válido utilizar el método racional siempre que el área de drenaje de la cuenca sea inferior a 80 hectáreas (en este caso, las áreas tributaria totales, de forma individual, no superan las 80 hectáreas).

7.3.1 MÉTODO RACIONAL

El método racional forma parte de las metodologías hidrológicas empíricas aplicada a cuencas pequeñas, que algunos autores definen entre 1 y 100 km² y que relaciona la intensidad de la lluvia máxima con un coeficiente de escorrentía propio del tipo de suelo y el área de drenaje hasta el punto en que se quiere determinar el caudal (Segura y Reyes, 1992; Chow et al., 1994, Suárez, 2001; Linsley et al., 1990, Viessman y Lewis, 2003).

Sin embargo, el método racional también es empleado en cuencas de tamaño medio si se hacen las hipótesis mínimas requeridas. Para estimar caudales máximos a través del método racional se considera que la lluvia máxima cae con una intensidad uniforme en toda la cuenca y que el valor del coeficiente de escorrentía representa toda el área de la cuenca, hipótesis que no siempre se cumplen en cuencas grandes dada la alta variabilidad observada en nuestro medio tanto a nivel espacial como temporal (Witte, 1995; Poveda, 2004; Mesa, 2007 y Rodríguez et al., 2008).

El método racional se atribuye generalmente a Kuicling en 1888 y a Lloyd Davis en 1906, pero Mulvaney desde 1851 había explicado claramente en un artículo, el procedimiento a seguir para la aplicación de la siguiente expresión conocida como fórmula racional:

$$Q_p = \frac{25}{9} \cdot C \cdot I \cdot A$$

Donde:

Q_p: Caudal máximo en L/s para el periodo de retorno seleccionado
C: Coeficiente de escorrentía
I: Intensidad de la lluvia en mm/hr
A: Área de la cuenca en has

Los efectos de la lluvia y el tamaño de la cuenca son considerados en la expresión explícitamente y otros procesos son considerados implícitamente en el tiempo de concentración y el coeficiente de escorrentía. El almacenamiento temporal y las variaciones espacio-temporales de la lluvia no son tenidos en cuenta, razón por la cual no se debe aplicar en cuencas mayores. La intensidad se obtiene de las curvas IDF de la región de estudio o cercanas a la zona para una lluvia con una duración igual al tiempo de concentración Tc. (Smith y Vélez, 1997).

7.3.1.1 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

Según el RAS 2000, título D, el coeficiente de escorrentía, C, es función del tipo de suelo, del grado de permeabilidad de la zona, de la pendiente del terreno y otros factores que determinan la fracción de la precipitación que se convierte en escorrentía. En su determinación deben considerarse las pérdidas por infiltración en el suelo y otros efectos retardadores de la escorrentía.

Para áreas de drenaje que incluyan subáreas con coeficientes de escorrentía diferentes, el valor de C representativo del área debe calcularse como el promedio ponderado con las respectivas áreas.

Para la estimación de C existen tablas de valores y fórmulas, algunas de las cuales se presentan en la siguiente tabla como guía para su selección:

Tabla 11. Coeficientes de escorrentía. Fuente: Título D RAS 2000.

TABLA D.4.5
Coeficiente de escorrentía o impermeabilidad

Tipo de superficie	C
Cubiertas	0,75-0,95
Pavimentos asfálticos y superficies de concreto	0,70-0,95
Vías adoquinadas	0,70-0,85
Zonas comerciales o industriales	0,60-0,95
Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras	0,75
Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre éstos	0,60-0,75
Residencial unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines	0,40-0,60
Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados	0,45
Residencial, con predominio de zonas verdes y parques-cementerios	0,30
Laderas sin vegetación	0,60
Laderas con vegetación	0,30
Parques recreacionales	0,20-0,35

Como en su mayoría son áreas residenciales de casas contiguas con predominio de zonas pavimentadas, se elige como coeficiente de escorrentía un valor de **0.75.**

7.3.2 HIDROLOGÍA

7.3.2.1 CURVA IDF

Curvas IDF sintetizan las características de los eventos de precipitación externos en una zona determinada y establecen la intensidad media de lluvia para diferentes duraciones de eventos de precipitación con periodos de retorno específicos.

Las curvas de intensidad duración frecuencia se generan utilizando ecuaciones que relacionan la intensidad de lluvia y su duración:

Para el presente caso, se utilizó la curva IDF para el municipio de Aranzazu elaborada por Pareja y Osorio (1997):

