



ÍNDICE DE MODIFICACIONES

Índice de Revisión	Fecha Modificación	Observaciones
V00	22/07/2021	Emisión del documento

REVISIÓN Y APROBACIÓN

Número de revisión	V00	-
Responsable por elaboración	Nombre	Nikolay Mauricio Suárez Ingeniero Civil MYR INGENIERÍA S.A.S
Responsable por revisión	Nombre	Ing. Mauricio Suárez Director de Consultoría MYR INGENIERÍA S.A.S
Responsable por aprobación	Nombre	Dilan Coronado Forero Supervisor del Convenio Alcaldía El Colegio.
Responsable por aprobación	Nombre	Jhonatan Galindo Romero Supervisor EMPUCOL E.S.P.
Fecha	2021 – 22 – 07	



TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS	2
2.1. OBJETIVO GENERAL	2
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3. ASPECTOS FÍSICOS DEL MUNICIPIO	3
3.1. HISTORIA	3
3.2. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	5
3.2.1. Límites del Municipio.....	6
3.2.2. División político administrativa del Municipio	6
3.3. HIDROGRAFÍA.....	7
3.4. SUELOS	7
3.4.1. Geología	8
3.5. CLIMA Y METEOROLOGÍA.....	11
3.5.1. Temperatura.....	11
3.5.2. Humedad Relativa.....	11
3.5.3. Precipitación.....	11
3.6. CONECTIVIDAD	12
4. ESTUDIOS FOTOGRAMÉTRICOS, TOPOGRÁFICOS	13
3.1. ALCANCE DE LOS TRABAJOS	13
3.1.1. Procedimientos utilizados	13
3.1.2. Resultados	14
3.1.3. Puntos de amarre GPS.....	14
3.1.4. Monumentación del vértice	14
4.1.1. Grado de Precisión	15
3.1.5. Errores lineales angulares y de nivelación	15
3.2. EQUIPOS Y PERSONAL.....	15
3.2.1. Relación de equipos	15



3.2.2.	Certificados de calibración de equipos	16
3.2.3.	Ficha técnica de los equipos	16
3.3.	POSICIONAMIENTO GPS	16
3.3.1.	Archivos RINEX	16
3.3.2.	Formato de localización de placas.....	16
3.4.	LEVANTAMIENTO PLANIMETRICO	16
4.1.2.	METODOLOGIA.....	16
4.1.3.	Datos crudos de la estación	17
4.1.4.	Copias de carteras de campo	17
4.1.5.	Cálculo de coordenadas	17
3.4.1.	Registro fotográfico.....	17
3.4.2.	Planos	17
5.	PARÁMETROS HIDRÁULICOS DE DISEÑO.....	18
5.1.	CRITERIOS DE EVALUACIÓN PARA ALCANTARILLADOS SANITARIO	18
5.1.1.	Diámetro mínimo	18
5.1.2.	Velocidad mínima.....	18
5.1.3.	El esfuerzo cortante medio.....	18
5.1.4.	Velocidad máxima	18
5.1.5.	Relación máxima entre profundidad de flujo y diámetro de la tubería en los alcantarillados sanitarios.....	19
5.1.6.	Profundidad mínima a la cota clave	19
5.1.7.	Diseño hidráulico.....	19
5.2.	CRITERIOS DE EVALUACIÓN ALCANTARILLADOS PLUVIALES.....	23
5.2.1.	Periodo de diseño.....	23
5.2.2.	Áreas de drenaje.....	23
5.2.3.	Caudal de diseño	23
5.2.4.	Coefficiente de escorrentía	24
5.2.5.	Diámetro mínimo	24
5.2.6.	Velocidad mínima.....	24
5.2.7.	Velocidad Máxima	25
5.2.8.	Relación máxima entre profundidad de flujo y diámetro de la tubería en los	



alcantarillados pluviales.	25
5.2.9. Profundidad mínima	25
5.2.10. Profundidad Máxima	25
5.3. CRITERIOS DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO.....	25
5.3.1. Pozos de inspección	25
5.3.2. Cámaras de caída.	27
5.3.3. Sumidero.....	27
6. POBLACIÓN DEL CASCO URBANO DE PRADILLA.....	30
7. CAUDALES DE DISEÑO	33
7.1. ALCANTARILLADO SANITARIO	33
7.1.1. Dotación neta máxima	34
7.2. CALCULO DE CAUDALES RESIDUALES.....	39
7.2.1. Contribuciones aguas residenciales	39
7.2.2. Caudal de aguas residuales no domésticas.....	39
7.2.3. Infiltración (Q _{inf})	39
7.2.4. Caudal de Conexiones erradas (Q _{CE})	40
7.2.5. Caudal Máximo Horario.....	40
7.2.6. Caudal de diseño de aguas residuales.	40
7.3. ALCANTARILLADO PLUVIAL	41
7.3.1. Áreas.....	41
7.3.2. Caudal de diseño	41
7.3.3. Periodo de retorno	42
7.3.4. Coeficiente de escorrentía	43
7.3.5. Tiempos de concentración	43
8. MODELACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO	44
8.1. DEFINICIÓN DEL ESQUEMA FÍSICO Y CODIFICADO DE LA RED	44
8.1.1. Análisis de carga para flujos sanitarios con SewerGEMS V8i.....	44
8.2. COMPONENTES	46
8.2.1. Construcción del modelo hidráulico.	47
8.2.2. Transito hidráulico de los caudales en redes de alcantarillado	47



8.2.3.	Configuración del modelo	48
9.	DISEÑO HIDRÁULICO - RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO INSPECCION DE PRADILLA MUNICIPIO DE EL COLEGIO	49
10.	DISEÑO HIDRÁULICO - RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL INSPECCION PRADILLA MUNICIPIO DE EL COLEGIO	56
10.1.	DISEÑO DE SUMIDEROS	67
10.1.1.	Procedimiento de diseño para sumideros en pendiente.....	67
10.1.2.	Resumen de sumideros	72
10.2.	INTERSECCIONES DE ALCANTARILLADO.....	74
11.	DISEÑO ESTRUCTURAL PARA CONSTRUCCIÓN	75
11.1.	UNIÓN DE COLECTORES.....	75
11.1.1.	Espesor de Muros.....	75
11.1.2.	Placa de Fondo o Base	76
11.1.3.	Cilindro de Mampostería	76
11.1.4.	Placa de Cubierta para Pozo Cilíndrico en Mampostería	76
11.1.5.	Placa de Cubierta para pozos	77
11.1.6.	Tapas de Acceso	77
11.1.7.	Escalera de Acceso	78
11.2.	CIMENTACIÓN PARA TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO.....	79
11.3.	ALTERNATIVA PARA REHABILITACIÓN Y/O RENOVACIÓN DE REDES DE ALCANTARILLADO	81
1.5	CONSTRUCCIÓN A CIELO ABIERTO	81
12.	PRESUPUESTO	83
13.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	85
14.	BIBLIOGRAFÍA.....	86



ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 14 Áreas de drenaje pluvial.....	41
Ilustración 15. Modelación con Bentley SewerGEMS V8i.....	44
Ilustración 16. Modelación con Bentley SewerGEMS V8i.....	45
Ilustración 17. Herramienta Model Builder.	46
Ilustración 18. Migración de los datos recolectados al modelo.....	46
Ilustración 21 Red diseñada cumple por capacidad hidráulica en caudal proyectado 2047 inspección de Pradilla en el municipio de El Colegio.	50
Ilustración 22 Red diseñada cumple por velocidad máxima en caudal proyectado 2047 inspección de Pradilla municipio de El Colegio.	51
Ilustración 23 Diámetros de la red diseñada para la inspección de Pradilla municipio de El Colegio.....	52
Ilustración 25 Material de la red diseñada para la inspección de Pradilla municipio de El Colegio.....	53
Ilustración 27 Fuerza tractiva caudal proyectado 2047 de la red diseñada para la inspección de Pradilla municipio de El Colegio.	54
Ilustración 28 Número de Froude caudal proyectado 2045 de la red diseñada para la inspección de Pradilla, municipio de El Colegio.	55
Ilustración 29 Red de alcantarillado pluvial diseñado para la inspección de Pradilla municipio de El Colegio.	57
Ilustración 30 Red diseñada cumple por capacidad hidráulica en caudal proyectado inspección de Pradilla municipio de El colegio.	57
Ilustración 31 Red diseñada cumple por velocidad máxima en caudal proyectado en Pradilla municipio de El Colegio.	59
Ilustración 32 Diámetros de la red diseñada para la inspección de Pradilla en el municipio de El Colegio.....	60
Ilustración 33 Material de la red diseñada para la inspección de Pradilla en el municipio de El Colegio.....	61
Ilustración 34 Pendientes de la red diseñada para la inspección de Pradilla en el municipio de El Colegio.	62
Ilustración 35 Fuerza tractiva caudal proyectado de la red diseñada para la inspección de Pradilla en el municipio de El Colegio.	63
Ilustración 36 Número de Froude caudal proyectado de la red diseñada para la inspección de Pradilla en el municipio de El Colegio.	64



Ilustración 37. Cobertura mínima inicial proyectada de la red diseñada para la inspección de Pradilla en el municipio de El Colegio.	65
Ilustración 38 Cobertura mínima final proyectada de la red diseñada para la inspección de Pradilla en el municipio de El Colegio.	66
Ilustración 39 Calculo de la eficiencia para pendientes S_x de 1%.....	70
Ilustración 40: Calculo de la eficiencia para pendiente S_x de 2%	70
Ilustración 41 tapa de acceso	78
Ilustración 42 Sección transversal de pozo de inspección proyectado.....	79
Ilustración 43 Detalles estructurales pozo de inspección.....	79
Ilustración 44 Detalle de Cimentación para Tuberías de Alcantarillado de la inspección de Pradilla en municipio de El Colegio sin Pavimento.....	80
Ilustración 45 Detalle de Cimentación para Tuberías de Alcantarillado en la inspección de Pradilla municipio de El Colegio con Pavimento Rígido.	81
Ilustración 47 Excavación a cielo abierto.....	82



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Veredal del municipio de El Colegio	6
Tabla 2 Equipos empleados.....	16
Tabla 4. Profundidad a las cotas claves del colector.....	19
Tabla 5. Valores del coeficiente de rugosidad de Manning - Colectores y drenajes de aguas residuales domésticas y aguas lluvias	20
Tabla 6. Diámetro interno mínimo de estructuras de conexión.	21
Tabla 7. Valores del coeficiente Kc.....	23
Tabla 8. Diámetro interno mínimo de la estructura de conexión.....	25
Tabla 9. Diámetro de la cámara de caída en función del diámetro de la tubería de entrada	27
Tabla 10. Ancho de inundación admisible según clasificación de la vía.	27
Tabla 16 Tasas seleccionadas.....	31
Tabla 21. Proyección de población tasas de crecimiento seleccionadas	31
Tabla 22. Población adoptada	32
Tabla 15 Localización de los vertimientos y áreas de drenaje diseño	34
Tabla 19. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida.....	35
Tabla 24. Estimación de consumos residencial, comercial y oficial información servicios públicos.	36
Tabla 24. Periodos de retorno.....	42
Tabla 25. Valores coeficiente de escorrentía C	43
Tabla 26. Síntesis de parámetros de diseño red de alcantarillado sanitario de la inspección de Pradilla en El Municipio de El Colegio.	49
Tabla 30: Sumideros contemplados para la inspección de Pradilla en el municipio de El Colegio.....	73
Tabla 31 ejemplo de tapa de acceso.....	77
Tabla 32 Anchos de zanjas tomados para la cimentación de las tuberías	80
Tabla 35 Resumen del presupuesto para las redes de alcantarillado del municipio de Subachoque.....	83



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización del municipio de El Colegio a nivel nacional	6
Figura 2 Mapa geológico El Colegio	8
Figura 3 Registro mensual de temperatura Estación Mesitas e Hidro paraíso - CAR. 11	11
Figura 4 Distribución temporal – Precipitación	12
Figura 5. Diseño red de alcantarillado y punto de entrega del sistema.....	33
Figura 6. Áreas de drenaje alcantarillado sanitario.....	34

ÍNDICE DE GRAFICAS

	Pág.
Grafica 1. Curva IDF Tr= 2, 3, 5, 10, 25, 50 y 100 años. Municipio de El Colegio.....	42



1. INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde al diseño hidráulico para la construcción de las redes de alcantarillado sanitario y pluvial para una de las inspecciones del municipio de El Colegio, Pradilla Cundinamarca. en el capítulo 3 se presentan los aspectos físicos más relevantes del Municipio de El Colegio, que permiten establecer un panorama general de la situación espacial que enmarca el desarrollo del proyecto. En el capitulo 4 se realiza una breve descripción de los trabajos topográficos adelantados para el desarrollo del contrato.

El informe presenta un resumen de población y demanda del estudio de diagnóstico realizado en el proyecto, datos con los cuales se procederá en el siguiente capítulo a realizar el cálculo de caudales, posteriormente se mostrara la metodología de modelación hidráulica correspondiente para el sistema sanitario y para el sistema pluvial, se presentará de igual manera el análisis de todos los parámetros hidráulicos para los cuales la normatividad colombiana (resolución 330 de 2017) exige valores mínimos o máximos para un óptimo funcionamiento del sistema.

En los siguientes capítulos se encontrará el resumen del diseño a partir de los criterios hidráulicos mínimos requeridos en la resolución 330 de 2017.

Así mismo se encontrará también un capítulo del análisis estructural donde se describe las estructuras de conexión, así como los parámetros importantes a tener en cuenta, por último, se presenta un resumen del presupuesto definitivo de los dos sistemas, y un total general de costo de la obra.



2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo principal del presente informe es realizar los estudios y diseños para las redes de alcantarillado sanitario y pluvial para una de las inspecciones del municipio de El Colegio, Pradilla Cundinamarca.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Obtener la información primaria y secundaria existente, a fin de fundamentar los resultados obtenidos en el proceso de elaboración de los estudios básicos, de tal forma que sirvan como punto de referencia para la elaboración de los diseños.
2. Realizar la determinación de la población actual y proyectada para la inspección de Pradilla, así como los caudales de alcantarillado pluvial para un periodo de retorno máximo de 5 años.
3. Realizar la cuantificación de la demanda y/o caudales actuales y proyectados que se puedan presentar en la inspección de Pradilla.
4. Realizar la modelación hidráulica de las redes de alcantarillado sanitario y pluvial, con los caudales calculados, corrigiendo las fallas en estos sistemas encontradas en el informe de diagnóstico.



3. ASPECTOS FÍSICOS DEL MUNICIPIO

A continuación, se presentan algunos aspectos físicos del municipio, con el fin de obtener una radiografía del entorno municipal y de los elementos que pueden llegar a ser de utilidad para generar un diagnóstico adecuado.

3.1. HISTORIA

La región del Tequendama, también denominada Calandaima, fue habitada por la tribu de los Panches, hombres valientes, organizados, de gran espíritu guerrero y que se caracterizaron por su corpulencia, cara ancha pómulos salientes, nariz larga, aguileña y sus deformaciones craneanas. Las prácticas caníbales, costumbres funerarias, forma de habitación y los trabajos en cerámica, también eran aspectos que sobresalían en ellos.

Su territorio estuvo limitado por el norte con los Pantagoras y los Calimas; por el sur separados por la cordillera de Subía con los Sugalaos, por el oriente con los Chibchas y por el occidente con los Pijaos. Esto fue determinado gracias a estudios de cronistas y antropólogos que lo han confirmado a través de los grabados a cincel en piedra, como la piedra del Verdún, la piedra de Magnón y otras que fueron halladas en la región.

La región del Tequendama fue descubierta por el Capitán Juan de San Martín en 1537, integrante de una de las expediciones de don Gonzalo Jiménez de Quesada. Aunque en 1540 los Panches atacaron por el sur la región de la Sabana, intentando hacer desistir a los españoles de sus propósitos de conquista, la respuesta de aquellos fue inmediata conformando un gran ejército y con perros de cacería al mando de Hernán Pérez, que penetró por Tena hasta Bituima arrasando con todos los poblados que encontró, asesinando de este modo a los caciques Tocarena y Anolaima, lo que ocasionó la desintegración de la tribu Panche.

En la época de la conquista se creó la primera institución política denominada “Cabildo Municipal”, que en la región del Tequendama tuvo lugar con la fundación de Tocaima. Como la Real Audiencia no diera los resultados esperados en España, invistió de mayor autoridad política y administrativa a un representante del rey denominado presidente.

Para la evangelización, España prefirió la organización de órdenes como la de los dominicos que fueron los primeros en usufructuar las tierras de El Colegio.

El 11 de septiembre de 1645 Fray Cristóbal de Torres arzobispo del Nuevo Reino de Granada, solicitó al Rey autorización para fundar un Colegio Mayor que sería el tercero religioso, pues ya existían el Mayor de Santo Tomás y el Colegio Javeriano, los cuales al sentirse afectados, opusieron mucha resistencia, hasta que el arzobispo ayudó al Rey Felipe IV con 40.000 ducados, obviándose así las oposiciones y el 31 de diciembre de 1651 es firmado en Madrid "La Licencia al arzobispo de la Iglesia de Santafé para fundar en aquella ciudad un colegio donde se extendiera la doctrina de Santo Tomas, la Jurisdicción y la Medicina.

Calandaima se llamaba toda la región de la hoya del Río Bogotá hasta Viotá. En 1649 El Colegio del Rosario era dueño de la hacienda que tenía por nombre el mismo de la región y que fue entregada en 1665 por los Dominicos.

Fue fundado el 20 de septiembre de 1653 por el arzobispo de Santa fe, Fray Cristóbal de



Torres y el gobernador El Marqués de Miranda don Juan Fernández de Córdoba y Coalla. Por un documento que autorizaba el poblamiento, se dispuso a que los indios lo hicieran en dicho lugar y allí se formó el pueblo con el nombre de El Colegio.

El 5 de octubre de 1653 fue aprobado el auto de poblamiento por el licenciado don Bernardino de Prado Beltrán de Guevara, Oidor más antiguo de la Real Audiencia de la Nueva Granada. El arzobispo hizo traer allí indios Achaguas de los llanos orientales.

Pagada la media anota (impuesto), el presidente expidió el 3 de noviembre de 1653 el título que legalizaba el poblamiento de la "Parroquia de las Mesitas del Colegio de Nuestra Señora del Rosario del Calandaima", localizado en las riveras del Río Bogotá.

Aspectos Físicos. Por decreto expedido el 9 de mayo 1852, el congreso de la Nueva Granada, dividió la provincia de Bogotá en 4 provincias: Cundinamarca, Bogotá, Zipaquirá, y Tequendama e igualmente en 11 cantones, entre los cuales se encontraba El Colegio y cada uno de ellos tenía su concejo municipal y su concejo parroquial.

En 1861 el presidente Tomás Cipriano de Mosquera expropió los terrenos de la hacienda Calandaima y los vendió a particulares, dando origen a varias haciendas. La Constitución de Cundinamarca del 25 de agosto de 1862 celebrada en Funza, eliminó los cantones y los erigió en pueblo, pasando en esta forma El Colegio a ser un pueblo de Cundinamarca, cuya capital fue la Mesa. Transcurrido el tiempo las haciendas en las que se encontraba dividido el municipio, pasaron a tomar el nombre de veredas.

En su jurisdicción hay tres importantes caseríos que tienen la categoría de inspecciones departamentales de policía: El Triunfo creada por ordenanza 19 de 1939, Pradilla creada por ordenanza 34 de 1958 y La Victoria creada por la ordenanza número 62 de 1961, siendo hoy en día denominadas inspecciones municipales.

Sus límites geodésicos dados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi con San Antonio del Tequendama, La Mesa, Anapoima y Viotá fueron legalizados por el decreto nacional 1510 del 9 de julio de 1951. Por ordenanza 16 de 1889 se fijaron los límites con Anapoima.