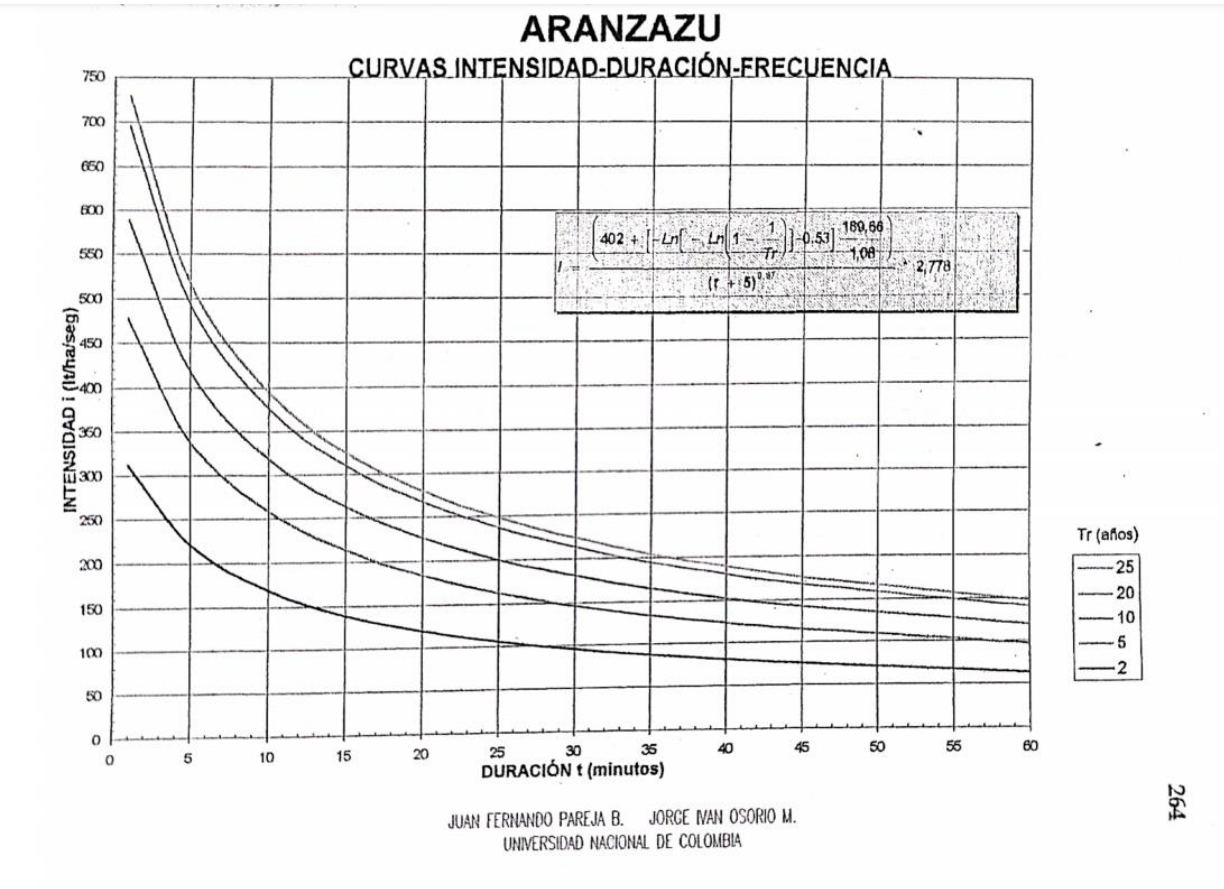


Ilustración 13. Curva IDF escogida para el estudio (Pareja y Osorio, 1997)

$$I = \frac{402 + \left\{ - ln\left[- ln\left(1 - \frac{1}{T_r}\right)\right] - 0.53\right\} \cdot \frac{189.66}{1.08}}{(t+5)^{0.67}} * 2.778$$

Donde:

I =	Intensidad de la precipitación (mm/hr)
Tr =	Periodo de retorno (Años)
t =	Duración efectiva de la precipitación (min)

7.3.2.2 DETERMINACIÓN DE ÁREAS AFERENTES

Con el objeto de determinar el caudal propio de cada colector se procedió a calcular el área tributaria (At) a cada tramo de tubería utilizando el programa de diseño asistido por computador AutoCAD. Con este fin, se consultó el catastro de la red de alcantarillado del municipio de Aranzazu y se complementó la información con el modelo de elevación de Google Earth, con lo que se obtuvo las áreas tributarias de los tramos del colector.

A continuación, se muestran las áreas aferentes para cada tramo a reponer:

Tabla 12. Áreas aferentes de los tramos a reponer.

ARANZAZU - CALDAS				
TRAMO	ÁREA TRIBUTARIA (Ha)			
	Atrás (Ha)	Tramo		Total
		m2	Ha	
CALLE 7 ENTRE CARRERAS 1 Y 3				
P72 - P141	1.9356	486.365	0.0486	1.9842
P141 - P142	1.9842	1450.658	0.1451	2.1293
P142 - P 143	2.1293	1439.974	0.1440	2.2733
P143 - P144	2.2733	1214.122	0.1214	2.3947
CARRERA 3 ENTRE CALLES 4 Y 6				
P132 - P15	4.0192	2125.518	0.2126	4.2318
P15 - P16	0.0000	1021.806	0.1022	0.1022
P16 - P20	0.1022	968.150	0.0968	0.1990
CARRERA 5 ENTRE CALLES 2 Y 3				
P63 - P66	0.3017	3082	0.3082	0.6099

En la siguientes imagenes se observa:

- El área del tramo atrás en color fucsia, y el área del tramo en color naranja, para el tramo de la Calle 7 entre Carreras 1 y 3.
- El área del tramo atrás en color cian, y el área del tramo en color naranja, para el tramo de la Carrera 3 entre Calles 4 y 6.
- El área del tramo atrás en color verde, y el área del tramo en color naranja, para el tramo de la Carrera 5 entre Calles 2 y 3.

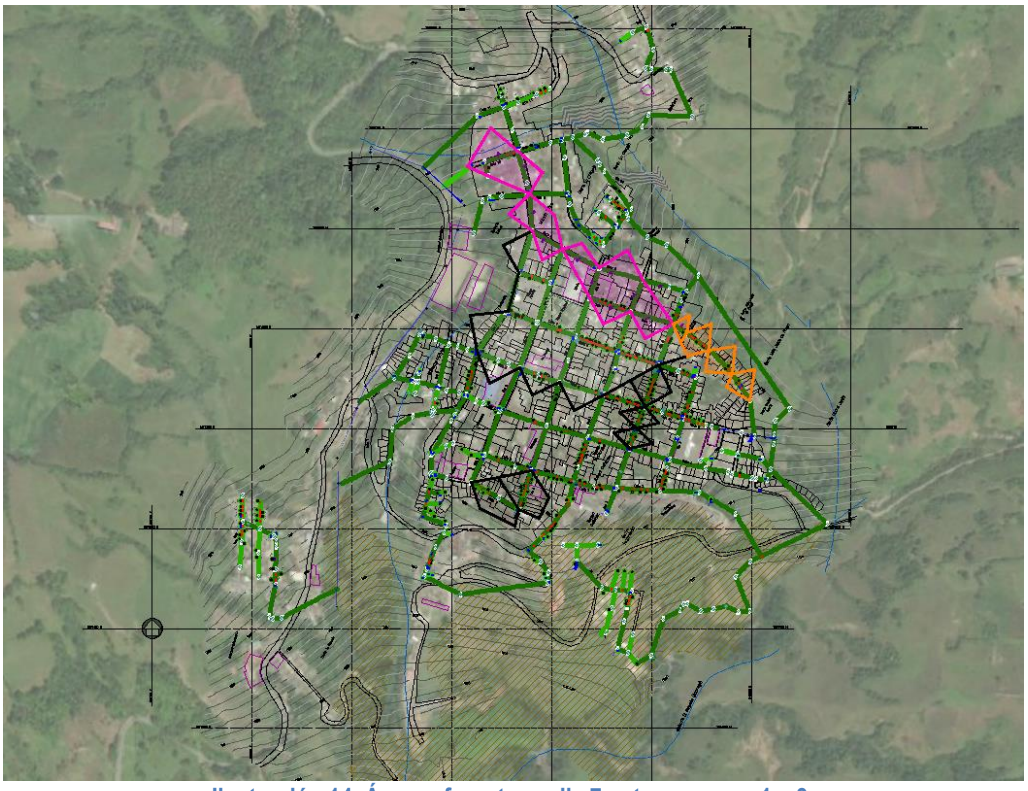


Ilustración 14. Áreas aferentes calle 7 entre carreras 1 y 3.