Aspectos económicos. De 1650 a 1800 el desarrollo económico de El Colegio, basado en la agricultura se extendió desde el Río Bogotá, hacia la Cordillera Subía, dando lugar a un tránsito permanente y auspiciando el comercio. Los Fundos fueron divididos en: Cañaduzales y trapiche, potreros para ganados, para cultivos de plátano, yuca, maíz, fríjol, frutales, y potreros. En dichos fondos administrados por los gobernantes de la época, laboraban y vivían esclavos y peones, quienes sentían de forma injusta el atropello a sus derechos.

El 17 de diciembre de 1842 el general de la independencia Valerio Francisco Barriga y su esposa doña Diana Villa de Barriga, dieron libertad a 80 esclavos de su hacienda La Junca, iniciándose de esta forma un proceso de cambio en toda la región.

Luego de ser nombrado El Colegio como pueblo de Cundinamarca la necesidad de comunicarse con los demás pueblos comenzó a ser inminente, es así como en el año de 1882, bajo la administración del gobernador General Daniel Aldana, se construyó un puente de hierro en el camino a La Mesa y destruido años luego, el señor Elías Sabogal hizo otro, cuya



explotación se dio por contrato el 5 de febrero de 1897.

El principal medio de comunicación entre las poblaciones fue El Camino Real y sus ramificaciones, situación que se prolongó hasta la construcción de las primeras vías férreas y carreteras. A pesar del impulso que tomó la región con los cultivos de café en el año 1870, sólo hasta 1936 El Colegio se comunicó directamente con Bogotá por una vía carreteable iniciada en 1934 pasando por Soacha, la inspección de Pradilla y finalmente la Plaza Principal de El Colegio y que se continuó hasta Viotá en 1941, llegando posteriormente a Girardot, siendo durante muchos años paso obligatorio para todos aquellos que viajaban a Girardot incrementándose así la actividad comercial y el turismo, hasta la construcción de la carretera que de Bogotá conduce a Girardot pasando por Melgar. Esta situación y la falta de mantenimiento de la vía provocaron un estancamiento en el desarrollo del municipio y bajas en las visitas turísticas.

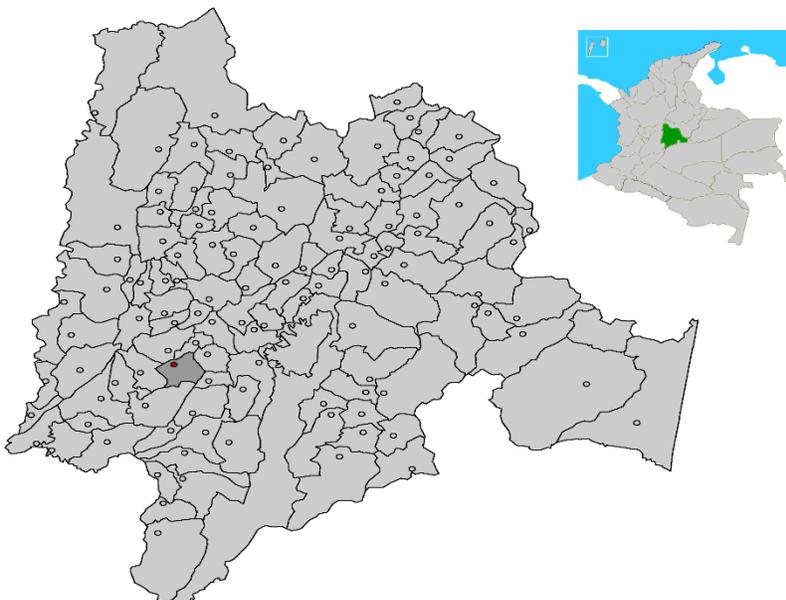
Un nuevo impulso para el municipio de El Colegio fue dado en 1979 con la llegada de la Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá al municipio y la construcción de las plantas generadoras de energía eléctrica, hecho que acrecentó el desarrollo en general.

Aspectos ambientales. La falla geológica que atraviesa la región del Tequendama intensifica la actividad tectónica y ha causado procesos de erosión, desestabilización y deslizamientos en el municipio, especialmente en la cabecera municipal. En 1810 el fenómeno de deslizamiento que arrasó con la iglesia de bahareque y algunas viviendas obligó el traslado del poblado de la orilla del Río Bogotá hacia la meseta en límites con las haciendas de San José y Trujillo, donde se encuentra actualmente la cabecera municipal.

3.2. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El Municipio de El Colegio está situado en el Departamento de Cundinamarca, en la parte oriental de la región del Tequendama y se encuentra a 61 km de Bogotá D.C. como se evidencia en la Ilustración 6. El municipio está a una latitud de 4° 35' 00" Norte y de longitud 74° 27' 00" Oeste, y se encuentra a una altura de 990 m.s.n.m. según el Esquema de Ordenamiento Territorial –EOT- como se puede observaren la siguiente ilustración.

Figura 1. Localización del municipio de El Colegio a nivel nacional



Fuente: https://esacademic.com/pictures/eswiki/77/MunsCundinamarca_El_Colegio.png

3.2.1. Límites del Municipio

El municipio limita al norte con los Municipios de La Mesa y Tena, al sur con el municipio de Viotá, al occidente con los municipios de Anapoima y La Mesa y al oriente con los municipios de San Antonio del Tequendama y Granada.

3.2.2. División político administrativa del Municipio¹

El Municipio de El Colegio cuenta con tres importantes centros poblados que tienen la categoría de Inspecciones Municipales: El Triunfo, Pradilla y La Victoria, adicionalmente las Veredas con las que cuenta el Municipio de El Colegio se encuentran documentadas en la siguiente tabla y están representadas por sus respectivas Juntas de Acción Comunal.

Tabla 1. Veredal del municipio de El Colegio

Veredas del Municipio de El Colegio		
Antioqueña	Los Helechos	San Miguel
Antioquia	Honduras	San Ramón
Arcadia	Junca	San José Bajo
Brasil	La Campos	Santa Isabel
Cúcuta	La Flecha	Santa Marta Alta
El Carmelo	La Pítala	Santa Cruz

¹ ALCALDÍA MUNICIPAL DE EL COLEGIO Acuerdo 043 (16, diciembre, 1999) por el cual se adopta el Esquema De Ordenamiento Territorial Municipal, se clasifican y determinan usos del suelo y se establecen los sistemas estructurantes y planes parciales. Mesitas del colegio: Concejo Municipal, 1999.1-80p



El Paraíso	La Soledad	El Tigre
Cúcuta Redondillo	La Virginia	Santa. Marta Sector Bella vista
El Porvenir	Las Palmas	Santa Rita
Entrerriós	Lucerna	Santo Domingo
Francia	Marsella	Subia
Saden	Misiones	Trinidad
Guachacá	San José Alto	Trujillo - Santa Cecilia

Fuente: Esquema de Ordenamiento Territorial -EOT Municipio de El Colegio, 1999

3.3. HIDROGRAFÍA

Como límites naturales entre el municipio de El Colegio y los municipios de Tena, La Mesa, Anapoima y Viotá, se encuentran los ríos Bogotá y Calandaima. El municipio cuenta con un buen sistema lótico, la mayoría de las quebradas tienen su origen en el Cerro de Peñas Blancas y son fuente de suministro para el consumo humano, industrial y agrícola. Se encuentran entre estas quebradas: La Junca, La Paz, La Tinta, Antioquia, Antioqueña, Barelice, Santa Marta, La Tribuna, Campos, Santa Isabel, La Pitala, El Pinal y Malpaso.

En la cabecera municipal se encuentran corrientes de agua o sistemas lóticos de origen natural que cruzan el casco urbano. Dentro de estas corrientes de agua encontramos las quebradas Santa Marta y Belén siendo las de mayor caudal y una pequeña que se denomina Francia.

- Quebrada Santa Marta: Es la de mayor caudal y se encuentra localizada al sur del perímetro urbano, desembocando en el Río Bogotá. A ella convergen las otras dos quebradas causando la contaminación de sus aguas viéndose necesaria la construcción de una planta para el tratamiento las mismas. Esta quebrada es la fuente de abastecimiento del acueducto municipal.
- Quebrada Belén: Canalizada por la Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá, con un sistema box couvert a la que convergen las aguas negras del municipio, contaminándola directamente.
- Quebrada que baja de la vereda Francia: Es la más pequeña, corre por un canal abierto, construido recientemente, desembocando en su cauce las aguas provenientes del tanque del acueducto.

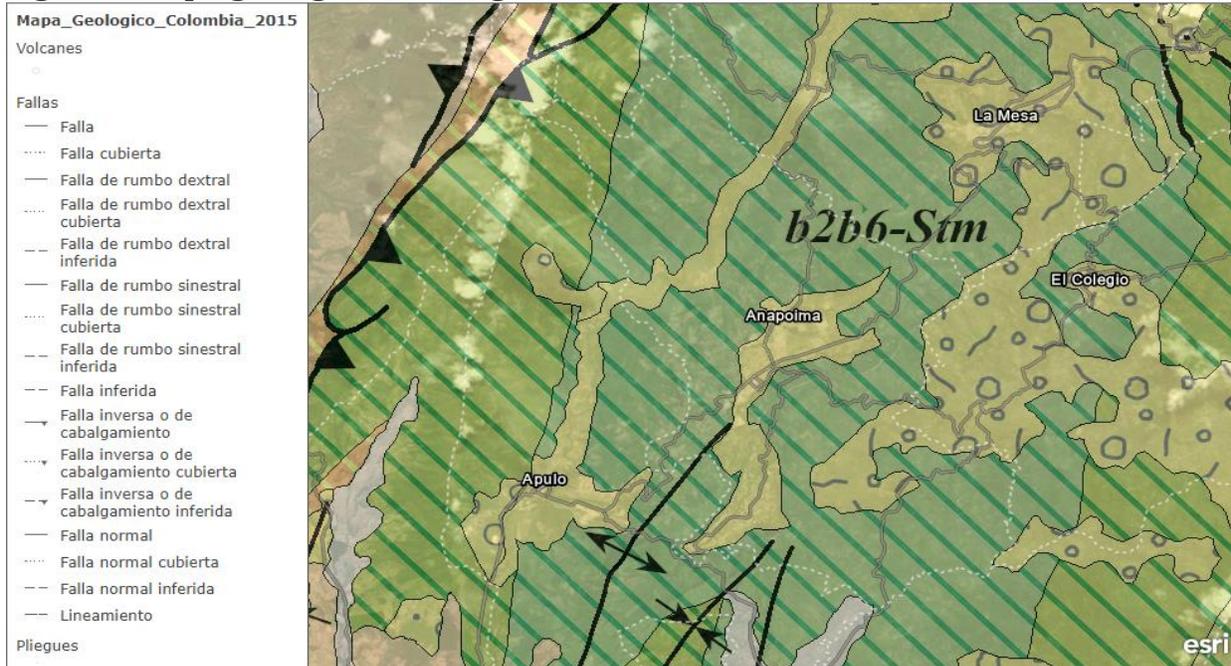
3.4. SUELOS

Son suelos de montaña estructural-erosional. En las áreas planas a ligeramente inclinadas, en topografía ondulada a quebrada; principalmente a lo largo del río Bogotá, se localizan suelos con pendientes que varían entre el 2% y el 20%, que favorecen actividades agrícolas especialmente el cultivo de frutales, café y caña, además de actividades pecuarias. En general, se encuentran suelos de todo tipo, en los sectores de afloramiento rocosos se desarrollan suelos de ceniza, lutitas y areniscas.

3.4.1. Geología

Suelos originados a partir del complejo de rocas sedimentarias del Jurásico, Cretácico y Terciario, ígneas del Jurásico y Terciario, y metamórficas del Paleozoico Inferior.

Figura 2 Mapa geológico El Colegio



Fuente: Gómez, J., Montes, N.E., Nivia, Á. & Diederix, H., compiladores. 2015. Atlas Geológico de Colombia 2015

Los procesos geomorfológicos característicos de la cabecera municipal son los depósitos de ladera que constituyen una capa gruesa de materiales no seleccionados. Se encuentran así mismo, las características de los materiales correspondientes al grupo Guadalupe y la formación El Raizal. Litológicamente se encuentran materiales correspondientes al nivel lútico y sedimentos de los depósitos cuaternarios. Se indican procesos de derrumbe, deslizamiento y solifluxión. Los depósitos fluvio-glaciares que se presentan en mayor extensión hacia el sector oriental fueron depositados en las laderas adyacentes al escarpe de Peñas Blancas en los periodos de glaciación y deshielo, configurando laderas de pendientes uniformes.

Se encuentran dentro del municipio las formaciones de:

Grupo Guadalupe: Ubicado en el sector escarpado de Peñas Blancas, constituido básicamente por areniscas.

Grupo Olini: Constituido por areniscas, siendo la transición geomorfológica entre la formación Guadalupe y Villeta.

Grupo Villeta: Ubicado en la zona cafetera, en la cabecera municipal y en la carretera que conduce a la Mesa, se caracteriza por la dominancia de areniscas cuarcíticas, con texturas



medias a gruesas. Origina las pendientes abruptas, colinas altas y cuchillas de filos.

Depósitos Cuaternarios. En el área del municipio de El Colegio están representados por depósitos coluviales, fluvio-glaciares, morrénicos y de terrazas constituidos por arenas, gravas, limos y arcillas; aflora al noroeste y sur del Municipio.

Los suelos de clase I y II son aproximadamente el 65% del territorio municipal, y se encuentran localizados en vertientes de pendientes suaves; los de la clase III y IV son el 35% y se encuentran ubicados en sectores de topografía más abrupta, presentando severas restricciones para el aprovechamiento agropecuario y exigen practicas adecuadas de manejo.

De acuerdo con el mapa de zonas de vida y Zonificación de uso del suelo de la corporación Autónoma Regional (CAR), y según estudios adelantados por parte del Municipio encontramos las siguientes zonas de vida que definen sus unidades bioclima ticas o ecosistemas que tipifican asociaciones o tipos de vegetación, de la siguiente forma:

El Bosque húmedo premontano (bh – PM) Pertenece a la zona marginal cafetera siendo su fisiografía de ondulada a fuertemente ondulada con pendientes 12 – 25%.

La vegetación natural del área se caracteriza por estar presente en los estratos arbóreos que funcionan como sombríos de café y algunos cultivos de pan coger; La presencia de bosques naturales es escasa, localizándose en la protección de fuentes de agua como en las quebradas Santa Marta, Pítala, Junca y Campos que alimentan las cuencas de los ríos Bogotá y Calandaima.

Dicha área cubre la mayor parte del Municipio en un 56.39% localizándose sobre el cinturón cafetero, siendo el paisaje general de vegetación arbórea que ha sido desplazada, debido al uso intenso de los suelos en esta formación.

La vegetación se encuentra representada por la presencia de especie propias de la formación bh – PM, que configuran los sectores boscosos existentes, con las siguientes especies: Caracolí (*Anacardium excelsum*), Guásimo (*Guazuma ulmifolia*), Carbonera (*Calliandra sp*), Cedrillo (*Guarea sp*), Guamo (*Gonga codonantha*), Yarumo (*Cecropia sp*), Caucho (*Ficus sp*), Balso (*Ochroma pyramidale*), Guayabo (*Psidium sp*), Guadua (*Guadua angustifolia*), Dormidera (*Minosa pigra*), Escobo (*Alchornea sp*), Helecho (*Dicranopteris sp*), Totumo (*Crescentia cujente*), Cucharo (*Rapanea guianensis*), Moho (*Cordia sp*), Gualanday (*Jacaranda caucana*), y Ocobo (*Tabebuia rosea*).

En dicha formación encontramos algunas especies arbóreas de tipo frutal franco como los cítricos Mango y Guanábano, en la última década han venido siendo introducidos en el ecosistema como reguladores de los ciclos hidrobiológicos, protectores de suelo y como fuente de ingresos y diversificación agrícola de los campesinos. Para la protección de márgenes hídricas y establecimiento de pequeños bosques, las especies de mayor predilección son el Nogal cafetero, Balú, Ocobo, Roble y Guadua por ser especies de uso múltiple.

El bosque muy húmedo Premontano se extiende en su gran mayoría sobre la zona cafetera, la fisiografía es de quebrada a fuertemente quebrada, con pendientes superiores al 25% encontrándose en sectores como Santa Marta, Santa Cruz y los límites de Viota en el sector



de San Ramón Y Baja Argentina. Cabe Mencionar que la existencia de los bosques nativos de esta zona al igual que en la anterior formación es casi inexistente y se encuentra representado por un estrato arbóreo para sombrío de café, en la protección de nacimientos y algunos reductos de bosque secundario que bajan de las estribaciones de la Cuchilla de Peñas Blancas.

La vegetación existente es de tipo arbóreo y arbustivo en donde se destacan las siguientes especies: Nogal cafetero (*Cordia alliodora*), Chachafruto (*Erythrina edulis*); Cámbulo (*Erythrina glauca*), Balso (*Ochoroma lagopus*), Guamo Santafereno (*Inga Edulis*), Caña Fistulo (*Cassia* sp), Cajeto (*Thrichantera gigantea*), Cedro Nogal (*Juanguilans* sp), Lanzo (*Miconia caudata*), Nigito (*Miconia theaezans*), Chocho (*Ormosia* sp), Aguacatillo (*Persea caerulea*), Cordoncillo (*Piper aduncum*), Espadero (*Rapanea guianensis*), Higuierillo (*Rincinus cummunis*), Flor Amarillo (*Tecoma mollis*), Pringamoza (*Urea baccifera*), Aliso (*Alnus acuminata*), y Aguacate (*Persea americana*).

El bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh – MB), se caracteriza por tener paisajes de altas pendientes mayores del 50%, siendo su fisiografía de fuertemente ondulada a escarpada. Dicha área se encuentra localizada sobre la cuchilla de Peñas Blancas donde están los nacimientos de un sin número de quebradas que surten las cuencas de los ríos Bogotá y Calandaima, destacándose el sector de La Victoria y Santivar Alto donde nacen las quebradas Campos, Tribuna, Pítala, Junca y Junquita.

La vegetación en esta formación se caracteriza por ser bosque nativo intervenido que representa las áreas más sobresalientes en bosques primarios y secundarios de la cuenca baja del río Bogotá. El estrato arbóreo se encuentra mezclado con especies epifitas siendo una condición muy acentuada y característica de la flora de la región. Entre las especies principales encontramos las siguientes: Encenillo (*Weinmannia* sp), Guarumo (*Cecropia* sp), Nogal (*Juglans neotropica*), Chuguacán (*Hieronyma macrocarpa*), Tuno (*Miconia* sp), Arrayan (*Myrcia* sp), Drago (*Cortón* sp), Maco (*Pouteria officinalis*), Amarillo Comino (*Ocotea* sp), Manzano (Villa colombiana), Hojarasco (*Talauma caricifragrans*), Caimo (*Pseudolelia rígida*), Zapato (*Cortón funkianus*), Quina (*Cinchona pubescens*), Borrachero (*Datura arbórea*), Canelo de páramo (*Drimys granadensis*), Chilco (*Eupatorium popayanensis*), Cerezo (*Reziera sericea*), Olivo de cera (*Myrcia pubences*), Pasta de gallina (*Schefflera uribei*), Siete cueros (*Tibouchina urillana*), Sauce de monte (*Viburnum anabaptista*), y Carate blanco (*Vismia guianensis*).

El sotobosque se encuentra especies tales como Arrayán, Palma Boba, Comino, Caucha Negra, Cedrillo, Guarumo, Maco, Tuno y además existe una buena representación de regeneración natural de especies tales como: Amarillo, Hojarasco, Naranjillo, Tuno y Caucho.

Las modificaciones en los ciclos hidrobiológicos producto de la influencia antrópica y las variaciones en los factores atmosféricos, las condiciones geomorfológicas y geológicas del municipio asociado al inadecuado uso de los suelos y la deforestación presente en las áreas de nacimiento o en las estribaciones de la formación Guadalupe representan una influencia directa sobre las zonas con riesgo de inestabilidad ubicadas sobre la formación Villeta; Dichas condiciones se acentúan aún más en los periodos lluviosos donde los procesos erosivos (remociones en masa, solí fluxión, arrastre de materiales) se aceleran con la presencia del



agua. (Fuente POT y CAR).