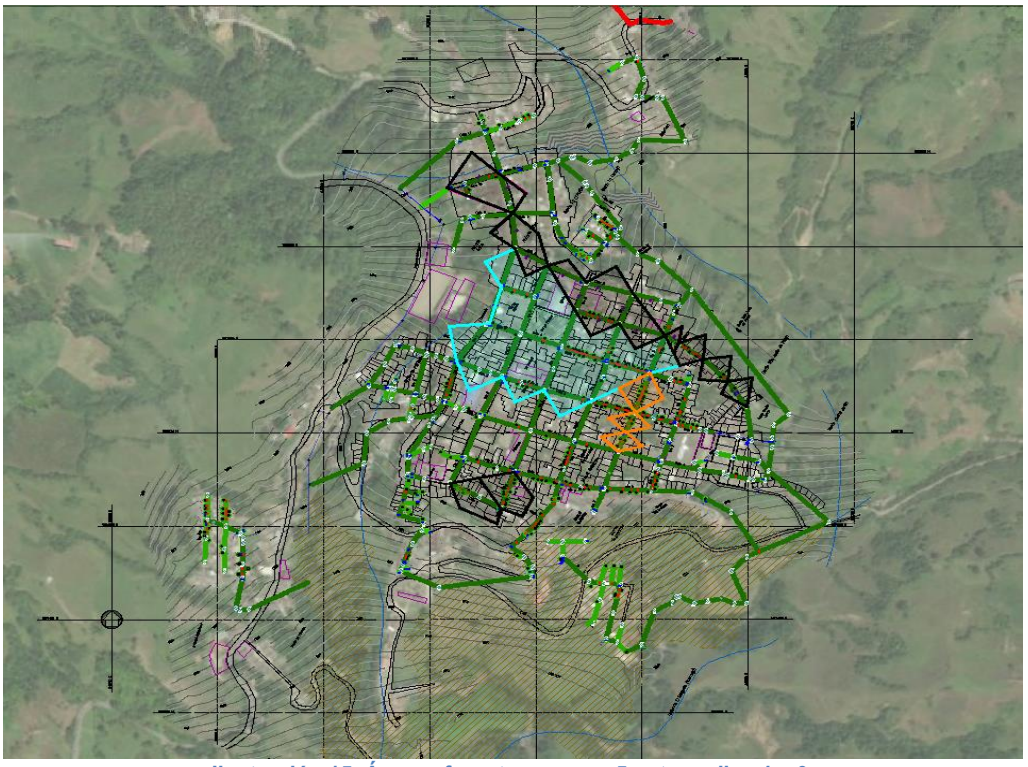


Ilustración 15. Áreas aferentes carrera 5 entre calles 4 y 6.

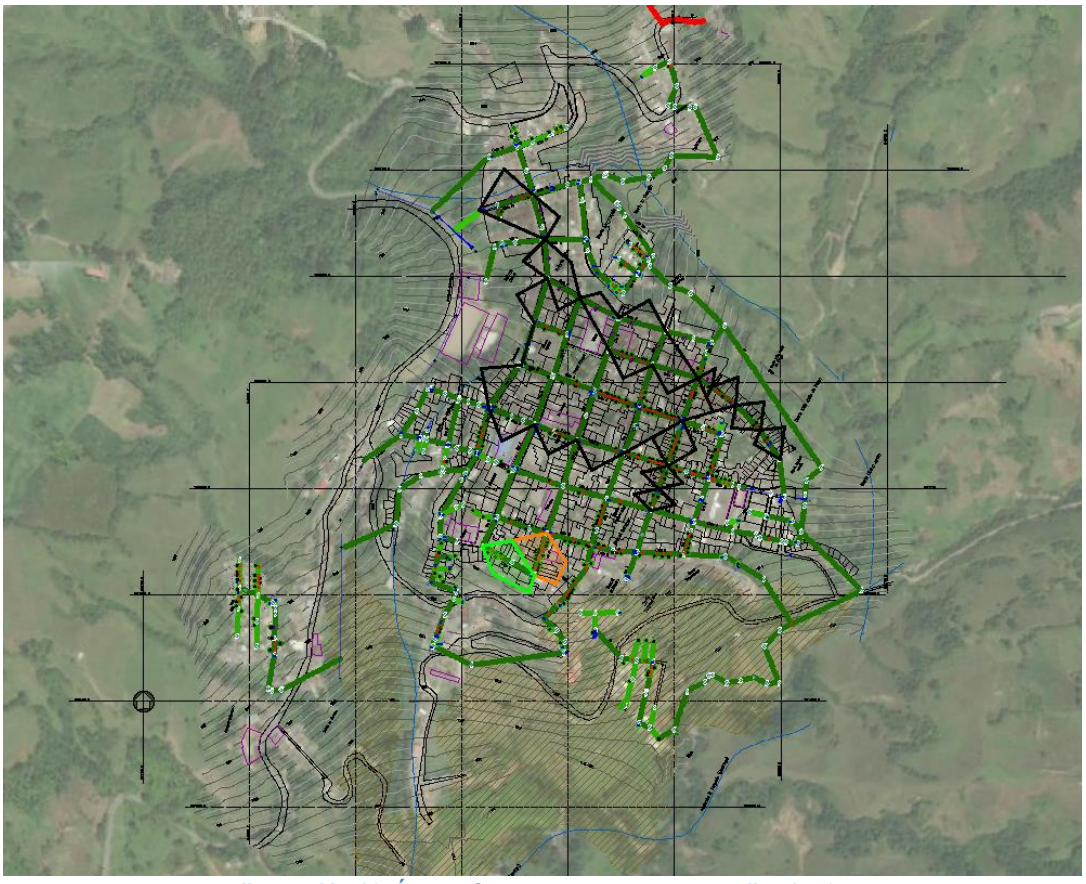


Ilustración 16. Áreas aferentes carrera 5 entre calles 2 y 3.

7.3.3 PERIODO DE RETORNO

En el artículo 135, numeral 1, de la Resolución 0330 de 2017, se define el proceso para seleccionar el periodo de retorno. El periodo de retorno de la lluvia de diseño se debe seleccionar de acuerdo con la importancia de las áreas y los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones puedan ocasionar a los habitantes, el tráfico, el comercio, la industria y la infraestructura. En ningún caso podrán ser menores que los mostrados en la tabla 16:

Tabla 13. Periodo de Retorno Res. 0330/2017

Tabla 16. Períodos de retorno

Características del área de drenaje	Período de retorno (años)
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 hectáreas	3
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 hectáreas	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 hectáreas	10
Canales abiertos que drenan áreas menores a 1000 hectáreas	50
Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100
Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas	100

De acuerdo con esta información, dado que el área de drenaje se encuentra aproximadamente entre 2 ha y 10 ha, se tomará un valor de 5 años como periodo de retorno.

7.3.4 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

El tiempo de concentración es un parámetro hidrológico que define la respuesta de una cuenca a un evento de lluvia determinado. Conceptualmente, se define como el tiempo que tarda una gota de lluvia en ir desde el punto más alejado de la cuenca hasta el final del cauce principal.