3.5. CLIMA Y METEOROLOGÍA

Los análisis Climatológicos e Hidrológicos se llevan a cabo teniendo en cuenta los datos arrojados por la estación Climatológica 2120216-HIDROPARAISO y la estación pluviométrica 2120646-MESITAS operadas por la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca -CAR, en el periodo de registro 2001-2014, con el fin de dar una descripción general del área de estudio.

La mayoría del territorio del Municipio de El Colegio se encuentra localizado en la formación Bosque Subhúmedo Tropical, que comprende un 70% del área, el 20% corresponde al Bosque muy Húmedo Subtropical y el 10% restante corresponde al Bosque Seco Tropical. El Bosque Subhúmedo Tropical es aquel, en donde la precipitación promedio anual de 1.000 a 2.000 ms. aproximadamente y las elevaciones entre 900 y 2.100 m.s.n.m.

3.5.1. Temperatura

Las temperaturas son constantes, correspondiendo a climas templados con bajas precipitaciones. A continuación, se presentan valores obtenidos por las estaciones mencionadas.

Figura 3 Registro mensual de temperatura Estación Mesitas e Hidro paraíso - CAR

ESTACIÓN MESITAS												
Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Máximo	25,8	26,5	25,8	24,8	25	25,1	25	25,4	25,2	25,1	24,8	25,1
Medio	23,3	23,7	23,5	23,2	23,2	22,9	22,9	23,4	23,3	22,9	22,7	23
Mínimo	21,6	21,5	21,4	21,8	21,6	21,7	21,1	20,8	20,1	21	20,8	20,9
ESTACIÓN HIDROPARAISO												
Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
MAX	20,6	20,8	20,8	20,5	20,4	20	20,1	20,4	18,7	18,2	19	19,3
MED	18,7	18,8	18,9	18,7	18,6	18,1	18,1	18,3	18	17,5	18	18
MIN	17,8	17,6	17,1	17,9	17,8	17,2	17,2	17,1	16,9	16,1	17,2	17,2

Fuente: Corporación Autónoma Regional Cundinamarca CAR. Reporte de Resultados Estación Climatológica Hidroparaíso código 2120216 y Estación pluviométrica Mesitas código 2120646.

La temperatura media en la estación Mesitas para el período de registro es de 23,16 °C, mientras que la temperatura para la estación Hidro paraíso es de 18,3 °C

3.5.2. Humedad Relativa

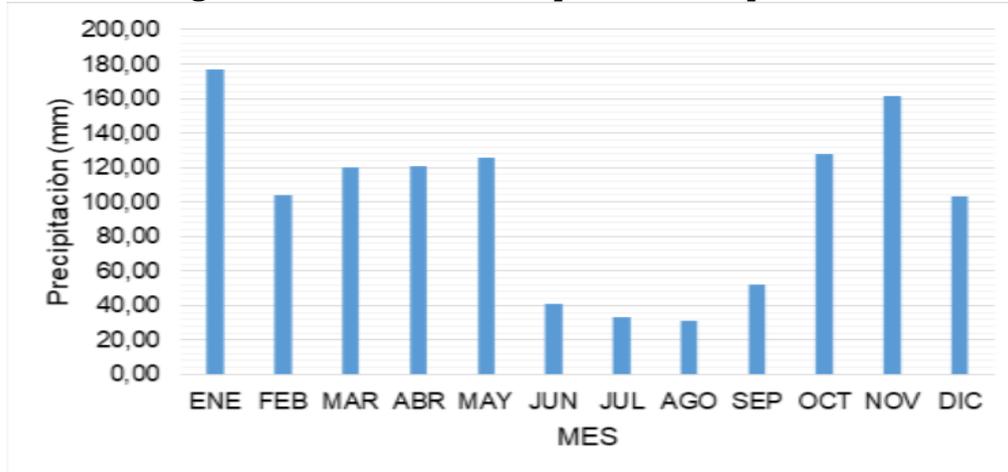
La humedad relativa es del 30% en época seca (enero, febrero, marzo, julio, agosto y septiembre) y del 85% en época de lluvia (abril, mayo, junio, octubre, noviembre y diciembre).

3.5.3. Precipitación

La precipitación total anual multianual en la estación Mesitas, para el período de registro comprendido entre 2012 y 2014 es de 1.157 mm, correspondiente a un promedio mensual de 99mm/mes, teniendo en cuenta que se hace el promedio entre los valores promedios ya registrados para el año 2014 en la siguiente figura.



Figura 4 Distribución temporal – Precipitación



Fuente: Corporación Autónoma Regional Cundinamarca CAR. Reporte de Resultados Estación Climatológica Hidroparaiso código 2120216 y Estación pluviométrica Mesitas código 2120646.

La distribución de la precipitación tiene un comportamiento bimodal donde se evidencia un periodo seco que comprenden los meses de junio a septiembre, los periodos húmedos en el Municipio de El Colegio se presentan en dos ciclos, el primero comprende los meses de enero a mayo siendo enero el mes con mayor precipitación 176,67 mm y el segundo periodo se presenta de octubre a diciembre donde el mes de noviembre presenta un pico de 161,70 mm de precipitación; Agosto es el mes donde se presenta el promedio mensual más bajo del intervalo de años analizado.

3.6. CONECTIVIDAD

Dentro del Esquema de Ordenamiento Territorial el Municipio de El Colegio contempla un artículo dedicado al plan de vías de El Colegio, en donde se define toda la normatividad para estas, además de los tipos de vías con las que cuenta principalmente el municipio. El municipio divide sus vías en urbanas y regionales.

Conecta entre sí centros urbanos y su tráfico principal Regional. Para el caso del municipio se tienen la vía El Colegio –Bogotá y la vía El Colegio –Girardot. Terrestres: Existen tres carreteras que conforman la malla vial del Municipio del Colegio, las cuales se encuentran en evidente deterioro:

- Carretera Chuzaca-El Colegio-Portillo (Vía Bogotá D.C. -El Colegio), Comunica el Colegio con los Municipios de Viota y Tocaima.
- Carretera El Colegio -La Mesa (pavimentada)
- Carretera El Colegio -Anapoima, sin pavimentar



4. ESTUDIOS FOTOGRAMÉTRICOS, TOPOGRÁFICOS

3.1. ALCANCE DE LOS TRABAJOS

Como parte de los proyectos de ampliación de cobertura, rehabilitación y/o renovación de las redes existentes, la empresa MyR INGENIERIA S.A.S. adelantó el Contrato de Consultoría N° 001-2021, cuyo objeto general es realizar “LA CONSULTORIA PARA REALIZAR LA ACTUALIZACION Y AJUSTES A LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL PLAN MAESTRO DE ALCANTARILLADO DEL CENTRO POBLADO DE PRADILLA Y EL TRIUNFO DEL MUNICIPIO DE EL COLEGIO – CUNDINAMARCA”.

La presente consultoría tiene como objeto particular adelantar los “LA CONSULTORIA PARA REALIZAR LA ACTUALIZACION Y AJUSTES A LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DEL PLAN MAESTRO DE ALCANTARILLADO DEL CENTRO POBLADO DE PRADILLA Y EL TRIUNFO DEL MUNICIPIO DE EL COLEGIO – CUNDINAMARCA”, el cual incluye proyectos en la inspección de Pradilla perteneciente al municipio de El Colegio – Cundinamarca.

Dentro de este informe se hace entrega del Levantamiento Topográfico, nivelación geométrica y catastro de redes de la cabecera municipal de Pradilla – Cundinamarca, así como la zona de expansión y los puntos considerados como críticos de la consultoría en el cual como su nombre lo indica se presenta los estudios y resultados de los levantamientos topográficos realizados, describiendo los procedimientos, los cálculos, los resultados, los archivos magnéticos y planos obtenidos, los cuales son la base fundamental de los diseños a ejecutar, ya que garantizan la precisión tanto de cotas como de coordenadas X y Y de los elementos de la red de alcantarillado existente así como de los elementos que podrían constituirse como interferencias.

3.1.1. Procedimientos utilizados

Para el proyecto que se encuentra localizado en el municipio de El Colegio – Cundinamarca se utilizaron las bases permanentes de Bogotá (BOGA) y (ABCC) por su cercanía, a continuación, se relaciona su localización, coordenadas y altura de cada base. El ajuste del cálculo de estos posicionamientos se realizó mediante el sistema diferencial con doble base para lo que se utilizaron las estaciones de medición continua de la red Magna ECO de la ciudad de Bogotá, certificadas por el IGAC.

En cuanto al levantamiento topográfico se optó por desarrollar el método de radiación simple y el cual conforma la totalidad del área de estudio. A partir de dichas poligonales se realizó el levantamiento a detalle de todos los elementos que constituyen el sistema de alcantarillado, así como de toda la información relevante del municipio, (paramentos, vías, postes, cajas, parques, quebradas, entre otros). La descripción detallada del trazado realizado para el levantamiento se detallará en el ANEXO B TOPOGRAFÍA.



3.1.2. Resultados

Los resultados de los levantamientos en campo se presentan en la carpeta 11. Planos Topográficos del ANEXO A TOPOGRAFÍA.

3.1.3. Puntos de amarre GPS.

Para realizar el amarre de las poligonales utilizadas en el levantamiento de cada una de las áreas requeridas, se realizó la materialización de tres (2) placas en Bronce, instaladas en mojones en concreto de 0,25 metros por 0,25 metros y 0,80 metros de profundidad, marcadas con el número del contrato y un consecutivo que inicia con la siglas BOGA y ABCC. Dichos puntos se constituyen como la base para el traslado de coordenadas en cada uno de los proyectos de diseño y fueron instalados por fuera de las áreas a intervenir para que no exista riesgo de que sean afectados al ejecutar las obras.

El detalle de la ubicación de dichos puntos y las coordenadas resultantes de la nivelación Geométrica, y los posicionamientos GPS de cada uno de ellos, se encuentran claramente presentados en la carpeta 2 “Archivos Rinex” del ANEXO A TOPOGRAFÍA.

Con el Software Topcón Tools teniendo en cuenta las especificaciones de precisión y los parámetros técnicos considerados para la red de ajuste, previo a la ocupación diaria de las estaciones, se analizó la disponibilidad de satélites para los períodos de observación inicialmente diseñados y corroborar si efectivamente contaban con la cobertura óptima para la sesión, se analizaron para cada caso la visibilidad de los satélites, posibles efectos por obstrucción en la cantidad de satélites observables y así determinar la geometría para cada una de las sesiones programadas ajustados al sistema de referencia MAGNA-SIRGAS por medio de los datos de rastreo de la estación de monitoreo continuo de la red MAGNA-ECO del IGAC.

El Informe detallado de los posicionamientos GPS se encuentra contenido en el Anexo TOPOGRAFÍA en las carpetas 2 “Archivos Rinex” y 3 “Cálculos, ajuste de procesamiento diferencial GPS”.

3.1.4. Monumentación del vértice

Para realizar el amarre en el levantamiento del área requerida, se realizó la incrustación de una placa en bronce, instalada sobre la zona verde denominada como zona lateral IGLESIA parque, marcadas con el número del contrato y un consecutivo que inicia con la sigla GPS 0X. Dicho punto se constituye como la base para el traslado de coordenadas en cada uno de los proyectos de diseño y fue instalada por fuera de las áreas a intervenir para que no exista riesgo de que sean afectados al ejecutar las obras.

El detalle de la ubicación de dicho punto y las coordenadas resultantes del levantamiento topográfico y los posicionamientos GPS de cada uno de ellos, se encuentran claramente presentados en el anexo 3 “Cálculos, ajuste de procesamiento diferencial”.



4.1.1. Grado de Precisión

Los levantamientos topográficos se efectuaron a través de métodos convencionales (Estación Total). Por otro lado, se emplearon métodos satelitales mediante la tecnología de posicionamiento global por satélite (GPS) con aproximaciones milimétricas.

3.1.5. Errores lineales angulares y de nivelación

Todos los levantamientos topográficos se efectuaron con apoyo del método de radiación simple.

En el ANEXO A, TOPOGRAFÍA en la carpeta 7 “Cálculos”, se presentan los cálculos y punto a punto realizadas en campo, presentando sus resultados estadísticos.

Todas las mediciones angulares de los vértices de la poligonal se realizaron en posición directa e inversa, para de esta forma eliminar el error de colimación, estas mediciones quedaron registradas en la memoria de las estaciones totales.

3.2. EQUIPOS Y PERSONAL

Para el desarrollo de las actividades, se dispuso de equipos de alta precisión y personal capacitado para asegurar el cumplimiento de las actividades topográficas a ejecutar.

3.2.1. Relación de equipos

En la siguiente, se relaciona el equipo principal empleado en las labores.



Tabla 2 Equipos empleados

EQUIPO	MARCA	REFERENCIA
Estación total	TOPCON	GTS 220N
Receptor GPS	SOKKIA	GRX2

Fuente: Consultoría 2021.

3.2.2. Certificados de calibración de equipos

En el ANEXO A TOPOGRAFÍA en la carpeta 5 “Certificaciones de los Equipos” se presentan los certificados de calibración de los equipos mencionados.

3.2.3. Ficha técnica de los equipos

Las especificaciones técnicas de los equipos se presentan en el ANEXO A TOPOGRAFÍA en la carpeta 4 “Especificaciones técnicas equipos topográficos (Estación total y GPS)”.

3.3. POSICIONAMIENTO GPS

3.3.1. Archivos RINEX

En el anexo 2 Bases y Vértices posicionados del ANEXO A TOPOGRAFÍA se encuentra la información completa de los rinex producto del post proceso en oficina de los puntos GPS tomados en campo con el equipo TOPCON GTS 220N

3.3.2. Formato de localización de placas

En el anexo 2. Archivos Rinex de encuentra la Descripción de los Puntos GPS del ANEXO A TOPOGRAFÍA se encuentran los formatos con la descripción de cada uno de los vértices GPS tomados en campo.

3.4. LEVANTAMIENTO PLANIMETRICO

4.1.2. METODOLOGIA

Una vez corroboradas las coordenadas y reconocidos los puntos de control dentro del predio en estudio para arrancar con coordenadas reales, se procedió a realizar un reconocimiento previo del área de trabajo. Posteriormente se procedió a materializar los deltas de la Poligonal (sitios de armada) a lo largo del perímetro de la zona de estudio y después se realizó el levantamiento de la misma.

Luego se procedió a realizar el levantamiento topográfico del predio anteriormente mencionado. Dicha toma se realizó con una densidad de puntos que represento fielmente los quiebres y accidentes topográficos para luego utilizar dicha información como modelo digital de terreno, tratando en lo posible de tomar la información en forma de sección transversal. La densidad de la toma de la información topográfica fue muy alta, coherente con las



especificaciones y requerimientos del proyecto.

La toma de información se realizó con una Estación Total Electrónica de última tecnología, tomando datos de todos los accidentes topográficos, linderos, construcciones existentes, vías, arborización, redes húmedas (Pozos de alcantarillado, válvulas, hidrantes) y Redes secas (Cajas eléctricas, cajas de teléfonos), señalización vial y demás, se levantaron alrededor de 2000 puntos y detalles en total

4.1.3. Datos crudos de la estación

Al finalizar el levantamiento se obtienen los datos crudos; es decir los datos que recolecta la estación donde se pueden observar las respectivas lecturas angulares y de distancia a cada uno de los puntos utilizados y levantados, estos archivos se presentan en el Anexo 6 “Datos Crudos” del ANEXO B DE TOPOGRAFÍA.

4.1.4. Copias de carteras de campo

Debido a la cantidad de detalles que se toman en campo con la estación, no es necesario llevar cartera de campo para anotar los ángulos y las distancias a cada uno de ellos; sin embargo, se realizó la toma de carteras topográficas.

En el Anexo 7 “Cálculos” del ANEXO A DE TOPOGRAFÍA se presentan las carteras de campo realizadas.

4.1.5. Cálculo de coordenadas

El resumen de coordenadas de los puntos levantados, se presenta en el Anexo 7 “Cálculos” del ANEXO A DE TOPOGRAFÍA.

3.4.1. Registro fotográfico

Se realizó registro fotográfico a cada una de las actividades desarrolladas en la toma de información topográfica, como la georreferenciación, el levantamiento planimétrico y la nivelación geométrica realizada para obtener la elevación de los pozos de inspección. En el Anexo 9 “Registro Fotográfico” del ANEXO A DE TOPOGRAFÍA se presentan las imágenes correspondientes.

3.4.2. Planos

Como resultado de los levantamientos realizados, en el anexo 10 “Planos Topográficos” del ANEXO A DE TOPOGRAFÍA, se presenta los planos de topografía de la inspección de Pradilla municipio de El Colegio, y en el ANEXO F se presentan los planos detallados de diseño.



5. PARÁMETROS HIDRÁULICOS DE DISEÑO

Para realizar la evaluación de las redes de alcantarillado sanitario y la red de colectores pluviales se toman los parámetros establecidos en la norma RAS 2000 por el decreto 0330 de 2017, a continuación, se presentan estos parámetros.

5.1. CRITERIOS DE EVALUACIÓN PARA ALCANTARILLADOS SANITARIO

5.1.1. Diámetro mínimo

En las redes de recolección y evacuación de aguas residuales, la sección circular es la más usual para los colectores, principalmente en los tramos iniciales. El diámetro nominal interno real mínimo permitido en redes de alcantarillado sanitario es de 170 mm (8"). Para poblaciones menores de 2.500 habitantes el diámetro interno real permitido es 140 mm (6").

5.1.2. Velocidad mínima

Si las aguas residuales fluyen por un período largo a bajas velocidades, los sólidos transportados pueden depositarse dentro de los colectores. En consecuencia, se debe disponer regularmente de una velocidad suficiente para lavar los sólidos depositados durante períodos de caudal bajo.

La velocidad mínima permitida según la resolución 0330 de 2017, es aquella que permita un esfuerzo cortante mínimo en la pared de la tubería de 1.0 Pa (1.0 N/m²)

5.1.3. El esfuerzo cortante medio

Para las condiciones iniciales de operación de cada tramo, debe verificarse el comportamiento auto limpiante del flujo, para lo cual es necesario utilizar el criterio de esfuerzo cortante medio, el cual puede estimarse por la expresión.

$$\tau = \gamma \cdot R \cdot S$$

Dónde:

$\gamma = 10300$ N/m³ peso específico de las aguas residuales

$R = D/4$

$S =$ pendiente media

5.1.4. Velocidad máxima

Los valores máximos permisibles para la velocidad media en los colectores dependen del material, en función de su sensibilidad a la abrasión. Los valores adoptados deben estar plenamente justificados en términos de características de los materiales, de las características abrasivas de las aguas residuales, de la turbulencia del flujo y del



empotramiento de los colectores. Deben hacerse las provisiones necesarias de atraque del colector. En general, se recomienda que la velocidad máxima real no sobrepase 5 m/s. Los valores mayores deben justificarse apropiadamente para ser aceptados por la unidad prestadora del servicio.

5.1.5. Relación máxima entre profundidad de flujo y diámetro de la tubería en los alcantarillados sanitarios.

Para permitir aireación 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 éste (artículo 143, resolución 0330 de 2017).

5.1.6. Profundidad mínima a la cota clave

Los colectores de redes de recolección y evacuación de aguas residuales deben estar a una profundidad adecuada para permitir el drenaje por gravedad de las descargas domiciliarias sin sótano, aceptando una pendiente mínima de éstas de 2%. Además, el cubrimiento mínimo del colector debe evitar la ruptura de éste, ocasionada por cargas vivas que pueda experimentar. Los valores mínimos permisibles de recubrimiento de los colectores que no requieren protección a cargas vivas con relación a la rasante definitiva, se definen en la siguiente tabla:

Tabla 3. Profundidad 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: Tabla 18, artículo 139 Resolución 0330 de 2017

5.1.7. Diseño hidráulico

En general, los colectores deben diseñarse como conducciones a flujo libre por gravedad. El flujo de aguas residuales o pluviales en una red de alcantarillado para su recolección y evacuación no es permanente. Sin embargo, el dimensionamiento hidráulico de la sección de un colector puede hacerse suponiendo que el flujo en éste es uniforme. Esto es válido en particular para colectores de diámetro pequeño. Existen varias fórmulas de flujo uniforme apropiadas para este propósito, dentro de las cuales están la de Chézy y la de Manning. La ecuación de Chézy constituye la representación de la ecuación de Darcy para flujo en conductos abiertos, mientras que la fórmula de Manning es la más utilizada en la práctica.

$$V = C \cdot (R \cdot S)^{1/2} \text{ (Chézy)}$$

$$V = (1/n) \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \text{ (Manning)}$$

La evaluación de los colectores sanitarios existentes y el rediseño de los colectores planteados, se realizó utilizando la ecuación de Manning.



Muchas investigaciones y experimentos de laboratorio y mediciones de campo se han llevado a cabo para determinar los coeficientes de fricción para varios materiales y condiciones. En el laboratorio se pueden obtener mediciones precisas, pero es difícil duplicar condiciones de flujo equivalentes a las de un alcantarillado. Por su parte, las mediciones de campo en colectores existentes pueden reflejar variables desconocidas propias del sistema analizado, así como errores en la medición e inhabilidad para controlar variables identificables.

El coeficiente C de resistencia al flujo de Chézy puede estimarse a partir del coeficiente de fricción F de la fórmula de Darcy-Weisbach, el cual se evalúa con la fórmula de Colebrook-White. Esta fórmula se considera teóricamente la más completa, pues es aplicable a todos los regímenes de flujo, y depende del diámetro, el número de Reynolds y el coeficiente de rugosidad absoluta K propio de la superficie friccional. El coeficiente C puede estimarse también con fórmulas más empíricas como las de Ganguillet-Kutter y Bazin.

El coeficiente de rugosidad de Manning es estimado a partir de mediciones de laboratorio y de campo, y depende, en general, del tipo de material del conducto.

En el diseño de redes de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales, deben usarse valores de coeficientes de rugosidad que representen adecuadamente el efecto friccional en las condiciones de servicio que el colector experimentará durante su vida útil. Estas condiciones de servicio dependen de varios factores:

- Material del conducto.
- Forma y tamaño del conducto.
- Profundidad de flujo.
- Tipo de uniones.
- Número de uniones por Unidad de longitud.
- Desalineamiento horizontal del conducto.
- Desalineamiento vertical del conducto por efecto de las uniones.
- Depósitos de material en el conducto.
- Entrada de flujos laterales puntuales al conducto.
- Penetración de raíces.
- Crecimiento de biofilmes en el interior del conducto.
- Deformación del colector.

Tabla 4. Valores del coeficiente de rugosidad de Manning - Colectores y drenajes de aguas residuales domésticas y aguas lluvias

VALORES DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING	
Material	n
CONDUCTOS CERRADOS	
Asbesto – cemento	0.011 - 0.015
Concreto prefabricado interior liso	0.011 - 0.015
Concreto prefabricado interior rugoso	0.015 - 0.017
Concreto fundido en sitio, formas lisas	0.012 - 0.015
Concreto fundido en sitio, formas rugosas	0,015 - 0,017



Gres vitrificado	0.011 - 0.015
Hierro dúctil revestido interiormente con cemento	0.011 - 0.015
PVC, polietileno y fibra de vidrio con interior liso	0.010 - 0.015
Metal corrugado	0.022 - 0.026
Colectores de ladrillo	0.013 - 0.017
CONDUCTOS ABIERTOS	
Canal revestido en ladrillo	0.012 - 0.018
Canal revestido en concreto	0.011 - 0.020
Canal excavado	0.018 - 0.050
Canal revestido rip-rap	0.020 - 0.035

Fuente: Reglamento de agua potable y saneamiento básico, RAS-2000

Para el presente proyecto se utilizó tubería de PVC (RIB LOC o SIMILAR) con un coeficiente de rugosidad “n” de Manning igual a 0.009.

Régimen de flujo

Se deben evitar las condiciones de flujo crítico. Es necesario verificar el régimen para varias condiciones de flujo en especial para las correspondientes a los primeros años de operación.

Para el proyecto se limitó el número de Froude entre en los siguientes rangos, flujo subcrítico $NF \leq 0.90$, flujo supercrítico $NF \geq 1.10$

Unión de colectores

La unión o conexión de dos o más tramos de colectores debe hacerse con estructuras hidráulicas apropiadas, denominadas estructuras de conexión.

Usualmente, estas estructuras son pozos de unión o conexión o estructuras-pozo. Estas estructuras están comunicadas con la superficie mediante pozos de inspección. La norma técnica NTC 1393 del ICONTEC establece los requerimientos de las tapas de estos pozos de inspección. El diseño hidráulico de estas estructuras depende del régimen de flujo de los colectores afluentes y del colector de salida o principal, y se basa, fundamentalmente, en la determinación de las pérdidas de cabeza hidráulica producidas por la unión.

El diámetro interno de las estructuras de conexión debe definirse con las condiciones de empalmes de las tuberías, garantizando que las perdidas hidráulicas debido al radio de curvatura de conexión sean mínimas. En general, la distancia máxima entre estructuras de conexión de colectores está determinada por la malla urbana, los equipos disponibles de limpieza y el comportamiento hidráulico del flujo. En caso de que ni la malla urbana ni el comportamiento del flujo limiten la distancia máxima, ésta es de 120 m para tramos con aportes de caudal y 300 m para interceptores y emisarios final sin aporte de caudal,

Tabla 5. Diámetro interno mínimo de estructuras de conexión.

Mayor diámetro de las tuberías conectadas (mm)	Diámetro interno de la estructura (m)
De 200 a 500	1.20



Mayor que 500 hasta 750	1.50
Mayor que 750 hasta 900	1.80

Fuente: Tabla 19, artículo 154. Resolución 0330 de 2017.

Pérdidas de energía

La unión o intersección de dos o más colectores debe hacerse con estructuras hidráulicas apropiadas, cuyo diseño hidráulico se basa en la determinación de las pérdidas de cabeza en la estructura, con el fin de estimar la cota batea del colector de salida. El análisis es diferente dependiendo del régimen de flujo, tanto de los colectores de entrada como en los de salida.

Régimen sub-crítico

En el caso de régimen sub crítico, el criterio de empate de la línea de energía es apropiado para analizar la formación de remansos que puedan afectar el comportamiento hidráulico. Las pérdidas de energía ocurridas por la unión de colectores y el cambio en la dirección de flujo pueden estimarse como:

$$\Delta H_e = \Delta E + K_k |Hv_2 - Hv_1| + \Delta H_c$$

Dónde:

$$\Delta E = (y_2 + Hv_2) - (y_1 + Hv_1)$$

$$\Delta H_c = K_c Hv$$

Si (He es positivo, representa la caída de la cota batea entre el colector principal de entrada y el colector de salida. Debe verificarse que las cotas de energía de los colectores afluentes siempre sean mayores o iguales a la cota de energía del colector de salida, luego de descontarle las pérdidas dentro de la estructura. Cuando la caída de la cota batea es mayor que 750 mm, debe proveerse una cámara de caída. Si (He es negativo o cero, no debe proveerse caída de la batea del colector de salida. Para este último caso, también es necesario verificar que las cotas de energía de los colectores afluentes sean mayores o iguales a la cota de energía del colector de salida, luego de descontarle las pérdidas dentro de la estructura.

Régimen supercrítico

En el caso de régimen supercrítico, las consideraciones básicas de diseño hidráulico permiten establecer dos situaciones: unión de colectores sin caída en la estructura de unión y unión de colectores con cámara de caída. La primera corresponde al caso en el cual la cota de la superficie de agua en los colectores afluentes a la estructura es aproximadamente la misma y la cota de energía del colector de salida es menor que la de los de entrada para evitar la formación de resaltos hidráulicos. En este caso, las pérdidas de energía corresponden principalmente al flujo curvilíneo dentro de la estructura entre los colectores principales y representan la caída en la cota batea de los colectores principales. Su diseño debe tener en cuenta que los máximos ángulos de deflexión siguen una relación inversa con el diámetro del colector de salida.

Para los casos en los cuales no es justificable o no hay espacio para construir estructuras de



unión como las anteriores, en particular cuando los diámetros son mayores que 900 mm, pueden hacerse estructuras-pozos convencionales con cámaras de caída. En este caso, el análisis hidráulico corresponde al de un conducto cerrado con control en la entrada; esto es que la capacidad de la tubería es mayor que la capacidad de la entrada al colector, identificando primero si ésta se sumerge o no (con base en el caudal y el diámetro del colector de salida), y estimando las pérdidas de energía correspondientes, al igual que la profundidad de agua esperada en la estructura-pozo. El diseño debe buscar que esta profundidad no sobrepase las elevaciones de los flujos afluentes, los cuales pueden estimarse suponiendo en la entrada a la estructura las correspondientes profundidades normales.

En general, los métodos de pérdidas de energía deben utilizarse para diámetros mayores de 500 mm. En localidades muy planas la caída no debe ser mayor que 20 mm por pozo.

Tabla 6. Valores del coeficiente Kc

RÉGIMEN DE FLUJO	RADIO CURVATURA / DIÁMETRO	KC
Subcrítico	1.0 - 1.5	0.40
	1.5 - 3.0	0.20
	> 3.0	0.05
Supercrítico	6.0 - 8.0	0.40
	8.0 - 10.0	0.20
	> 10.0	0.05

Fuente: Reglamento de agua potable y saneamiento básico, RAS-2000

5.2. CRITERIOS DE EVALUACIÓN ALCANTARILLADOS PLUVIALES

A continuación, se presentan los parámetros de diseño para redes de alcantarillado pluvial presentados en el Reglamento de Agua Potable y Saneamiento básico y La Resolución 0330 de 2017.

5.2.1. Periodo de diseño

El periodo de diseño para todos los componentes del presente proyecto según lo establecido en La resolución 0330 de 2017 es de **5 años**.

5.2.2. Áreas de drenaje

El trazado de la red de drenaje de aguas lluvias debe, en general, seguir las calles de la localidad. La extensión y el tipo de áreas tributarias deben determinarse para cada tramo por diseñar. El área aferente debe incluir el área tributaria propia del tramo en consideración. Las áreas de drenaje deben ser determinadas por medición directa en planos, y su delimitación debe ser consistente con las redes de drenaje natural.

5.2.3. Caudal de diseño

La estimación de los caudales de aguas lluvias para el diseño de colectores y canales se debe realizar mediante modelo lluvia – escorrentía, basados en modelos de abstracciones. Para el caso del proyecto que el área de drenaje es inferior a 80 Ha se permite utilizar el método



racional.

Para la estimación del caudal de diseño se usó el método racional, el cual calcula el caudal pico de aguas lluvias con base en la intensidad media del evento de precipitación con una duración igual al tiempo de concentración del área de drenaje y un coeficiente de escorrentía. La ecuación del método racional es

$$Q = 2.78 * C * i * A$$

De acuerdo con el método racional, el caudal pico ocurre cuando toda el área de drenaje está contribuyendo, y éste es una fracción de la precipitación media bajo las siguientes suposiciones:

- El caudal pico en cualquier punto es una función directa de la intensidad i de la lluvia, durante el tiempo de concentración para ese punto.
- La frecuencia del caudal pico es la misma que la frecuencia media de la precipitación.
- El tiempo de concentración está implícito en la determinación de la intensidad media de la lluvia por la relación anotada en el punto 1 anterior.

5.2.4. Coeficiente de escorrentía

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. De igual manera, debe incluir consideraciones sobre el desarrollo urbano, los planes de ordenamiento territorial y las disposiciones legales locales sobre uso del suelo. El valor del coeficiente C debe ser estimado tanto para la situación inicial como la futura, al final del periodo de diseño. Para áreas de drenaje que incluyan sub áreas con coeficientes de escorrentía diferentes, el valor de C representativo del área debe calcularse como el promedio ponderado con las respectivas áreas. RAS-2.000. Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales y Pluviales

5.2.5. Diámetro mínimo

En las redes de recolección y evacuación de aguas lluvias, y principalmente en los primeros tramos, la sección circular es la más usual para los colectores. El diámetro nominal mínimo permitido en redes de sistemas de recolección y evacuación de aguas lluvias es 260 mm.

5.2.6. Velocidad mínima

Las aguas lluvias transportan sólidos que pueden depositarse en los colectores si el flujo tiene velocidades reducidas. Por lo tanto, debe disponerse de una velocidad suficiente para lavar los sólidos depositados durante periodos de caudal bajo. Por esto, la velocidad mínima permitida en el colector de alcantarillado pluvial o combinado es aquella que genere un esfuerzo cortante en la pared de la tubería mínimo de **2.0 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.

5.2.7. Velocidad Máxima

La velocidad máxima en un colector por gravedad no debe sobrepasar 5.0 m/s, determinada para el caudal de diseño. En aquellas condiciones que se presente pendientes superiores al 30%, caudales superiores a 500 l/seg y diámetros iguales o superiores a 600 mm, se permitirán velocidades máximas permisibles por el material de la tubería, en todo caso no deberá sobrepasar velocidad de 10 m/seg.

5.2.8. Relación máxima entre profundidad de flujo y diámetro de la tubería en los alcantarillados pluviales.

La profundidad del flujo en colectores de aguas lluvias para el caudal de diseño será máximo del **93%** del diámetro interno real de éste, correspondiente a flujo lleno.

5.2.9. Profundidad mínima

La profundidad mínima a la cota clave de los colectores de aguas lluvias deben seguir los mismos criterios que los sistemas de alcantarillado sanitario, título 14.1.6, en donde se establece 0.75 para vías peatonales y 1.20 para vehiculares.

5.2.10. Profundidad Máxima

De igual manera la profundidad máxima está determinada de acuerdo a lo establecido para el sistema sanitario, en donde se plantea una profundidad máxima de 5m.

5.3. CRITERIOS DE EVALUACIÓN ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO.

5.3.1. Pozos de inspección

- El diámetro interno de la estructura de conexión debe definirse con las condiciones hidráulicas y geométricas del empalme de las tuberías, garantizando que se conecten a la estructura sin cruzarse entre sí. En la siguiente tabla se presentan los diámetros mínimos recomendados por la Resolución 330 de 2017.

Tabla 7. Diámetro interno mínimo de la estructura de conexión

Mayor diámetro de las tuberías conectadas (mm)	Diámetro interno de la estructura (m)
De 200 a 500	1.20
Mayor de 500 hasta 750	1.50
Mayor de 750 hasta 900	1.80

Fuente: Tabla 19 de la Resolución 330 de 2017.



- Para instalar una tubería se debe adoptar un sistema que absorba los movimientos diferenciales entre la tubería y la estructura, y los esfuerzos que se generen por esta causa. Para tuberías rígidas, se instalará una banda de material elástico alrededor de un tramo de tubo empotrado en el cilindro de la estructura, la banda tendrá un ancho igual al espesor del muro menos 2 cm, de forma que centímetro a cada extremo donde se aplicará un cordón de material sellante elástico. Para tuberías flexibles con acople mecánico se debe instalar una unión a la llegada de la estructura de acuerdo con las recomendaciones del fabricante; la unión debe quedar adherida externamente a la estructura y el tubo se instala en la unión.
- Todas las estructuras de conexión deben tener cañuela en el fondo, con el fin de disminuir las pérdidas de energía. El ancho de la cañuela debe ser como mínimo el ancho del diámetro interno de la tubería de menor tamaño que se conecte a la estructura y crecer en forma gradual hacia la tubería de salida.
- Las estructuras deben tener impermeabilización interna y externa.



5.3.2. Cámaras de caída.

Estas estructuras deben cumplir con los siguientes requisitos.

- El colector que llegue a una estructura de conexión con una diferencia de nivel entre las cotas bateas mayor a 0.75 m, respecto del colector de salida, debe entregar mediante una cámara de caída. Para desniveles mayores a 7.0 metros se deben diseñar estructuras de disipación de energía.
- El diámetro interno real de la tubería de la cámara de caída debe ser el indicado en la siguiente tabla. Si la tubería de entrada tiene un diámetro interno real mayor de 900 mm, debe diseñarse una transición entre el colector y la estructura de conexión que garantice la reducción de energía.

Tabla 8. Diámetro de la cámara de caída en función del diámetro de la tubería de entrada

Diámetro interno real de la tubería de entrada (D)	Diámetro interno real mínimo de la tubería de la cámara de caída.
$D \leq 300$ mm	170 mm
$300 \text{ mm} > D \leq 450$ mm	280 mm
$450 \text{ mm} > D \leq 900$ mm	360 mm

Fuente: Tabla 20 de la Resolución 330 de 2017.

5.3.3. Sumidero.

Estas estructuras deben cumplir con los siguientes requisitos.

- Deben ubicarse antes de los cruces de vías, antes de las zonas de tránsito de peatones, en la reducción de pendiente longitudinal de la vía en el sentido de la escorrentía, en puntos bajos y depresiones.
- Se deben justificar los métodos utilizados en el análisis del comportamiento hidráulico de los sumideros. Los anchos de inundación admisibles se establecen en la siguiente tabla.

Tabla 9. Ancho de inundación admisible según clasificación de la vía.

Ancho de la vía (m)	Ancho de inundación admisible (m)
< 6	2.00
≥ 6 y < 7	3.00
≥ 7 y < 9	3.50
≥ 9	4.00

Nota: Si el bombeo es a los dos costados de la vía el ancho de inundación admisible deberá dividirse en dos (2).

Fuente: Tabla 21 de la Resolución 330 de 2017.

- Debe verificarse que la capacidad de recolección de la escorrentía de los sumideros aportantes a un colector sea consistente con la evacuación de este.



- Los sumideros conectados a pozos de inspección para alcantarillados de tipo combinado, deben tener elementos para evitar la salida de gases que causan malos olores.
- La tubería de conexión del sumidero debe tener un diámetro interno real mínimo de 215 mm, pendiente mínima de 2 % y no debe tener una longitud mayor de 15 metros.

Los sumideros están constituidos por la estructura de captación en la superficie de la calle y por la caja de recolección situada debajo de la captación. El diseño del sumidero será diferente, de acuerdo con el tipo de captación. Los sumideros se clasifican según estas dos características, así:

Tipos de sumidero según el diseño de la captación

- **Sumidero de ventana**

Consiste en una captación lateral a través de una abertura vertical sobre el borde de la acera, a manera de un vertedero lateral en la cuneta de la calle. Al ser una ventana abierta, capta muchos sedimentos y basuras que pasan a la caja de recolección. Para remediar este problema, se la puede colocar una rejilla a la ventana.

La ventana puede coincidir con la rasante de la cuneta o puede estar deprimida (a una cota inferior a la de la cuneta) pero es más eficiente si está deprimida. No es muy eficiente en calles de alta pendiente longitudinal y por ello se limita su uso hasta pendientes de 3%. La longitud, el ancho de zona con depresión debe ser entre 30 y 60 cm., con una pendiente máxima del 8% hacia la ventana.

- **Sumidero de cuneta**

Consiste en una captación con rejilla por el fondo de la cuneta de la calle. La orientación de las rejillas debe ser paralela a la dirección del flujo en la cuneta, aun cuando en algunos casos, se orientan diagonalmente para facilitar el tránsito, especialmente en bicicletas. Por su ubicación, interfiere con el tránsito y la acumulación de basuras disminuye el caudal de captación. Es muy eficiente para la captación de escorrentía en calles de alta pendiente. Su eficiencia de captación se puede incrementar deprimiendo la cota de la rejilla con respecto a la rasante de la cuneta.



- **Sumidero mixto**

Es la combinación de un sumidero de ventana y uno de cuneta. De esta manera se incrementa la eficiencia de captación de la ventana (disminución de longitud) y se reduce el ancho de la rejilla del de cuneta. Se recomienda su uso cuando la eficiencia de captación de un sumidero lateral es menor del 70%.