El cálculo del tiempo de concentración se realizó con base en las fórmulas de diversos autores que se presentan a continuación:

KIRPICH (1942)

$$t_c = 0.0078 \ L^{0.77} S^{-0.385}$$

t_c = Tiempo de concentración (min)

L = Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida (pies)

S = Pendiente promedio de la cuenca (pies/pies)

KIRPICH (I)

$$t_c = 0.01947 L^{0.77} S^{-0.385}$$

t_c = Tiempo de concentración (min)
L = Longitud del cauce principal (m)
S = Pendiente promedio del recorrido principal (m/m)

KIRPICH (1990)

$$t_c = 0.0662 \left[\frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \right]$$

t_c = Tiempo de concentración (horas)
L = Longitud del cauce principal (Km)
S = Pendiente del cauce (m/m)

KIRPICH (II)

$$t_c = 0.0663 \left[\frac{L}{\sqrt{S}} \right]^{0.77}$$

t_c = Tiempo de concentración (Horas)
L = Longitud de la cuenca (Km)
S = Pendiente del cauce (m/m)

PILGRIM

$$t_c = 0.76 A^{0.38} 60$$

t_c = Tiempo de concentración (min)
A = Área de la cuenca (Km^2)

TÉMEZ (1978)

$$t_c = 0.3\left[\frac{L}{S^{0.25}}\right]^{0.76}$$

t_c = Tiempo de concentración (horas)
L = Longitud del cauce principal (Km)
S = Pendiente promedio del cauce principal (m/m)

FÓRMULA CALIFORNIANA DEL U.S.B.R.

$$t_c = 0.066\left[\frac{L}{\sqrt{J}}\right]^{0.77}$$

t_c = Tiempo de concentración (horas)
L = Longitud promedio del cauce principal (Km)
J = Pendiente promedio del cauce principal (m/m)

GIANDOTTI

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{25.3\sqrt{JL}}$$

t_c = Tiempo de concentración (horas)
L = Longitud promedio del cauce principal (Km)
J = Pendiente promedio del cauce principal (m/m)
A = Área de la cuenca (Km^2)

FÓRMULA CALIFORNIA (1946)

$$t_c = 60\left[\frac{0{,}87075\ L^3}{H}\right]^{0{,}385}$$

t_c = Tiempo de concentración (min)
H = Diferencia de elevación entre la divisoria de aguas y la salida (m)
L = Longitud del curso de agua mas largo (Km)

FÓRMULA CALIFORNIA (1942)

$$t_c = 60\left[\frac{11.9L^3}{H}\right]^{0.385}$$

$t_c =$ Tiempo de concentración
L = Longitud del curso de agua mas largo (millas)
H = Diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida (pies)

En la siguiente tabla se muestra el valor obtenido para los diferentes tramos, en donde se tomó como tiempo de concentración el promedio de cada fórmula empleada.

Tabla 14. Tiempo de concentración Calle 7 entre carreras 1 y 3.

MÉTODO	Variable	VALOR	Tc (min)
KIRPICH (1942) (minutos)	L = Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida (pies) S = Pendiente promedio de la cuenca (pies/pies)	1536.85 0.08	5.92
KIRPICH (I) (minutos)	L = Longitud del cauce principal (m) S = Pendiente promedio del recorrido principal (m/m)	468.43 0.08	5.92
CALIFORNIA (1942) (minutos)	L = Longitud del curso de agua mas largo (millas) H = Diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida (pies)	0.29 121.39	5.90
PILGRIM (horas)	A = Área de la cuenca (Km2)	0.02	10.185
TÉMEZ (1978) (horas)	L = Longitud del cauce principal (Km) S = Pendiente promedio del cauce principal (m/m)	0.47 0.08	16.42
KIRPICH (1990) (horas)	L = Longitud del cauce principal (Km) S = Pendiente del cauce (m/m)	0.47 0.08	5.91
KIRPICH (II) (horas)	L = Longitud de la cuenca (Km)	0.47	5.92

	S = Pendiente del cauce (m/m)	0.08	
FÓRMULA CALIFORNIANA DEL U.S.B.R. (horas)	L = Longitud promedio del cauce principal (Km) J = Pendiente promedio del cauce principal (m/m)	0.47 0.08	5.90
GIANDOTTI (horas)	L = Longitud promedio del cauce principal (Km) J = Pendiente promedio del cauce principal (m/m) A = Área de la cuenca (Km2)	0.47 0.08 0.02	15.62
FÓRMULA CALIFORNIA (1946) (minutos)	H = Diferencia de elevación entre la divisoria de aguas y la salida (m) L = Longitud del curso de agua mas largo (Km)	37.00 0.47	5.90
PROMEDIO			8.36
MEDIANA			5.92
MEDIA GEOMÉTRICA			7.62
MEDIA ARMÓNICA			7.11
TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (MINUTOS)			**8.36**

Tabla 15. Tiempo de concentración Carrera 3 entre calles 4 y 6.

MÉTODO	Variable	VALOR	Tc (min)
KIRPICH (1942) (minutos)	L = Longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida (pies) S = Pendiente promedio de la cuenca (pies/pies)	1203.70 0.07	5.17
KIRPICH (I) (minutos)	L = Longitud del cauce principal (m) S = Pendiente promedio del recorrido principal (m/m)	366.89 0.07	5.17
CALIFORNIA (1942) (minutos)	L = Longitud del curso de agua mas largo (millas) H = Diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida (pies)	0.23 82.02	5.17
PILGRIM (horas)	A = Área de la cuenca (Km2)	0.04	13.444
TÉMEZ (1978) (horas)	L = Longitud del cauce principal (Km) S = Pendiente promedio del cauce principal (m/m)	0.37 0.07	14.00
KIRPICH (1990) (horas)	L = Longitud del cauce principal (Km) S = Pendiente del cauce (m/m)	0.37 0.07	5.17
KIRPICH (II) (horas)	L = Longitud de la cuenca (Km) S = Pendiente del cauce (m/m)	0.37 0.07	5.17
FÓRMULA CALIFORNIANA DEL U.S.B.R. (horas)	L = Longitud promedio del cauce principal (Km) J = Pendiente promedio del cauce principal (m/m)	0.37 0.07	5.15
GIANDOTTI (horas)	L = Longitud promedio del cauce principal (Km) J = Pendiente promedio del cauce principal (m/m) A = Área de la cuenca (Km2)	0.37 0.07 0.04	20.30

FÓRMULA CALIFORNIA (1946) (minutos)	H = Diferencia de elevación entre la divisoria de aguas y la salida (m) L = Longitud del curso de agua mas largo (Km)	25.00 0.37	5.17
PROMEDIO			8.39
MEDIANA			5.17
MEDIA GEOMÉTRICA			7.20
MEDIA ARMÓNICA			6.45
TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (MINUTOS)			**8.39**

Se tiene entonces que el tiempo de concentración para el tramo de la **calle 7** corresponde a **8.36 minutos**, el de la **carrera 3** a **8.39 minutos**, y dado de que el tramo de la **carrera 5** se trata de un área de drenaje pequeña, los tiempos de concentración obtenidos por medio de los métodos presentados anteriormente son menores a 5 minutos, por lo que se asumió un tiempo de concentración de **5 minutos** para todas las subcuencas aferentes a este tramo.