- **Sumidero de calzada**

Consiste en una captación por el fondo con rejilla a lo ancho de la calzada de la vía. Debido al mayor grado de interferencia con el tráfico vehicular, se presenta con mayor frecuencia el daño de las rejillas. Es conveniente su utilización cuando se espera un gran aporte de escorrentía superficial y de sedimentos.

Clasificación según el diseño de la caja

- **Sumidero con sello hidráulico**

El sumidero con sello hidráulico, se utiliza exclusivamente para alcantarillados combinados y tiene como finalidad evitar la salida de gases al ambiente, los que pueden producir malos olores y problemas sanitarios por la proliferación de mosquitos.

El sumidero sin sello hidráulico se emplea en los sistemas de aguas lluvias en donde no existen problemas de gases debido a la naturaleza del agua transportada.

- **Sumidero con desarenador o sin él**

El sumidero con desarenador se utiliza cuando se espera que exista arrastre de arenas o gravas debido a la falta de pavimentación o a zonas aledañas sin recubrimiento vegetal. Por otra parte, si la velocidad en la tubería de conexión al pozo es menor de 0,6 m/s, se debe colocar también desarenador. El desarenador puede localizarse en un sumidero de ventana, cuneta o de calzada.

Los sumideros con desarenador o con sello hidráulico necesitan un mantenimiento intensivo con el fin de evitar la descomposición del material depositado dentro de la caja, problema que es aún más crítico en clima templado o caliente. Este mantenimiento consiste en una limpieza periódica y la adición de aceite quemado.



6. POBLACIÓN DEL CASCO URBANO DE PRADILLA

La metodología de análisis se compone de 5 etapas de cálculos y análisis. La primera etapa comprende la determinación de la población actual (población base para la proyección) en la Inspección La Pradilla, por medio de la información suministrada por el DANE de censos generales (1973-2005), la Encuesta Multipropósito del 2017 y del Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV) con vigencia del 2018. Además, dicha información se compara con el número total de suscriptores para los diferentes servicios domiciliarios (acueducto, alcantarillado y energía) para el 2020, dato que se obtuvo de los registros de las empresas prestadoras de estos servicios en el SUI (sistema único de información de servicios públicos domiciliarios).

La segunda etapa establece el periodo de diseño del estudio, de acuerdo con la resolución 0330 del 2017, para determinar la población futura que debe estar incluida dentro de la optimización del sistema de alcantarillado.

Para la tercera etapa se busca establecer las tasas de crecimiento apropiadas para el crecimiento esperado del municipio, por lo que se comparan cuatro (4) fuentes diferentes.

- En primer lugar, se analiza la información suministrada por el DANE, donde se presentan datos de censos generales desde el año 1973 hasta el 2018 y la proyección de población entre el 2005 a 2020 del censo 2005 y la proyección 2018 a 2035 del censo 2018. En este caso se calculan las tasas intercensales y las tasas de crecimiento anuales de la proyección. Cada análisis se hace para el departamento (Cundinamarca) y para la zona rural del municipio (El Colegio).
- En segundo lugar, se analizan datos correspondientes al reporte histórico de suscriptores al sistema de energía eléctrica, en los últimos 10 años. Con la finalidad de analizar el comportamiento, los cambios y la tendencia del número de suscriptores.
- Paralelamente se analiza el reporte histórico de suscriptores del sistema de acueducto de la Inspección El Triunfo en los últimos 6 años, se considera que esta información, aunque no es del sitio específico de desarrollo del contrato, puede brindar información valiosa de la tendencia de crecimiento en la zona rural del municipio, la cual puede transponerse a la inspección Pradilla.

A través de los métodos aritmético, geométrico, exponencial y Wappaus, se estima la tasa de crecimiento apropiada que será utilizada para la proyección de la población. Una vez se obtienen los resultados, se evalúan las diferentes tasas y las similitudes entre los años de análisis y las fuentes registradas.

En la cuarta etapa se determina la población flotante y el incremento promedio con respecto a la población base. Para esto se analizan los datos de Residuos Sólidos Domésticos (RSD) mensuales en El Colegio, por otro lado, se analizarán los incrementos a partir de los consumos registrados en el servicio de Acueducto.



La quinta etapa corresponde a la proyección de población permanente, utilizando las tasas de crecimiento adoptadas en la etapa 3 y los métodos mencionados anteriormente. Luego se adiciona la población flotante para obtener la proyección de población total de El Colegio, dentro del periodo de diseño.

Luego de realizar los procedimientos mencionados se obtienen las tasas de crecimiento seleccionadas las cuales se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 10 Tasas seleccionadas

TASA	VALOR
ARITMÉTICA	76.81
GEOMÉTRICA	2.12%
EXPONENCIAL	2.08%
WAPPAUS	2.08%

Fuente: Informe de Estudios Básicos Diagnóstico y Alternativas. Consultoría 2021.

A partir de estas tasas de tratamiento se realiza la proyección de población desde el año 2021 hasta el año 2047. En la siguiente tabla se presenta entonces el resumen de la población obtenida, para cada una de las tasas presentadas.

Tabla 11. Proyección de población tasas de crecimiento seleccionadas

AÑO	ARITMÉTICO	GEOMÉTRICO	EXPONENCIAL	WAPPAUS
2021	778	778	778	778
2022	855	795	795	795
2023	932	812	812	812
2024	1009	829	829	829
2025	1086	846	846	846
2026	1163	864	864	864
2027	1240	883	882	882
2028	1317	901	901	901
2029	1394	920	919	920
2030	1471	940	939	939
2031	1548	960	958	959
2032	1625	980	979	980
2033	1702	1001	999	1000
2034	1779	1022	1020	1022
2035	1856	1043	1042	1044
2036	1933	1066	1064	1066
2037	2010	1088	1086	1089
2038	2087	1111	1109	1113
2039	2164	1135	1132	1137
2040	2241	1159	1156	1162
2041	2318	1183	1180	1187
2042	2395	1208	1205	1213
2043	2472	1234	1230	1240
2044	2549	1260	1256	1268
2045	2626	1286	1283	1296
2046	2703	1314	1309	1325
2047	2780	1341	1337	1355

Fuente: Informe de Estudios Básicos Diagnóstico y Alternativas. Consultoría 2021.

Teniendo en cuenta las tendencias y características del municipio, se establece que el método geométrico representa de manera adecuada la proyección de crecimiento que puede presentarse en el municipio, por lo tanto, se establece esta proyección como la población base.



Tabla 12. Población adoptada

AÑO	GEOMÉTRICO	POBLACIÓN FLOTANTE	POBLACIÓN TOTAL URBANA
2021	778	389	1 167
2022	795	398	1 193
2023	812	406	1 218
2024	829	415	1 244
2025	846	423	1 269
2026	864	432	1 296
2027	883	442	1 325
2028	901	451	1 352
2029	920	460	1 380
2030	940	470	1 410
2031	960	480	1 440
2032	980	490	1 470
2033	1001	501	1 502
2034	1022	511	1 533
2035	1043	522	1 565
2036	1066	533	1 599
2037	1088	544	1 632
2038	1111	556	1 667
2039	1135	568	1 703
2040	1159	580	1 739
2041	1183	592	1 775
2042	1208	604	1 812
2043	1234	617	1 851
2044	1260	630	1 890
2045	1286	643	1 929
2046	1314	657	1 971
2047	1341	671	2 012

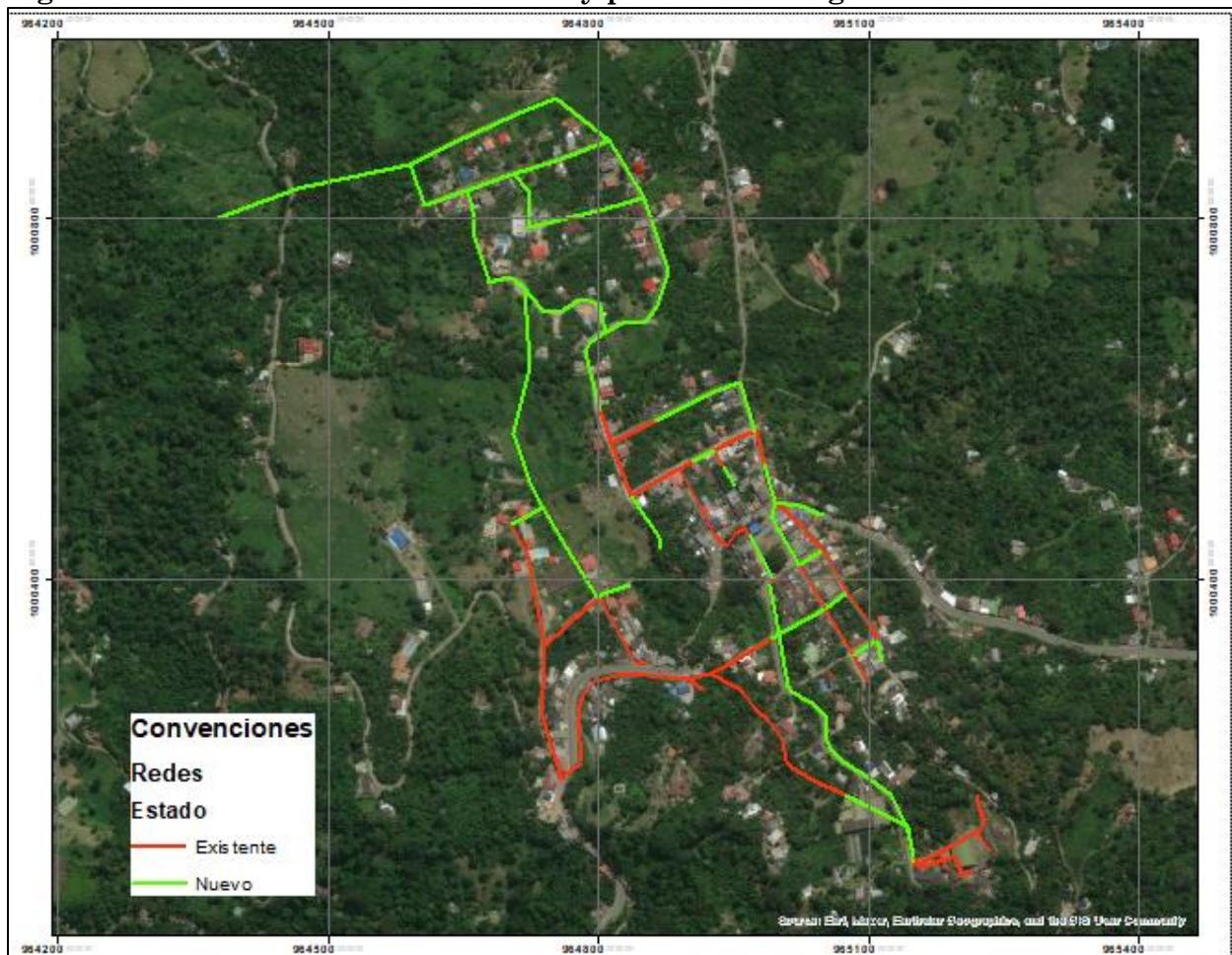
Fuente: Informe de Estudios Básicos Diagnóstico y Alternativas. Consultoría 2021.

7. CAUDALES DE DISEÑO

7.1. ALCANTARILLADO SANITARIO

Basados en la alternativa seleccionada, la cual comprende la separación de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial, se realizó un trazado óptimo para el sistema residual, que garantizara la descarga del 100 % del caudal aportado por la población el predio destinado para la planta de tratamiento de agua residual (PTAR) del municipio. Siguiendo esta directriz en la siguiente imagen se muestra el trazado definitivo adoptado para el sistema de alcantarillado sanitario.

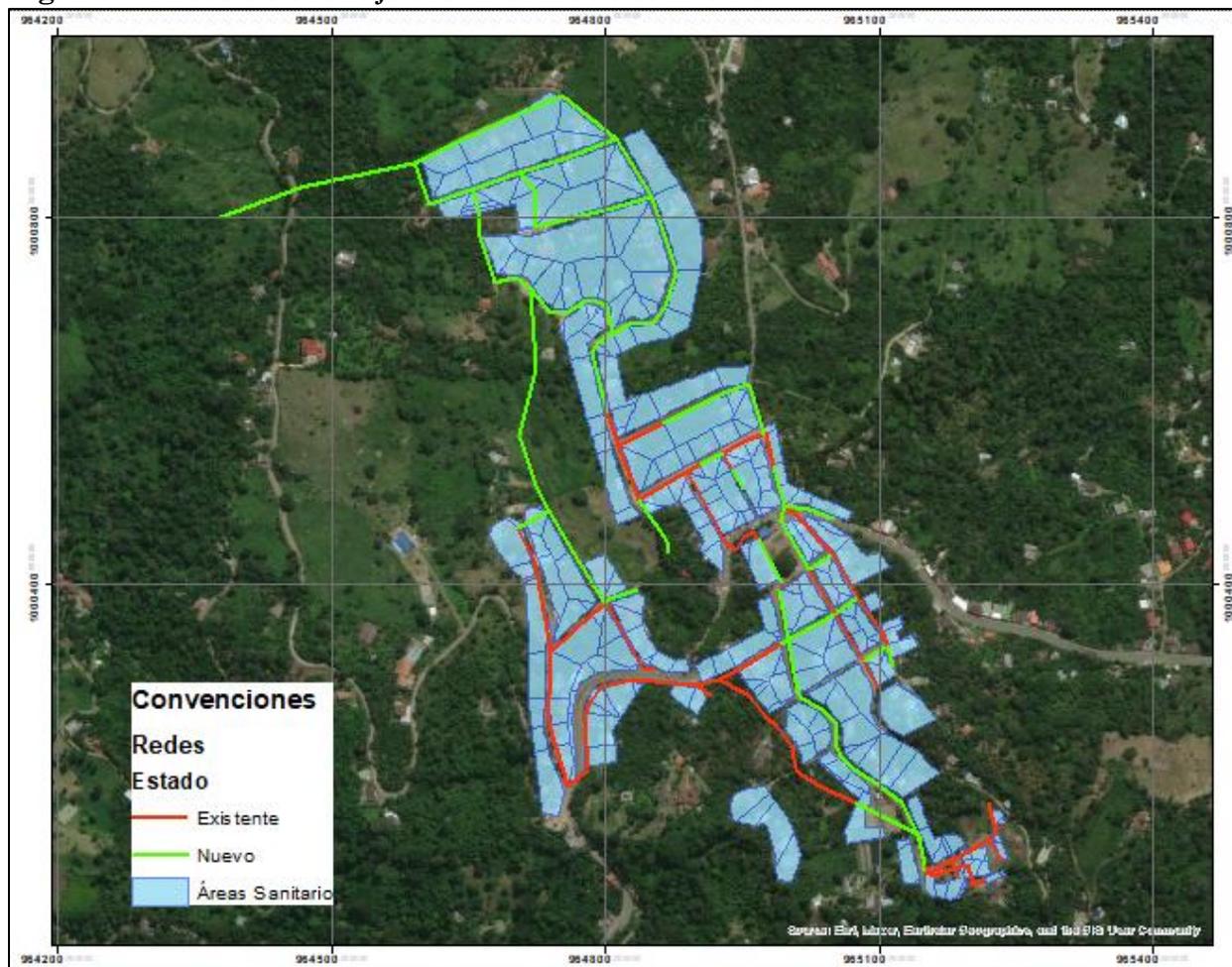
Figura 5. Diseño red de alcantarillado y punto de entrega del sistema.



Fuente: Consultoría 2021.

A partir de este la nueva configuración de trazado planteada se procede a realizar la distribución de áreas por cada uno de los colectores de alcantarillado.

Figura 6. Áreas de drenaje alcantarillado sanitario.



Fuente: Consultoría 2021.

Tabla 13 Localización de los vertimientos y áreas de drenaje diseño

Descripción	Coordenada X (m)	Coordenada Y (m)	Cota (m)	Área Drenaje (Ha)
POZO DE ENTRADA PREDIO PTAR	964,377.92	1,000,801.40	1,248.88	14.30
TOTAL				14.30

Fuente: plano DAL5-DIS-AS-04. Consultoría 2021

En la siguiente tabla se referencian cada una de las áreas de aporte sanitario analizadas en el diseño, las cuales se pueden encontrar en el ANEXO C.

7.1.1. Dotación neta máxima

La dotación neta máxima se establece de acuerdo con la resolución 0330 de 2017, donde en el capítulo 1, **artículo 43** (Dotación neta máxima), expresa los valores en términos de la ubicación del municipio a nivel del mar, en la siguiente tabla se muestran estos valores.



Tabla 14. 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: RAS 2000 – Resolución 0330 de 2017

La inspección La Pradilla tiene una variación de altura que lo ubica en el rango de 1000 a 2000 por lo cual de acuerdo con la tabla anterior la dotación máxima debe ser de valor de 130 L/hab*día. Ahora bien, en el artículo 134 se especifica que se debe realizar un análisis de los aportes de aguas residuales (residenciales, comerciales, industriales y oficiales) sin embargo, de acuerdo con la empresa prestadora del servicio de acueducto para esta inspección no se cuenta con información disponible. Sin embargo, para la inspección El Triunfo si se cuenta con información histórica de consumos por tipo de uso, dado que a lo largo del informe se ha establecido que es posible transpolar el comportamiento de estos dos centros poblados de la zona rural del municipio de El Colegio. El certificado emitido se puede ver en el Anexo A.2. Certificados Municipio. La información suministrada corresponde a datos bimensuales, ya que el municipio no cuenta con datos de micro medición diaria, ni horaria.

A partir de lo expuesto anteriormente se presenta a continuación, la estimación de las dotaciones de tipo residencial, oficial y comercial de acuerdo con la certificación expedida la empresa prestadora de la Inspección El Triunfo



Tabla 15. Estimación de consumos residencial, comercial y oficial información servicios públicos.

VIGENCIA	PERIODO	SUSCRIPTORES RESIDENCIALES	CONSUMOS RESIDENCIALES (M3)	SUSCRIPTORES COMERCIALES	CONSUMOS COMERCIALES (M3)	SUSCRIPTORES OFICIALES	CONSUMOS OFICIALES (M3)	SUSCRIPTORES TOTALES	CONSUMOS TOTALES (M3)
2015	ENERO	557	15778					557	15778
	MARZO	539	10925	9	666	5	647	553	12238
	MAYO	543	10985	8	597	5	527	556	12109
	JULIO	545	12870	9	627	8	674	562	14171
	SEPTIEMBRE	548	9438	8	347	8	426	564	10211
	NOVIEMBRE	549	8549	8	614	8	275	565	9438
	PROMEDIO		546.83	11424.17	8.40	570.20	6.80	509.80	559.50
DOTACIÓN POR TIPO DE CONSUMO (L/SUSCXDIA)			348.19		1131.35		1249.51		367.12
DOTACIÓN POR TIPO DE CONSUMO (L/HABXDIA)			108.81		5.43		4.86		117.38
2016	ENERO	553	12696	8	503	8	507	569	13706
	MARZO	557	9318	8	310	8	442	573	10070
	MAYO	561	13333	8	472	8	632	577	14437
	JULIO	563	11538	8	398	8	1151	579	13087
	SEPTIEMBRE	566	9432	8	304	8	598	582	10334
	NOVIEMBRE	568	9016	8	358	8	458	584	9832
	PROMEDIO		561.33	10888.83	8.00	390.83	8.00	631.33	577.33
DOTACIÓN POR TIPO DE CONSUMO (L/SUSCXDIA)			323.30		814.24		1315.28		343.85
DOTACIÓN POR TIPO DE CONSUMO (L/HABXDIA)			101.03		3.63		5.86		110.52
2017	ENERO	570	12947	8	552	8	826	586	14325
	MARZO	572	9463	9	512	8	634	589	10609
	MAYO	574	10480	9	327	8	550	591	11357
	JULIO	580	11473	9	383	8	691	597	12547



VIGENCIA	PERIODO	SUSCRIPTORES RESIDENCIALES	CONSUMOS RESIDENCIALES (M3)	SUSCRIPTORES COMERCIALES	CONSUMOS COMERCIALES (M3)	SUSCRIPTORES OFICIALES	CONSUMOS OFICIALES (M3)	SUSCRIPTORES TOTALES	CONSUMOS TOTALES (M3)
2018	SEPTIEMBRE	576	9949	9	286	8	672	593	10907
	NOVIEMBRE	585	9731	8	362	8	418	601	10511
	PROMEDIO	576.17	10673.83	8.67	403.67	8.00	631.83	592.83	11709.33
	DOTACIÓN POR TIPO DE CONSUMO (L/SUSCXDIA)		308.76		776.28		1316.32		329.19
	DOTACIÓN POR TIPO DE CONSUMO (L/HABXDIA)		96.49		3.65		5.71		105.85
	ENERO	583	11177	8	371	8	522	599	12070
	MARZO	585	10288	9	344	8	717	602	11349
	MAYO	589	11108	8	200	8	448	605	11756
	JULIO	593	11495	8	260	8	610	609	12365
	SEPTIEMBRE	597	11451	8	186	8	920	613	12557
NOVIEMBRE	601	7606	8	232	8	425	617	8263	
PROMEDIO		591.33	10520.83	8.17	265.50	8.00	607.00	607.50	11393.33
DOTACIÓN POR TIPO DE CONSUMO (L/SUSCXDIA)			296.53		541.84		1264.58		312.57
DOTACIÓN POR TIPO DE CONSUMO (L/HABXDIA)			92.67		2.34		5.35		100.35
2019	ENERO	603	12547	8	401	8	294	619	13242
	MARZO	610	11574	8	178	8	206	626	11958
	MAYO	615	9690	8	210	8	138	631	10038
	JULIO	619	11033	8	230	8	675	635	11938
	SEPTIEMBRE	624	9848	8	194	8	507	640	10549
	NOVIEMBRE	632	10405	8	164	8	251	648	10820
	PROMEDIO		617.17	10849.50	8.00	229.50	8.00	345.17	633.17
DOTACIÓN POR TIPO			292.99		478.13		719.10		300.72



VIGENCIA	PERIODO	SUSCRIPTORES RESIDENCIALES	CONSUMOS RESIDENCIALES (M3)	SUSCRIPTORES COMERCIALES	CONSUMOS COMERCIALES (M3)	SUSCRIPTORES OFICIALES	CONSUMOS OFICIALES (M3)	SUSCRIPTORES TOTALES	CONSUMOS TOTALES (M3)
	DE CONSUMO (L/SUSCXDIA)								
	DOTACIÓN POR TIPO DE CONSUMO (L/HABXDIA)		91.56		1.94		2.91		96.41
	ENERO	634	13523	8	216	8	510	4458	14249
	MARZO	637	1094	8	85	8	272	653	1451
	MAYO	639	10510	8	69	8	261	655	10840
2020	JULIO	644	10583	7	49	8	183	659	10815
	SEPTIEMBRE	651	12872	8	141	8	399	667	13412
	NOVIEMBRE	655	12547	8	209	8	207	671	12963
	PROMEDIO	643.33	10188.17	7.83	128.17	8.00	305.33	1293.83	10621.67
	DOTACIÓN POR TIPO DE CONSUMO (L/SUSCXDIA)		263.94		272.70		636.11		136.82
	DOTACIÓN POR TIPO DE CONSUMO (L/HABXDIA)		97.76		1.23		2.93		105.84
	DOTACIÓN POR TIPO DE CONSUMO (L/HABXDIA) ADOPTADA		108.81		5.43		5.86		120.10

Fuente: Anexo A.5. Caudales de diseño. Consultoría 2021.

Se puede observar que, en el periodo analizado, la dotación residencial es muy inferior al máximo permitido por la resolución 330 de 2017, encontrando el valor máximo en el año 2015. Se puede observar una tendencia decreciente en los resultados obtenidos hasta el año 2019. Al seleccionar los máximos consumos para cada tipo de uso se encuentra una dotación de 120.10 l/Hab*día, por lo cual como consultoría consideramos que el valor máximo que se puede utilizar dada la ubicación geográfica de la inspección es ideal ya que permite no subestimar posibles variaciones en los consumos de la población actual y futura. Teniendo en cuenta lo anterior, para la estimación de los caudales de aguas residuales se tomará una dotación de **130 l/Hab*día** y no se considerarán otros tipos de aportes ya que la inspección no tiene zonas comerciales definidas.



7.2. CALCULO DE CAUDALES RESIDUALES

Partiendo de los datos de población actual determinados en el capítulo anterior, de acuerdo con la dotación neta máxima establecida que ya incluye los aportes en términos de dotación de las zonas comerciales y oficiales, se determinará el caudal de operación para la situación actual y para el año de diseño 2047. A continuación, se presentan los parámetros utilizados para la estimación de los caudales.

7.2.1. Contribuciones aguas residuales

El caudal de Aguas residuales doméstico cuando se cuenta con la proyección de la demanda de agua potable, se debe calcular con la siguiente ecuación:

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

Q_D = Caudal de aguas residuales domésticas, L/s

C_R = Coeficiente de retorno

P = Población proyectada (Hab)

D_{NETA} = Dotación neta de agua potable proyectada por habitante (L/hab * día)

A = Área tributaria de drenaje, Ha

Estimación del coeficiente de retorno: Es el volumen de agua servida sobre el volumen de agua abastecida. Para la estimación de este se requiere conocer el volumen o caudal de agua residual. Dado que no se tiene información disponible se considera un coeficiente de retorno de. $C_R = 0.85$ como indica la resolución 330.

7.2.2. Caudal de aguas residuales no domésticas

De acuerdo con el **artículo 134** de la resolución 0330 de 2017 en el numeral 2, se establece que para estas zonas se deben elaborar análisis específicos de los aportes de aguas residuales, los cuales ya fueron contemplados dentro de la dotación máxima, a partir de la cual se estimará el caudal residual donde ya tendrá incluido estos aportes.

7.2.3. Infiltración (Q_{inf})

Es inevitable la infiltración de aguas subsuperficiales a las redes de sistemas de alcantarillado sanitario, principalmente freáticas, a través de fisuras en los colectores, en juntas ejecutadas de manera inadecuada, en la unión de colectores con pozos de inspección y demás estructuras, y en éstos cuando no son completamente impermeables.

Debido a la ausencia de información acerca del caudal que puede infiltrarse a la red debido a las condiciones antes mencionadas, se asume lo recomendado por la resolución 0330 de 2017 en el artículo 134, numeral 6. El rango se encuentra entre 0.1 y 0.3 l/seg.Ha, se opta por tomar un valor promedio de 0.2 l/seg.Ha.



7.2.4. Caudal de Conexiones erradas (Q_{CE})

Deben ser considerados los aportes de aguas lluvias al sistema de alcantarillado sanitario, provenientes de malas conexiones de bajantes de techados y patios, Q_{CE} . Cuando este tipo de información no es de fácil acceso o no se encuentra disponible se sigue la recomendación de la resolución 0330 de 2017 en el artículo 134, numeral 5, es decir, se asume un valor de 0.20 l/seg*Ha. Para el caso específico de La Inspección Pradilla, este valor se halla multiplicando el área que se va acumulando en los tramos por el factor establecido en la resolución 0330 de 2017.

7.2.5. Caudal Máximo Horario

El caudal de diseño de la red de colectores debe corresponder a la adición entre el correspondiente a la infiltración, a las conexiones erradas y al caudal máximo horario. Este último es determinado a partir de factores de mayoración aplicados al caudal medio diario obtenido anteriormente, los cuales se seleccionan de acuerdo con las características propias de la población.

$$Q_{MH} = F * Q_{MDi}$$

El factor de mayoración (F) tiene en cuenta las variaciones en el consumo de agua por parte de la población. El valor de factor disminuye en la medida en que el número de habitantes considerado aumenta, pues el consumo de agua se hace cada vez más heterogéneo y la red de colectores puede contribuir cada vez más a amortiguar los flujos.

Para poblaciones pequeñas pueden emplearse los factores de Babbit o de Harmon En las ecuaciones siguientes, se plantea el caudal máximo horario en función de la población actual expresada en miles de habitantes.

Babbit: es utilizado para poblaciones menores de 1.000 habitantes.

$$Q_{máxhorario} = Q_{MD} * \frac{5}{p^{0.2}}$$

Harmon: es utilizado para poblaciones entre mil y un millón de habitantes.

$$Q_{máxhorario} = Q_{MD} * \frac{18 + \sqrt{p}}{4 + \sqrt{p}}$$

Flores: otro factor de mayoración recomendado por el RAS es el de Flores en el cual se estima F en función del número de habitantes (P, en miles):

$$F = \frac{3,5}{p^{0,1}}$$

7.2.6. Caudal de diseño de aguas residuales.

El caudal sanitario de diseño responde a la siguiente expresión:

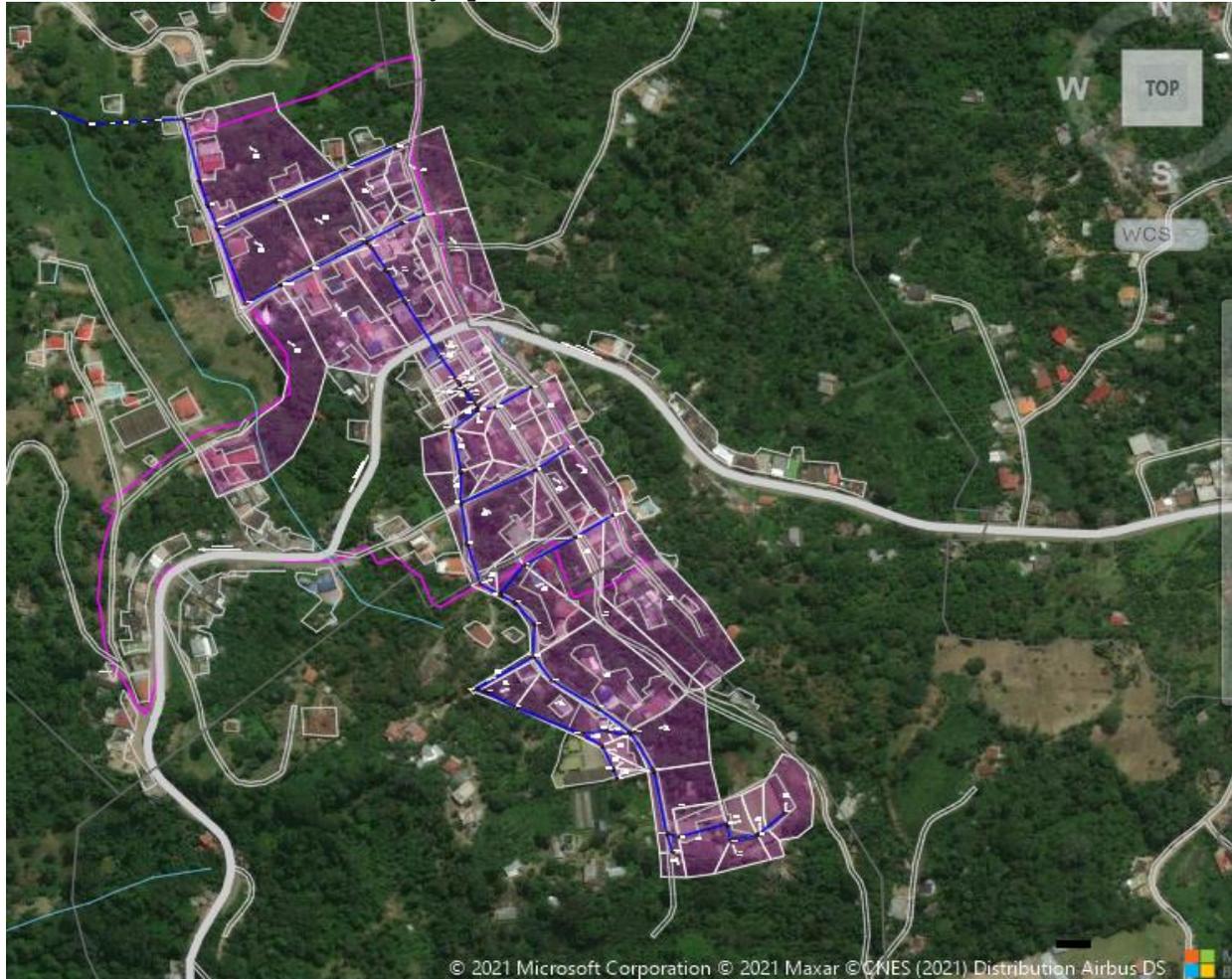
$$Q_{DT} = Q_{MH} + Q_{INF} + Q_{CEf}$$

7.3. ALCANTARILLADO PLUVIAL

7.3.1. Áreas

Las áreas tributarias se determinaron de acuerdo a la distribución de los tramos del alcantarillado, en donde se tuvo en cuenta el área tributaria propia del tramo y la topografía del terreno. A continuación, se presentan las áreas aferentes consideradas en el diseño.

Ilustración 1 Áreas de drenaje pluvial.



Fuente: Consultoría 2021

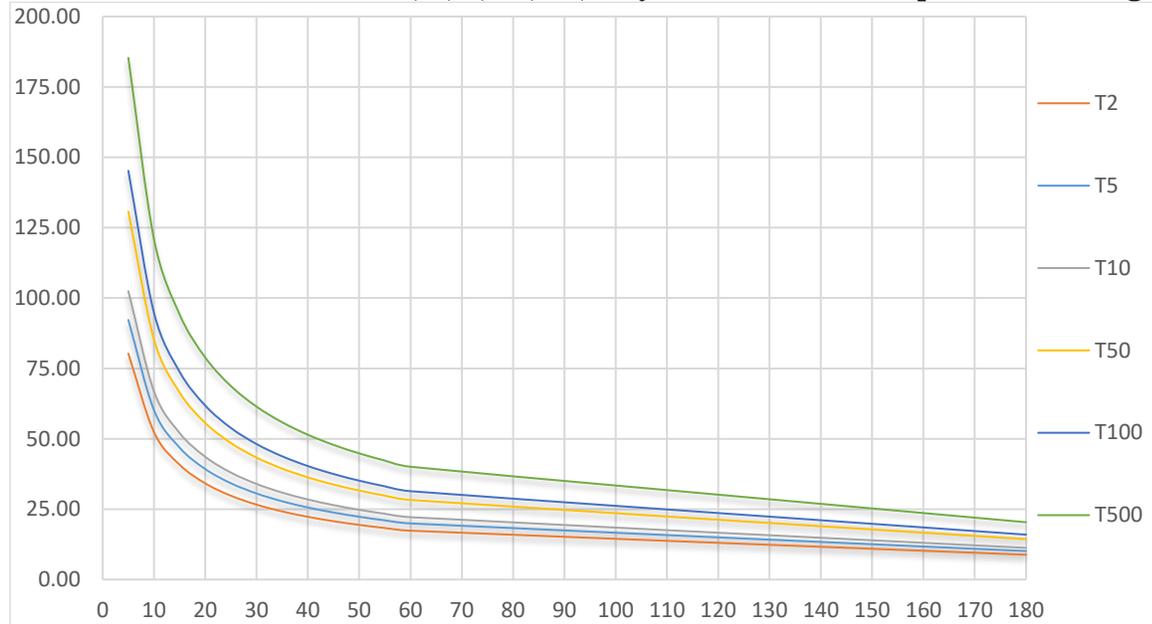
7.3.2. Caudal de diseño

Para la determinación de los caudales de operación del alcantarillado pluvial se utiliza el método racional, este método determina el pico de aguas lluvias, con base en la intensidad de un evento de precipitación, se aplica este método ya que el área de drenaje es menor a 80 ha, por lo tanto, de acuerdo a la resolución 0330 es aplicable. Esta intensidad de precipitación para el diagnóstico de la infraestructura existente se tomó de las curvas IDF actualizadas en el presente estudio, estas intensidades se encuentran consignadas en la curva IDF del



ANEXO B HIDROLOGÍA. En la siguiente grafica se muestra la IDF estimada para el alcantarillado pluvial.

Grafica 1. Curva IDF Tr= 2, 3, 5, 10, 25, 50 y 100 años. Municipio de El Colegio.



Fuente: ANEXO B HIDROLOGÍA, Consultoría 2021.

7.3.3. Periodo de retorno

De acuerdo a lo establecido en la resolución 0330 de 2017, artículo 135. El periodo de diseño se debe seleccionar de acuerdo al grado de importancia y en ningún caso pueden ser menores que los siguientes valores.

Tabla 16. Periodos de retorno

Características del área de drenaje	Periodo 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

Fuente: Resolución 0330 de 2017, RAS-2000

El análisis se realizará con el área acumulada en cada uno de los colectores, se tendrán valores de 5 años.



7.3.4. Coeficiente de escorrentía

De acuerdo al tipo de suelo se determina el coeficiente de escorrentía de acuerdo a los valores presentados en la tabla D.4.5. Para la inspección de Pradilla en el municipio de El Colegio se establecen los tipos de superficie como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 17. Valores coeficiente de escorrentía C

Tipo de superficie	C
Cubiertas	0.9
Pavimentos asfálticos y superficies de concreto	0.9
Vías adoquinadas	0.85
Zonas comerciales o industriales	0.9
Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras	0.75
Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre estos	0.75
Residencial unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines	0.6
Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados	0.45
Residencial, con predominio de zonas verdes y parques-cementerios	0.3
Laderas sin vegetación	0.6
Parques recreacionales	0.3

Fuente: Consultoría 2021.

Para el cálculo del caudal de aguas lluvias se realizó el análisis de cada una de las áreas a partir del software Google Earth, hallando un coeficiente de escorrentía ponderado.

7.3.5. Tiempos de concentración

El tiempo de concentración se determina a partir del tiempo de entrada y el tiempo de viaje en el colector. El tiempo de entrada es el tiempo que dura la escorrentía en llegar a un sumidero.

$$T_c = T_e + T_t$$

El tiempo de entrada (T_e) se establece a través de la siguiente relación.

$$T_e = \frac{0.707(1.1 - C)L^{\frac{1}{2}}}{S^{\frac{1}{3}}}$$

El tiempo de viaje en el colector se establece de la siguiente forma.

$$T_t = \frac{L}{(60 * V)}$$

La velocidad (V) se establece realizando iteraciones, se toma un valor inicial de 0.75 m/s según la velocidad mínima establecida para este tipo de alcantarillado y a través de los resultados de la simulación se evalúa de nuevo su valor hasta que estos valores converjan con un error menor al 10%.

Los cálculos del caudal fueron realizados mediante de método racional, los cuales el programa de modelación SewerGEMS calcula a partir del coeficiente de escorrentía calculado y definido en el anterior capítulo para cada área tributaria; la intensidad de diseño calculada a partir de la IDF y el área tributaria definida y mostrada en el capítulo 7.2.1 de Áreas.

8. MODELACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADO

Comprende al análisis de las condiciones hidráulicas del sistema basado en las condiciones presentadas en el capítulo de criterios de diseño.

A través de la modelación realizada se estimaron parámetros básicos para el análisis del funcionamiento del sistema de alcantarillado, el caudal, la velocidad, el diámetro, el número de Froude y la fuerza tractiva entre otros.