7.4 CAUDAL DE AGUAS COMBINADAS

El caudal de diseño de las redes de alcantarillado combinados es igual al caudal de aguas lluvias. Sin embargo, cuando el caudal de aguas residuales es mayor que el 5% del caudal de aguas lluvias, debe tomarse como caudal de diseño la suma de los caudales de aguas residuales y aguas lluvias. En este caso, el caudal de aguas residuales no incluiría el caudal de conexiones erradas (Resolución 0330 de 2017).

Para el caso del presente diseño, se decidió sumar el caudal de aguas residuales y el caudal de aguas lluvias, que representaría el caso más desfavorable para el sistema.

$$Q_{COMB} = Q_{AR} + Q_{PPT}$$

8 DIAGNOSTICO HIDRAULICO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

Los tramos de alcantarillado estudiados en el presente informe, dada su antigüedad, han superado su vida útil y se encuentran deteriorados por lo que ya no cuentan con la suficiencia hidráulica para conducir las aguas residuales combinadas provenientes de las áreas aferentes en donde tienen influencia. Adicionalmente, puede observarse que el tramo de la Calle 7 y la Carrera 3 requiere de gran capacidad pues está prácticamente al final del sistema de alcantarillado, por lo que se hace muy importante aumentar en mayor medida su diámetro para que funcione de manera suficiente durante eventos fuertes de lluvia y no se genere la presurización de dicho tramo.

A continuación, se presentan los resultados del diagnóstico del sistema de alcantarillado. Para cada tramo analizado, se estudiaron las condiciones actuales de las redes, teniendo en cuenta que el principal problema del sistema es el estado deteriorado de las tuberías existentes y no tanto su capacidad hidráulica.

Los resultados para cada tramo se presentan a continuación:

Tabla 16. Diagnóstico tramos de red de alcantarillado combinado Aranzazu.

DIAGNÓSTICO RED DE ALCANTARILLADO RED DE ALCANTARILLADO COMBINADO (METODO MANING)													
TRAMO	LONGITUD (m)	AREAS (Ha)			TIEMPO DE CONCENTRACION (Tc)			COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	PERIODO DE RETORNO	INTENSIDAD (lt/seg/hect)	Aguas lluvias (lt/seg)		
		Atrás	Tramo	Total	Inicial	tramo	Total				Atrás	Tramo	Total
CALLE 7 ENTRE CARRERAS 1 Y 3													
P72 - P141	28.91	1.9356	0.0486	1.9842	8.36	0.10	8.46	0.75	5.00	279.96	406.41	10.21	416.63
P141 - P142	33.21	1.9842	0.1451	2.1293	8.46	0.12	8.58	0.75	5.00	278.61	414.62	30.31	444.93
P142 - P 143	44.62	2.1293	0.1440	2.2733	8.58	0.16	8.74	0.75	5.00	276.92	442.23	29.91	472.13
P143 - P144	42.36	2.2733	0.1214	2.3947	8.74	0.21	8.95	0.75	5.00	274.74	468.42	25.02	493.44
CARRERA 3 ENTRE CALLES 4 Y 6													
P132 - P15	67.05	4.0192	0.2126	4.2318	8.39	0.37	8.76	0.75	5.00	279.54	842.64	44.56	887.20
P15 - P16	35.63	0.0000	0.1022	0.1022	8.76	0.15	8.91	0.75	5.00	274.46	0.00	21.03	21.03
P16 - P20	31.43	0.1022	0.0968	0.1990	8.91	0.27	9.18	0.75	5.00	272.50	20.88	19.79	40.67
CARRERA 5 ENTRE CALLES 2 Y 3													
P63 - P66	66.75	0.3017	0.3082	0.6099	5.00	0.22	5.22	0.75	5.00	339.92	76.91	78.57	155.48

DIAGNÓSTICO RED DE ALCANTARILLADO

RED DE ALCANTARILLADO COMBINADO (METODO MANING)

TRAMO	CAUDALES (q)											
	Aguas infiltracion (lt/seg)			Aguas residuales (lt/seg)			Aguas lluvias (lt/seg)			Totales (l/s)		
	Atrás	Tramo	Total	Atrás	Tramo	Total	Atrás	Tramo	Total	Atrás	Tramo	Total
CALLE 7 ENTRE CARRERAS 1 Y 3												
P72 - P141	0.39	0.01	0.40	1.44	0.04	1.48	406.41	10.21	416.63	408.24	10.26	418.50
P141 - P142	0.40	0.03	0.43	1.48	0.11	1.59	414.62	30.31	444.93	416.49	30.45	446.94
P142 - P 143	0.43	0.03	0.45	1.58	0.11	1.69	442.23	29.91	472.13	444.24	30.04	474.28
P143 - P144	0.45	0.02	0.48	1.69	0.09	1.78	468.42	25.02	493.44	470.57	25.13	495.70
CARRERA 3 ENTRE CALLES 4 Y 6												
P132 - P15	0.80	0.04	0.85	2.95	0.16	3.11	842.64	44.56	887.20	846.39	44.76	891.16
P15 - P16	0.00	0.02	0.02	0.00	0.08	0.08	0.00	21.03	21.03	0.00	21.13	21.13
P16 - P20	0.02	0.02	0.04	0.08	0.07	0.15	20.88	19.79	40.67	20.98	19.88	40.86
CARRERA 5 ENTRE CALLES 2 Y 3												
P63 - P66	0.06	0.06	0.12	0.23	0.23	0.46	76.91	78.57	155.48	77.20	78.86	156.07

DIAGNÓSTICO RED DE ALCANTARILLADO

RED DE ALCANTARILLADO COMBINADO (METODO MANING)

TRAMO	INICIO COTAS (msnm)		FINAL COTAS (msnm)		Pendiente (%)	DIAMETROS		CAUDAL A TUBO LLENO(Q) (lt/seg)	FUERZA TRACTIVA A TUBO LLENO (T) (Pa)	RELACIONES HIDRÁULICAS			
	Terreno	Batea	Terreno	Batea		EXTERNO (in)	NOMINAL (in)			q/Q	v/V	h/D	t/T
CALLE 7 ENTRE CARRERAS 1 Y 3													
P72 - P141	1913.69	1911.82	1908.93	1907.70	14.24%	12	11.18	315.33	101.13	**1.33**	1.06	**0.93**	1.17
P141 - P142	1908.93	1907.67	1905.91	1903.79	11.68%	12	11.18	285.58	82.95	**1.57**	1.06	**0.93**	1.17
P142 - P 143	1905.91	1903.56	1901.10	1898.95	10.33%	14	12.72	378.54	83.45	**1.26**	1.06	**0.93**	1.17
P143 - P144	1901.10	1898.70			5.50%	14	12.72	276.16	44.41	**1.80**	1.06	**0.93**	1.17
CARRERA 3 ENTRE CALLES 4 Y 6													
P132 - P15	1903.06	1900.96	1902.23	1899.08	2.80%	20	17.80	482.81	31.65	**1.85**	1.06	**0.93**	1.17
P15 - P16	1902.23	1901.03	1897.75	1896.55	12.56%	10	8.94	162.93	71.28	**0.13**	0.58	**0.28**	0.64
P16 - P20	1897.75	1896.53	1898.15	1895.65	2.82%	10	8.94	77.19	16.00	**0.53**	0.88	**0.58**	1.08
CARRERA 5 ENTRE CALLES 2 Y 3													
P63 - P66	1924.87	1923.01	1918.11	1916.48	9.78%	10	8.94	207.62	55.47	**0.76**	0.97	**0.73**	1.20