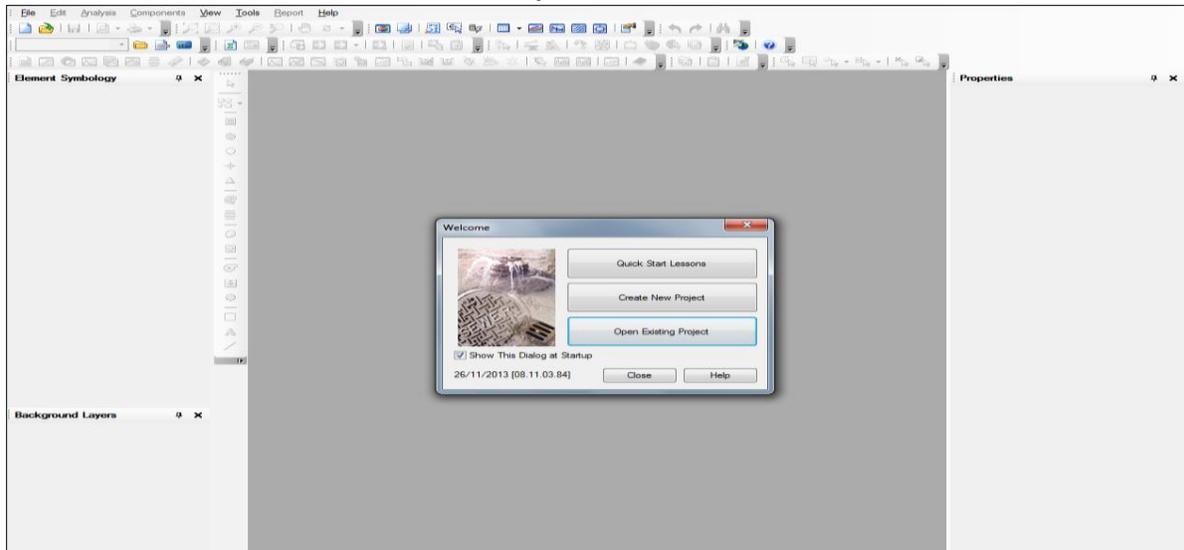
8.1. DEFINICIÓN DEL ESQUEMA FÍSICO Y CODIFICADO DE LA RED

La modelación del sistema existente se adelantó mediante la implementación del programa Bentley SewerGEMS V8i y bajo los parámetros del Reglamento de Acueducto y Saneamiento Básico RAS 2000, el cual permite determinar el funcionamiento hidráulico del sistema diseñado e identificar los sectores que no cumplen con las normas mínimas de diseño.

8.1.1. Análisis de carga para flujos sanitarios con SewerGEMS V8i

A continuación, se presenta la metodología mediante la cual se realizó la migración de los datos al programa, así como la carga de los caudales de diseño del sistema.

Ilustración 2. Modelación con Bentley SewerGEMS V8i

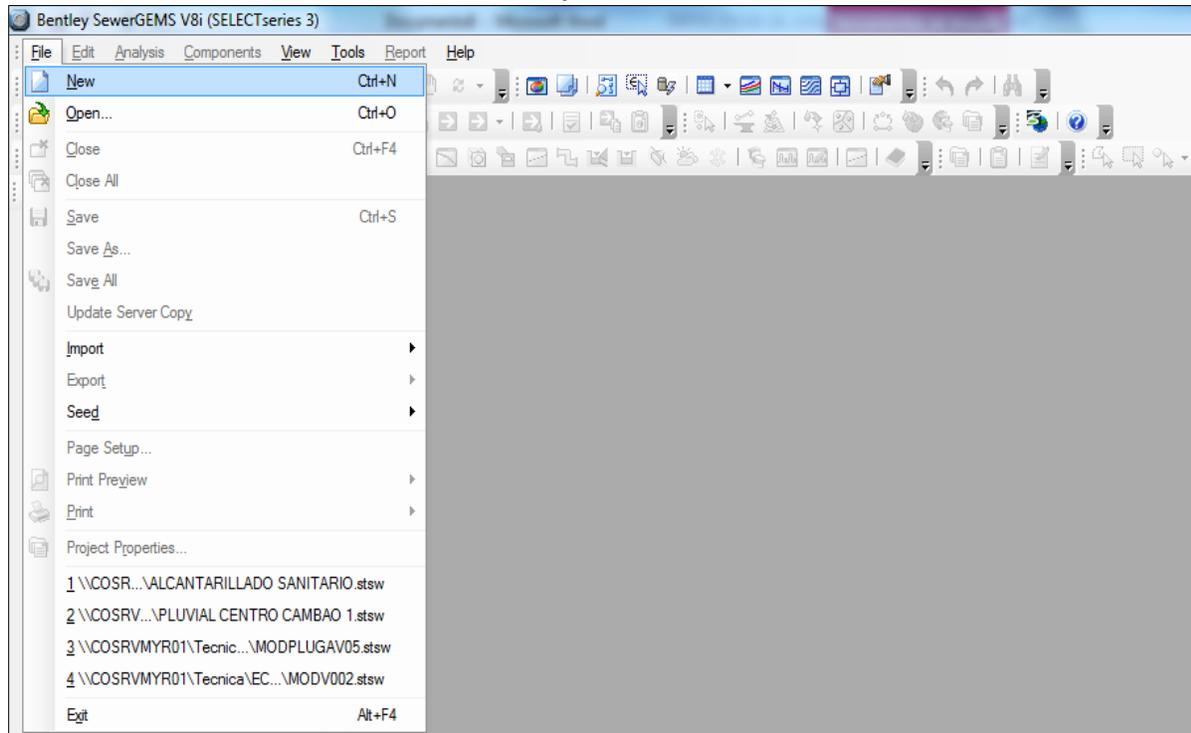


Fuente: Consultoría 2021.

El primer paso es la creación de un proyecto nuevo, menú FILE, NEW



Ilustración 3. Modelación con Bentley SewerGEMS V8i

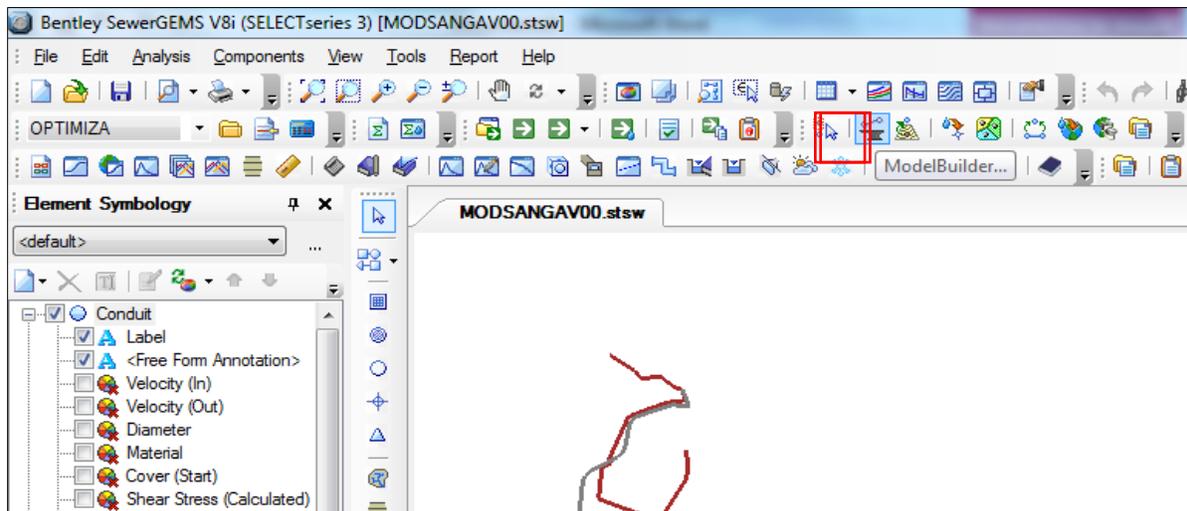


Fuente: Consultoría 2021.

Se realizó una modelación para cada uno de los sistemas de alcantarillado, el pluvial y el sanitario, cada uno tendrá su correspondiente archivo y base de datos con su respectivo nombre.

El paso a seguir es el ingreso de los datos iniciales al programa por medio de la herramienta Model Builder (Ver Ilustración 4). Para lo cual se debe manejar una correcta topología en cuanto a conectividad de los tramos y numeración de los pozos en un archivo base de Microsoft Excel, el cual facilitara el ingreso de la información sin recurrir a otros procedimientos.

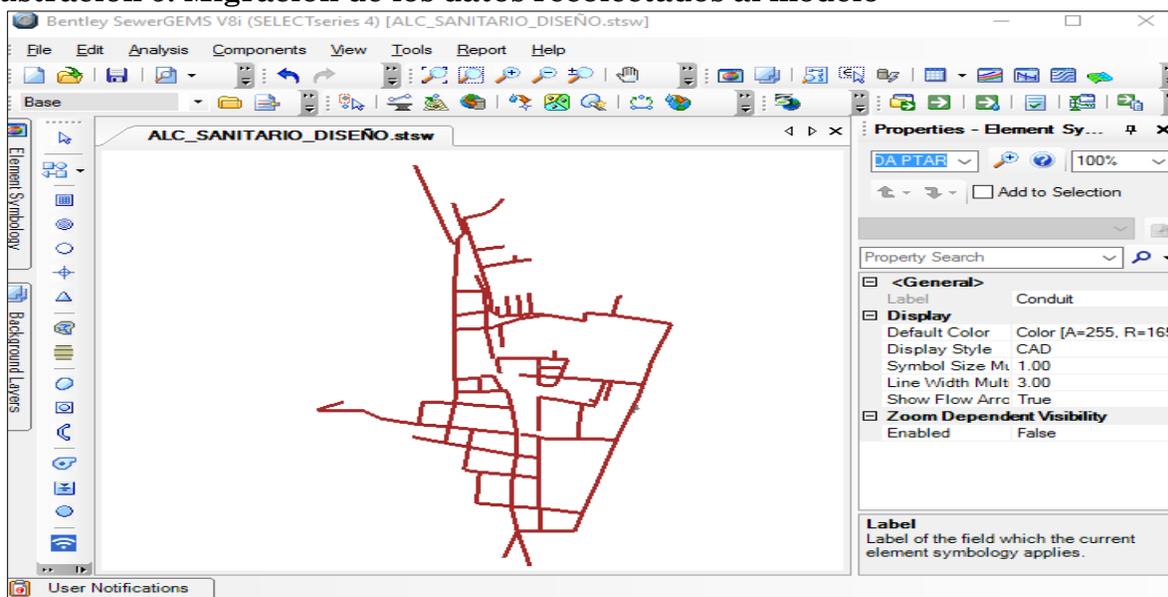
Ilustración 4. Herramienta Model Builder.



Fuente: Consultoría 2021.

El resultado final del procedimiento es la visualización del modelo con sus respectivos tramos, pozos, vertimientos, magnitud y sentido de la tubería.

Ilustración 5. Migración de los datos recolectados al modelo



Fuente: Consultoría 2021.

8.2. COMPONENTES

Típicamente, la información que conforma los modelos hidráulicos de los sistemas de alcantarillado se agrupa de acuerdo con las siguientes categorías: información topológica, de topografía y aporte de caudales.



8.2.1. Construcción del modelo hidráulico.

La construcción del modelo se encuentra relacionada con las características físicas de los componentes que se diseñaran, los cuales permiten la recolección y el transporte de las aguas, tales como tuberías, pozos de inspección, descargas, aliviaderos y canales. Para la obtención de la información topológica se realizó una revisión de todo el sistema, revisión que se realizó en el producto 1 del Plan Maestro de Alcantarillado del Municipio, donde se determinaron a partir de la topografía levantada por la consultoría y de un catastro completo de las características del sistema de alcantarillado los sentidos de flujo, cotas rasantes cotas bateas, material de la tubería y demás condiciones que permitan caracterizar la red en estudio y así permitir la construcción del modelo dentro del programa.

8.2.2. Transito hidráulico de los caudales en redes de alcantarillado

Como es de conocimiento, las hojas de cálculo tradicionales transitan los caudales a través de las tuberías de alcantarillado aplicando la metodología del flujo uniforme, pero últimamente gracias al avance de la tecnología se ha venido estableciendo una forma de modelación más adecuada a las condiciones hidráulicas que en realidad se presentan en un sistema de alcantarillado como es la de permitir desarrollar un algoritmo que permita de manera real establecer la variación del flujo en canales abiertos y esta es mediante el análisis del flujo gradualmente variado.

Este es el caso del software utilizado por la consultoría denominado SewerGEMS V8i en donde el balance de energía incluso en el caso de **flujo gradualmente variado**, la solución sigue siendo una cuestión de equilibrar la energía entre los dos extremos de un segmento de tubería.

La ecuación de energía en lo que respecta a cada extremo de un segmento es la siguiente (tenga en cuenta que las presiones de ambos extremos son cero, ya que es un flujo de superficie libre):

$$z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + H_l$$

Dónde:

Z1 =Gradiente hidráulico en el extremo aguas arriba del segmento (m)

V1 =Velocidad en el extremo aguas arriba (m/s)

Z2=Gradiente hidráulico en el extremo inferior del segmento (m)

V2=Velocidad en el extremo inferior (m/s)

H_l= Pérdidas debidas a la fricción las otras perdidas se asumen como cero (m)

g= Aceleración gravitacional constante (9,8 m/s²)

La pérdida por fricción se calcula sobre la base de la tasa media de pérdida por fricción a lo largo del segmento y la longitud del segmento. Esta relación es la siguiente:



$$z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + H_l$$

Dónde:

HL = Pérdida a través del segmento (m, m)

Savg = pendiente media de fricción (m / m, m / pies)

S1 = la pendiente de fricción en el extremo aguas arriba del segmento (m / m, m / ft)

S2 = pendiente de fricción en el extremo inferior del segmento (m / m, m / pies)

Las condiciones en un extremo del segmento son conocidos a través de la topología o desde un paso de cálculo anterior. Como la pendiente de fricción es una función de la velocidad, lo cual es una función de la profundidad, la profundidad en el otro extremo del segmento se puede encontrar a través de la iteración. Hay dos métodos principales para esta solución iterativa, el método estándar de paso y el método de paso directo.

Debido a que genera mayor resolución dentro de la parte cambiante del perfil, el algoritmo de flujo por gravedad, los programas SewerCAD V8i y SewerGEMS V8i utilizan principalmente el método de paso directo para calcular perfiles de flujo gradualmente variado.

Lo anterior permite establecer una velocidad a la entrada “Velocity in” y a la salida “Velocity out”, determinar los perfiles de flujo dentro de las tuberías y así establecer si se presentan resaltos hidráulicos y determinar claramente cuál es la caída requerida entre tramos.

Por otra parte, permite determinar el número de Froude y calcula de manera adecuada la fuerza tractiva del tramo lo que nos da una clara idea de lo realmente sucede dentro de las tuberías y en especial la hidráulica de interconexión en los pozos de cada uno de los tramos estudiados.

8.2.3. Configuración del modelo

Con el fin de garantizar el correcto funcionamiento de los modelos elaborados, es necesario determinar el método de solución numérica que será utilizado para la realización de los cálculos, así como ajustar los parámetros que permitan su convergencia final.

En el caso específico de los modelos hidráulicos de las redes de alcantarillado de la inspección de Pradilla del municipio de El Colegio se utilizó la ecuación de Manning para un flujo gradualmente variado.

Las simulaciones se realizan en el método “Steady State” (estático), permitiendo de esta forma que los caudales recorran todo el sistema

Uno de los principales beneficios que se obtienen por intermedio de la modelación hidráulica tiene que ver con la capacidad de reproducir con un alto grado de precisión, la respuesta del sistema frente a diversas condiciones operativas.



9. DISEÑO HIDRÁULICO - RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO INSPECCION DE PRADILLA MUNICIPIO DE EL COLEGIO

El diseño hidráulico se realizó a partir de la información obtenida del diagnóstico del sistema actual de alcantarillado contenido en el informe de estudios básicos, diagnóstico y selección de alternativas, con base en la alternativa 2 la cual fue seleccionada luego de analizar diferentes aspectos técnicos, ambientales, sociales entre otros, siendo socializada y avalada por el municipio de El Colegio.

Ahora bien, partiendo de que la alternativa seleccionada conlleva dimensionar los sistemas de alcantarillado pluvial y sanitario de manera independiente, se tomó la infraestructura actual y se adecuo para que esta transportara el caudal residual generado por la población futura municipio de la zona de estudio de la inspección de Pradilla en el municipio de El Colegio. La adecuación de esta infraestructura se realizó bajo los siguientes parámetros principales.

Tabla 18. Síntesis de parámetros de diseño red de alcantarillado sanitario de la inspección de Pradilla en El Municipio de El Colegio.

PARÁMETRO DE DISEÑO RED ALCANTARILLADO	
Población Futura (Hab)	2012
Área Total incluyendo expansión (Ha)	14.296
Densidad poblacional (Hab/Ha)	140.74
Coefficiente de retorno	0.85
Dotación Adoptada (L/Hab-día)	130

Fuente: ANEXO C - MEMORIAS DE CALCULO\C-1. Q Sanitario. Consultoría 2021.

El diseño del alcantarillado radico en tomar la infraestructura actual existente mejorando las condiciones hidráulicas de la misma en los sectores donde a partir de estudio de diagnóstico se identificó que presentaba fallas a los parámetros mínimos exigidos para este tipo de sistema, adicionalmente atendiendo las recomendaciones y necesidades del municipio, en cuanto a zonas afectadas por algún tipo de problema identificado en la operación y mantenimiento de las redes. En la alternativa seleccionada no se contempló modificar tuberías que tuvieran fallas en el aspecto de profundidad de instalación esto con el fin de solo afectar las zonas puntuales y no renovar la totalidad de las redes, haciendo más eficiente el proyecto.

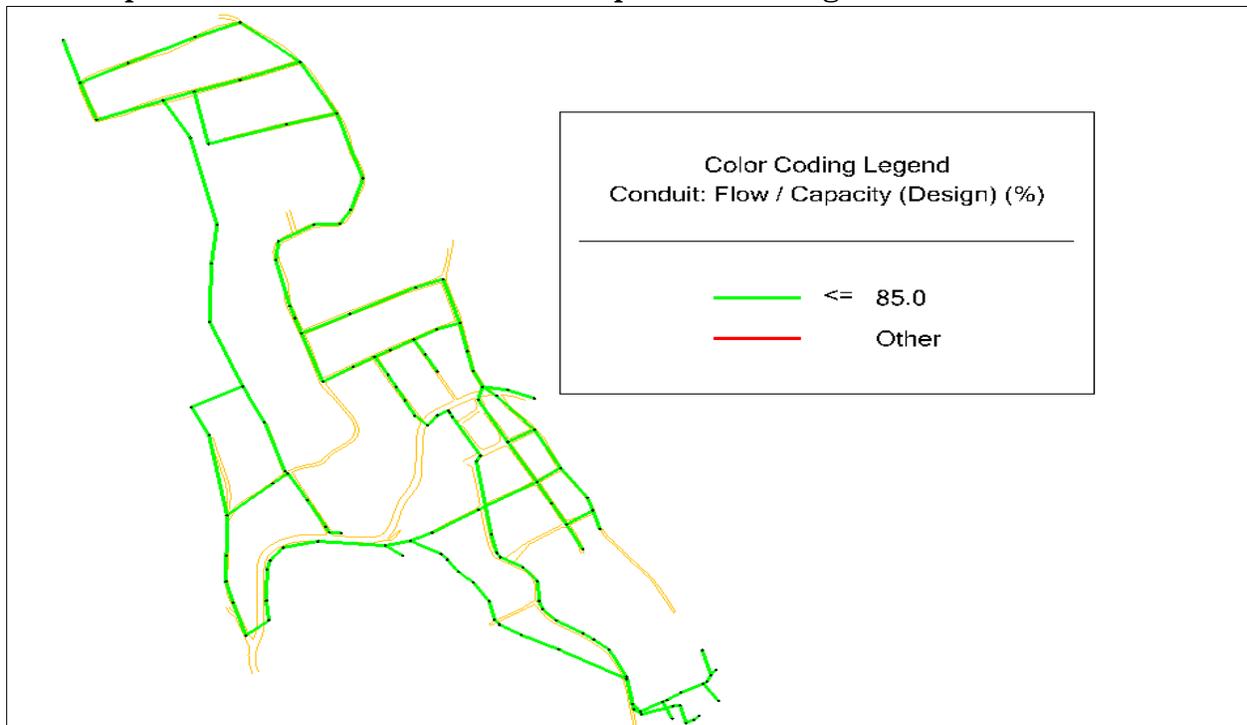
La modificación sustancial que se plantea realizar en el alcantarillado sanitario es la complementación de la red en la parte baja de la inspección hasta llegar al predio dispuesto para la planta de tratamiento.