DIAGNÓSTICO RED DE ALCANTARILLADO RED DE ALCANTARILLADO COMBINADO (METODO MANING)							
TRAMO	FUERZA TRACTIVA REAL (t) (Kg/m2)	VELOCIDADES (m/seg)		OBSERVACIONES	ÁREA (A) (m2)	PERIMETRO (p) (m)	RADIO HIDRÁULICO (r) (m)
		A TUBO LLENO (V)	REAL (v)				
CALLE 7 ENTRE CARRERAS 1 Y 3							
P72 - P141	118.123	4.978	5.29	CONCRETO	0.0633	0.8922	0.0710
P141 - P142	96.886	4.508	4.79	CONCRETO	0.0633	0.8922	0.0710
P142 - P 143	97.465	4.620	4.91	CONCRETO	0.0819	1.0147	0.0807
P143 - P144	51.874	3.370	3.58	CONCRETO	0.0819	1.0147	0.0807
CARRERA 3 ENTRE CALLES 4 Y 6							
P132 - P15	36.967	3.009	3.20	CONCRETO	0.1605	1.4200	0.1130
P15 - P16	45.403	4.026	2.33	CONCRETO	0.0405	0.7131	0.0567
P16 - P20	17.325	1.907	1.67	CONCRETO	0.0405	0.7131	0.0567
CARRERA 5 ENTRE CALLES 2 Y 3							
P63 - P66	66.570	5.130	4.98	CONCRETO	0.0405	0.7131	0.0567

A partir del diagnóstico expuesto en las anteriores tablas, y teniendo en cuenta que es un sistema de alcantarillado combinado, deben satisfacerse los criterios de diseño de alcantarillado de aguas pluviales y combinadas establecidos en la sección 4 de la Resolución 0330 de 2017: diámetro interno real mínimo de **260mm**, fuerza tractiva del flujo de mínimo **2.0 Pa**, velocidad máxima de **5.0 m/s** en condiciones normales de pendiente y de **10.0 m/s** en condiciones de alta pendiente y la relación máxima entre la profundidad del flujo y diámetro será del 93% del diámetro interno real del tubo.

Para conductos circulares, la máxima relación entre la profundidad del flujo y el diámetro que es del 93% produce una relación entre el caudal real y la capacidad de 1.03, por lo que se puede observar que es crítico el estado de los tramos de la calle 7 y carrera 3, superando su capacidad en gran medida.

9 DIMENSIONAMIENTO DEL ALCANTARILLADO PROPUESTO

Como solución a la insuficiencia hidráulica que presentan los tramos a intervenir en el alcantarillado de Aranzazu debido al estado deteriorado de las tuberías existentes, se propone reemplazar dichas redes por otras nuevas de PVC con un diámetro igual o superior según sea necesario para que el sistema de alcantarillado funcione de manera óptima.

A continuación, se presenta el diseño y chequeo hidráulico del nuevo colector propuesto. Como se puede observar a través de las relaciones de q/Q y h/D, el sistema presenta un comportamiento que cumple con las especificaciones de la Resolución 0330 de 2017.

DISEÑO RED DE ALCANTARILLADO

RED DE ALCANTARILLADO COMBINADO (METODO MANING)

TRAMO	LONGITUD (m)	AREAS (Ha)			TIEMPO DE CONCENTRACION (Tc)			COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	PERIODO DE RETORNO	INTENSIDAD (lt/seg/hect)	Aguas lluvias (lt/seg)		
		Atrás	Tramo	Total	Inicial	tramo	Total				Atrás	Tramo	Total
CALLE 7 ENTRE CARRERAS 1 Y 3													
P72 - P141	28.91	1.9356	0.0486	1.9842	8.36	0.07	8.43	0.75	5	279.96	406.41	10.21	416.63
P141 - P142	33.21	1.9842	0.1451	2.1293	8.43	0.08	8.51	0.75	5	279.02	415.23	30.36	445.59
P142 - P142.1	24.99	2.1293	0.0495	2.1788	8.51	0.07	8.58	0.75	5	277.87	443.75	10.32	454.07
P142.1 - P143	22.60	2.1788	0.0932	2.2720	8.58	0.06	8.63	0.75	5	276.97	452.61	19.36	471.97
P143 - P144	42.36	2.2733	0.1214	2.3947	8.63	0.13	8.77	0.75	5	276.17	470.87	25.15	496.01
CARRERA 3 ENTRE CALLES 4 Y 6													
P132 - P15	65.88	4.0192	0.2126	4.2318	8.39	0.208	8.60	0.75	5	279.54	842.64	44.56	887.20
P15 - P16	34.45	0.0000	0.1022	0.1022	8.60	0.111	8.71	0.75	5	276.66	0.00	21.20	21.20
P16 - P20	30.24	0.1022	0.0968	0.1990	8.71	0.179	8.89	0.75	5	275.16	21.09	19.98	41.07
CARRERA 5 ENTRE CALLES 2 Y 3													
P63 - P66	65.62	0.3017	0.3082	0.6099	5.00	0.182	5.18	0.75	5	339.92	76.91	78.57	155.48

Tabla 17. Diseño hidráulico de los tramos de la red de alcantarillado.

DISEÑO RED DE ALCANTARILLADO

RED DE ALCANTARILLADO COMBINADO (METODO MANING)

TRAMO	CAUDALES (q)											
	Aguas infiltracion (lt/seg)			Aguas residuales (lt/seg)			Aguas lluvias (lt/seg)			Totales (l/s)		
	Atrás	Tramo	Total	Atrás	Tramo	Total	Atrás	Tramo	Total	Atrás	Tramo	Total
CALLE 7 ENTRE CARRERAS 1 Y 3												
P72 - P141	0.39	0.01	0.40	1.44	0.04	1.48	406.41	10.21	416.63	408.24	10.26	418.50
P141 - P142	0.40	0.03	0.43	1.48	0.11	1.59	415.23	30.36	445.59	417.11	30.50	447.60
P142 - P142.1	0.43	0.01	0.44	1.58	0.04	1.62	443.75	10.32	454.07	445.76	10.36	456.12
P142.1 - P143	0.44	0.02	0.45	1.62	0.07	1.69	452.61	19.36	471.97	454.66	19.45	474.11
P143 - P144	0.45	0.02	0.48	1.69	0.09	1.78	470.87	25.15	496.01	473.01	25.26	498.28
CARRERA 3 ENTRE CALLES 4 Y 6												
P132 - P15	0.80	0.04	0.85	2.95	0.16	3.11	842.64	44.56	887.20	846.39	44.76	891.16
P15 - P16	0.00	0.02	0.02	0.00	0.08	0.08	0.00	21.20	21.20	0.00	21.30	21.30
P16 - P20	0.02	0.02	0.04	0.08	0.07	0.15	21.09	19.98	41.07	21.19	20.07	41.26
CARRERA 5 ENTRE CALLES 2 Y 3												
P63 - P66	0.06	0.06	0.12	0.23	0.23	0.46	76.91	78.57	155.48	77.20	78.86	156.07

DISEÑO RED DE ALCANTARILLADO

RED DE ALCANTARILLADO COMBINADO (METODO MANING)

TRAMO	INICIO COTAS (msnm)		FINAL COTAS (msnm)		Pendiente (%)	DIAMETROS		CAUDAL A TUBO LLENO(Q) (lt/seg)	FUERZA TRACTIVA A TUBO LLENO (T) (Kg/m2)	RELACIONES HIDRÁULICAS			
	Terreno	Batea	Terreno	Batea		EXTERNO (in)	NOMINAL (in)			q/Q	v/V	h/D	t/T
CALLE 7 ENTRE CARRERAS 1 Y 3													
P72 - P141	1913.69	1911.82	1908.93	1907.70	14.24%	12	11.18	455.48	101.13	0.92	1.03	0.84	1.22
P141 - P142	1908.93	1907.67	1905.91	1903.79	11.68%	14	12.72	581.38	94.34	0.77	0.97	0.74	1.20
P142 - P142.1	1905.91	1903.56	1903.27	1901.20	9.45%	14	12.72	522.92	76.32	0.88	1.01	0.81	1.22
P142.1 - P143	1903.27	1901.09	1901.10	1898.95	9.47%	14	12.72	523.40	76.46	0.91	1.02	0.83	1.22
P143 - P144	1901.10	1898.70			5.50%	16	14.25	540.61	49.78	0.93	1.03	0.85	1.21
CARRERA 3 ENTRE CALLES 4 Y 6													
P132 - P15	1903.06	1900.96	1902.23	1899.08	2.85%	24	23.43	1465.19	42.41	0.61	0.91	0.63	1.14
P15 - P16	1902.23	1900.00	1897.75	1896.55	10.00%	10	8.94	210.03	56.77	0.11	0.55	0.25	0.59
P16 - P20	1897.75	1896.53	1898.15	1895.65	2.93%	10	8.94	113.67	16.63	0.37	0.79	0.48	0.97
CARRERA 5 ENTRE CALLES 2 Y 3													
P63 - P66	1924.87	1923.01	1918.11	1916.48	9.94%	12	11.18	380.56	70.60	0.42	0.82	0.51	1.01

DISEÑO RED DE ALCANTARILLADO

RED DE ALCANTARILLADO COMBINADO (METODO MANING)

TRAMO	FUERZA TRACTIVA REAL (t) (Kg/m2)	VELOCIDADES (m/seg)		OBSERVACIONES	ÁREA (A) (m2)	PERIMETRO (p) (m)	RADIO HIDRÁULICO (r) (m)
		A TUBO LLENO (V)	REAL (v)				
CALLE 7 ENTRE CARRERAS 1 Y 3							
P72 - P141	122.88	7.19	7.39	PVC	0.0633	0.8922	0.0710
P141 - P142	113.40	7.10	6.91	PVC	0.0819	1.0147	0.0807
P142 - P142.1	92.88	6.38	6.46	PVC	0.0819	1.0147	0.0807
P142.1 - P143	92.98	6.39	6.54	PVC	0.0819	1.0147	0.0807
P143 - P144	60.43	5.25	5.42	PVC	0.1029	1.1373	0.0905
CARRERA 3 ENTRE CALLES 4 Y 6							
P132 - P15	48.35	5.27	4.81	PVC	0.2782	1.8696	0.1488
P15 - P16	33.61	5.19	2.87	PVC	0.0405	0.7131	0.0567
P16 - P20	16.10	2.81	2.21	PVC	0.0405	0.7131	0.0567
CARRERA 5 ENTRE CALLES 2 Y 3							
P63 - P66	71.52	6.01	4.92	PVC	0.0633	0.8922	0.0710

COLUMNA	DESCRIPCIÓN
A	Tramo de la red de alcantarillado. Las redes estan enumeradas como P_i - P_{i+1} donde el flujo va de P_i a P_{i+1}
B	Longitud en metros (m) del conducto P_i - P_{i+1}
C	Sumatoria de las áreas tributarias de entrada al nodo P_i. Las subcuencas rurales se incluyeron como adiciones a la fórmula de 'Area atrás'.
D	Área aferente correspondiente al tramo individual del conducto P_i - P_{i+1}. Algunas áreas son cero porque los tramos de influencia son muy cortos.
E	Sumatoria del área del tramo (E) y el 'Área atrás' (C).
F	Tiempo de concentración inicial del tramo. El primer tiempo de concentración es el obtenido por medio de las ecuaciones de diversos autores y el i-ésimo Tc es el tiempo total (H) del tramo anterior.
G	Tiempo de viaje del caudal en el tramo i-ésimo, es decir, Longitud de la tubería (B) sobre Velocidad del flujo (AQ).
H	Sumatoria entre el tiempo de concentración inicial (F) y el tiempo de viaje (G).
I	Coeficiente de escorrentía del área tributaria del i-ésimo tramo, calculado como una ponderación de usos del suelo.
J	Periodo de retorno escogido para el sistema de alcantarillado según Res. 0330/2017
K	Intensidad de la precipitación, dada en litros sobre segundo por hectarea, obtenida con la fórmula de intensidad proporcionada en las memorias de cálculo.
L	Caudal de aguas lluvias calculado con la fórmula racional (Q=c.i.a) donde el área es el 'Área Atrás'.
M	Caudal de aguas lluvias calculado con la fórmula racional (Q=c.i.a) donde el área es el Área del tramo P_i - P_{i+1}.
N	Sumatoria entre el caudal del área atrás (L) y el caudal del tramo (M).
O	Tramo de la red de alcantarillado. Las redes estan enumeradas como P_i - P_{i+1} donde el flujo va de P_i a P_{i+1}
P	Caudal de infiltración del 'Área atrás' calculado según lo establecido en la Res. 0330/2017.
Q	Caudal de infiltración del Área del tramo calculado según lo establecido en la Res. 0330/2017.
R	Sumatoria entre el caudal de infiltración del área atrás (P) y el área del tramo (Q).
S	Caudal de aguas residuales del 'Área atrás' calculado según lo establecido en la Res. 0330/2017.
T	Caudal de aguas residuales del Área del tramo calculado según lo establecido en la Res. 0330/2017.
U	Sumatoria entre el caudal de Aguas Residuales del área atrás (S) y el área del tramo (T).
V	Caudal de aguas lluvias del 'Área atrás' calculado según el método racional usando la fórmula de curva IDF presentada en las Memorias de Cálculo.
W	Caudal de aguas lluvias del Área del tramo calculado según el método racional usando la fórmula de curva IDF presentada en las Memorias de Cálculo.
X	Sumatoria entre el caudal de Aguas Lluvias del área atrás (V) y el área del tramo (W).
Y	Caudal de Conexiones Erradas del 'Área atrás' calculado según lo establecido en la Res. 0330/2017.
Z	Caudal de Conexiones Erradas del Área del tramo calculado según lo establecido en la Res. 0330/2017.
AA	Sumatoria entre el caudal de Conexiones Erradas del área atrás (Y) y el área del tramo (Z).
AB	Sumatoria de los caudales de aguas de infiltración, residuales, lluvias y conexiones erradas, de las 'Áreas Atrás'.
AC	Sumatoria de los caudales de aguas de infiltración, residuales, lluvias y conexiones erradas, de las Áreas del tramo P_i - P_{i+1}
AD	Sumatoria de los totales de caudal de las 'Áreas Atrás' (AC) y las Áreas del tramo P_i - P_{i+1}
AE	Tramo de la red de alcantarillado. Las redes estan enumeradas como P_i - P_{i+1} donde el flujo va de P_i a P_{i+1}
AF	Cota de terreno de la cámara Pi en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.)
AG	Cota de batea del inicio del conducto Pi - Pi+1 en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.)
AH	Cota de terreno de la cámara Pi+1 en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.)
AI	Cota de batea del final del conducto Pi - Pi+1 en metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.)
AJ	Pendiente de flujo en el tramo P_i - P_{i+1}, calculado con las cotas de Batea de los conductos.
AK	Diámetro externo de la tubería del conducto P_i - P_{i+1}. En el caso del Box Culvert, sección interna del canal.
AL	Diámetro nominal de la tubería del conducto P_i - P_{i+1}. En el caso del Box Culvert, sección del canal.

AM	Caudal a 'Sección Llena' del conducto Pi - Pi+1, utilizando la ecuación de Manning.
AN	Fuerza tractiva a tubo lleno, que depende de la pendiente del conducto y el radio hidráulico.
AO	Relación q/Q tabulada en la hoja 'TABULACIÓN'.
AP	Relación v/V tabulada en la hoja 'TABULACIÓN'.
AQ	Relación h/D tabulada en la hoja 'TABULACIÓN'.
AR	Relación t/T tabulada en la hoja 'TABULACIÓN'.
AS	Tramo de la red de alcantarillado. Las redes estan enumeradas como P_i - P_{i+1} donde el flujo va de P_i a P_{i+1}
AT	Fuerza tractiva real, calculada como el producto entre la fuerza tractiva a tuvo lleno (AJ) y la relación t/T (AN).
AU	Velocidad a sección llena, calculada como el cociente entre el caudal a sección llena (AI) y el área de la sección del conducto P_i - P_{i+1}
AV	Velocidad real, calculada como el producto entre la velocidad a 'Sección Llena' (AQ) y la relación v/V (AL)
AW	Observaciones sobre el tipo de material del conducto P_i - P_{i+1}
AX	Área de la sección del conducto P_i - P_{i+1}
AY	Perímetro de la sección del conducto P_i - P_{i+1}
AZ	Radio hidráulico de la sección del conducto Pi - Pi+1, calculado como el cociente entre el área (AU) y el perímetro (AV).

10 CONCLUSONES Y RECOMENDACIONES

- Las tuberías existentes en los sectores mencionados presentan exfiltraciones, pérdida de la capacidad hidráulica por la colmatación (acumulación de sedimentos) y, en general, se encuentran en muy mal estado debido a que ya han cumplido su tiempo de vida útil, por lo que se recomienda reemplazarlas, lo cual asegura el diagnóstico realizado en la tabla 15, en donde la capacidad hidráulica está muy por encima de la permitida por la resolución.

- Al momento de la construcción es importante realizar un replanteo del alcantarillado y confirmar las cotas mencionadas en el presente informe y en los planos de diseño.

- El diseño realizado se centró en optimizar la red a partir del aumento de los diámetros para mejorar la capacidad hidráulica, las pendientes y dimensiones de los pozos originales se conservarán si al momento de realizar el replanteo estos son acordes con la información suministrada.

- Fue necesario proponer un pozo de inspección adicional para el tramo de la Calle 7, entre los pozos P142 y P143, ya que existía un quiebre en la dirección que era necesario resolver por medio de un nuevo pozo (P142.1).

- A partir del diseño realizado en la tabla 16, se observa que las relaciones hidráulicas que permite la resolución cumplen con los nuevos diámetros y material propuesto, los diámetros que fueron aumentados corresponden a los siguientes tramos:

  Calle 7 entre Carreras 1 y 3:

  - P141 – P 142= 14”

- P143 – P144= 16”

Carrera 5 entre Calles 4 y 6:

- P132 – P15= 24”

Carrera 3 entre Calles 2 y 3:

- P63 – P66= 12”

Los tramos restantes conservaron su diámetro actual, con su correspondiente cambio de material a PVC. Estos diámetros del total de la red se presentan a continuación:

Calle 7 entre Carreras 1 y 3:

- P72 – P141= 12”
- P141 – P 142= 14”
- P142 – P142.1= 14”
- P142.1 – P143= 14”
- P143 – P144= 16”

Carrera 5 entre Calles 4 y 6:

- P132 – P15= 24”
- P15 – P16= 10”
- P16 – P20= 10”

Carrera 3 entre Calles 2 y 3:

- P63 – P66= 12”

- Es importante mencionar que para la Calle 7 entre Carreras 1 y 3, no se cuenta con el levantamiento altiplanimétrico del tramo comprendido entre los pozos de inspección P143 – P144, por lo que se recomienda una pendiente mínima del 5.5% para garantizar con suficiencia la capacidad hidráulica de la red y que este tramo llegue correctamente al pozo P144.

- El alcantarillado diseñado con la información disponible cumple con lo estipulado en la Resolución 0330 del 2017.

11 LISTADO DE PLANOS

- PLANOS TOPOGRÁFICOS
- LOC-ALC-ARANZAZU
- ESQUEMA-ALC-ARANZAZU
- UBICACIÓN SONDEOS
- DIAGNÓSTICO-ALC-ARANZAZU
- DIS-ALC-ARANZAZU