En la tabla resumen que se encuentra en el ANEXO D - MODELACIÓN HIDRÁULICA se muestra el resumen de la modelación realizada para el sistema de alcantarillado de la inspección de Pradilla en el municipio de El Colegio, donde se diseñaron un total de 77 pozos en total en la etapa de diseño (incluyendo la llegada a la planta) de los cuales 23 pozos eran existentes y se deben demoler, 62 tramos de tuberías, entre las cuales se incluyen todos los tramos que hidráulica y físicamente no cumplían con las recomendaciones técnicas de la Resolución 330 de 2017 y los tramos que se debían afectar para darle continuidad al sistema.

En el sistema de alcantarillado sanitario definitivo, se encontrará que existen contracciones en el diámetro de las tuberías, esto, es debido a que al aprovechar la infraestructura existente perteneciente a un sistema combinado que maneja en algunos sectores diámetros grandes lleva a un sobredimensionamiento del sistema, si se garantiza la condición de que el diámetro siguiente debe ser mayor o igual al anterior, por esta razón la consultoría decidió en diámetros mayores a 10 pulgadas no respetar la condición anterior, ya que esto incurriría en aumentar el diámetro del colector hasta la planta de tratamiento de agua residual. Y por el contrario reducirlos implicaría el detrimento de recursos que ha utilizado el municipio para la reparación de la malla vial.

A continuación, se muestran las ilustraciones de la modelación final de diseño para las redes de alcantarillado sanitario del municipio de El Colegio

Ilustración 6 Red diseñada cumple por capacidad hidráulica en caudal proyectado 2047 inspección de Pradilla en el municipio de El Colegio.

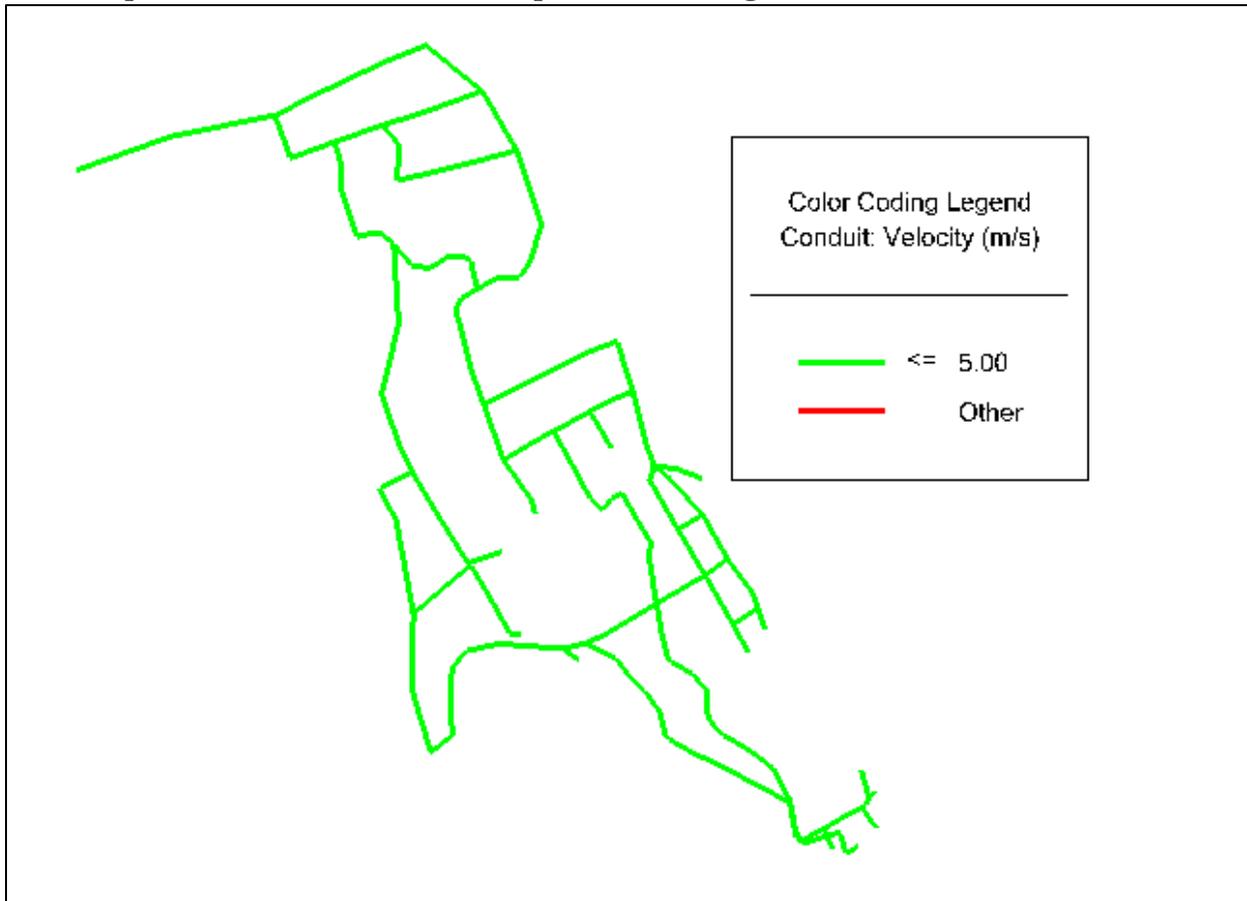


Fuente: ANEXO D - MODELACIÓN HIDRÁULICA. Consultoría 2021.



El sistema de alcantarillado contará con el 100% de las redes con capacidad hidráulica Q/Q_0 de transporte óptima recomendada por la Resolución 330 de 2017 en el **artículo 143** el cual debe ser menor o igual 85%.

Ilustración 7 Red diseñada cumple por velocidad máxima en caudal proyectado 2047 inspección de Pradilla municipio de El Colegio.

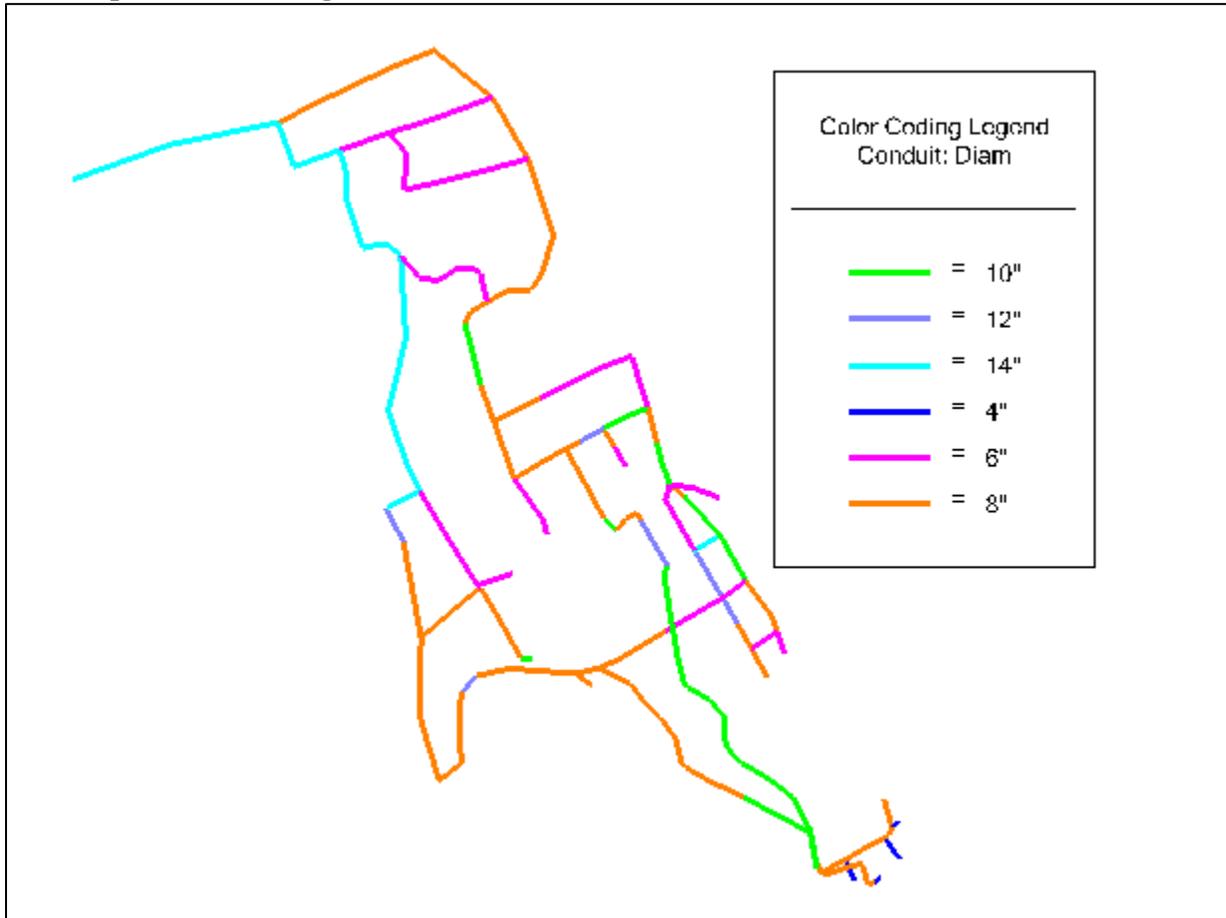


Fuente: ANEXO D - MODELACIÓN HIDRÁULICA. Consultoría 2021.

Con el diseño generado, se garantiza que el 100% de la tubería de alcantarillado sanitario cumple con el parámetro de velocidad máxima que según la resolución 0330 de 2017 en el **artículo 150** es de 5 m/s.



Ilustración 8 Diámetros de la red diseñada para la inspección de Pradilla municipio de El Colegio.



Fuente: ANEXO D - MODELACIÓN HIDRÁULICA. Consultoría 2021.

Ilustración 9 Material de la red diseñada para la inspección de Pradilla municipio de El Colegio.

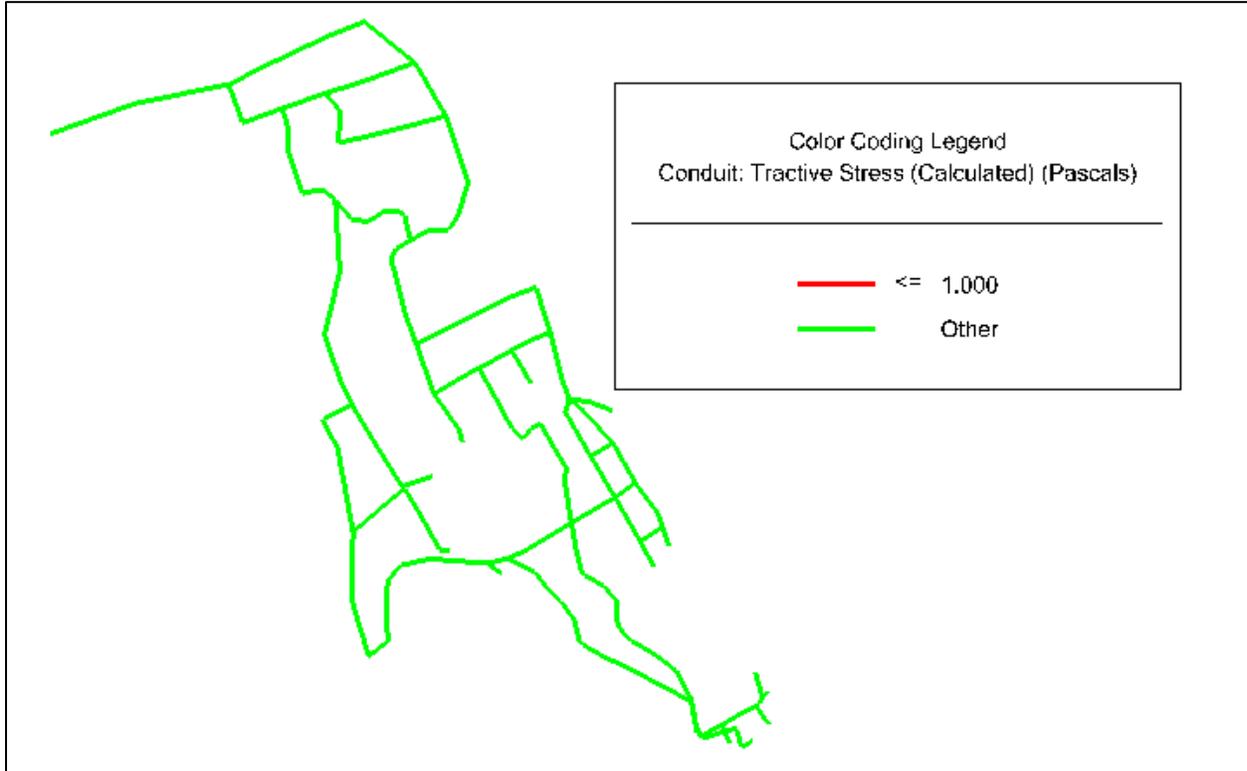


Fuente: ANEXO D - MODELACIÓN HIDRÁULICA. Consultoría 2021.

La distribución de materiales en la inspección de pradilla quedó determinada por dos materiales distintos como se puede apreciar en la ilustración anterior, PVC y Gres, sin embargo toda la red diseñada quedó en PVC.



Ilustración 10 Fuerza tractiva caudal proyectado 2047 de la red diseñada para la inspección de Pradilla municipio de El Colegio.



Fuente: ANEXO D - MODELACIÓN HIDRÁULICA. Consultoría 2021.

En cuanto a la fuerza tractiva en el sistema de alcantarillado sanitario diseñado para la inspección de Pradilla, Municipio de El Colegio el 100% de los tramos cumplen con el mínimo exigido en la Resolución 330 de 2017 en el **artículo 141, el cual es de 1 pascal.**

En la siguiente ilustración se muestra que el 100% de la tubería de alcantarillado sanitario tiene un numero de Froude menor o igual a 0.9 o mayor o igual a 1.10, garantizando que no se presente flujo crítico en ninguna tubería del diseño.



Ilustración 11 Número de Froude caudal proyectado 2045 de la red diseñada para la inspección de Pradilla, municipio de El Colegio.



Fuente: ANEXO D - MODELACIÓN HIDRÁULICA. Consultoría 2021.

En cuanto a profundidad de las tuberías, en el informe de diagnóstico quedo descrito que este parámetro no sería tenido en cuenta para el diseño, debido a que significaba la renovación total de las tuberías de alcantarillado sanitario, esta decisión fue tomada con el municipio de El Colegio, ya que no se han presentado problemas operativos ni de estabilidad en ninguno de los tramos identificados con esta falla.



10.DISEÑO HIDRÁULICO - RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL INSPECCION PRADILLA MUNICIPIO DE EL COLEGIO

El diseño de alcantarillado pluvial realizado para la inspección de Pradilla el municipio de El Colegio, comprende la implementación de una única descarga de aguas lluvias, donde actualmente se encuentra la descarga del alcantarillado sanitario.

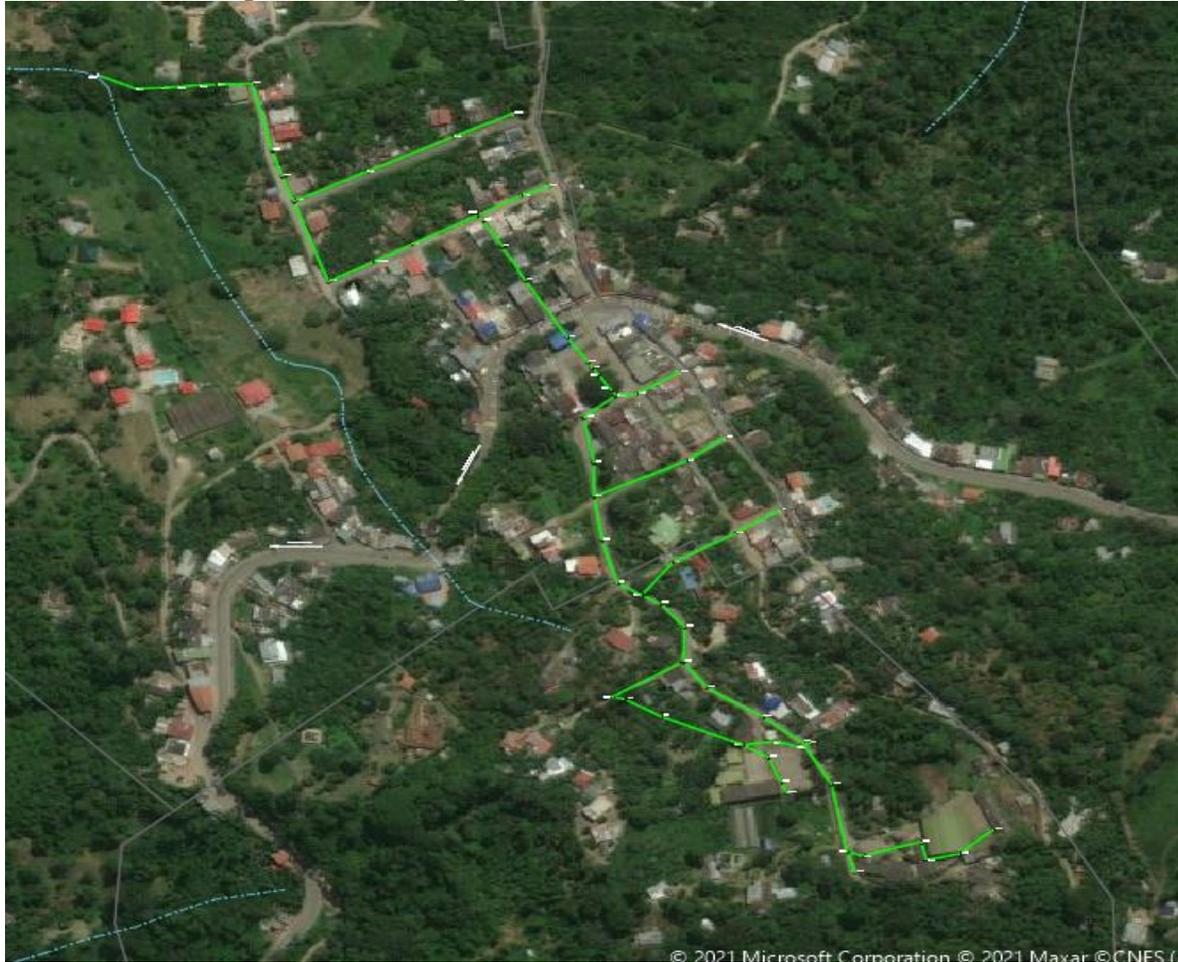
El trazado de las redes de alcantarillado pluvial se realizó con el fin de garantizar la recolección de todas las aguas lluvias de una manera eficaz, teniendo a favor las pendientes de las vías del municipio, además de no sobrecargar las redes y tener un alivio en el sistema garantizando que los diámetros no sean de gran tamaño. Buscando mantener el trazado que existe actualmente, sin embargo, independizándolo de la red sanitaria.

Luego de determinar el trazado adecuado de las redes de alcantarillado pluvial, teniendo en cuenta el trazado ya seleccionado de las redes de alcantarillado sanitario se realizó el diseño a partir de los caudales calculados descritos en el numeral 7.2 del presente documento y del programa de modelación SewerGems V8i, donde se determinó la topología, diámetros y cotas adecuados para cumplir todos los parámetros hidráulicos descritos en la resolución 330 de 2017.

En este diseño se tuvo como consideración especial la adecuada interacción de la red con el sistema sanitario diseñado, en cuanto a altura de intersecciones en los cruces, además de tratar en lo posible de no modificar el trazado de las redes existentes, con el fin de evitar la solicitud de permisos ante las autoridades pertinentes.

En la siguiente ilustración se muestra la ubicación espacial de la red de alcantarillado pluvial diseñada.

Ilustración 12 Red de alcantarillado pluvial diseñado para la inspección de Pradilla municipio de El Colegio.

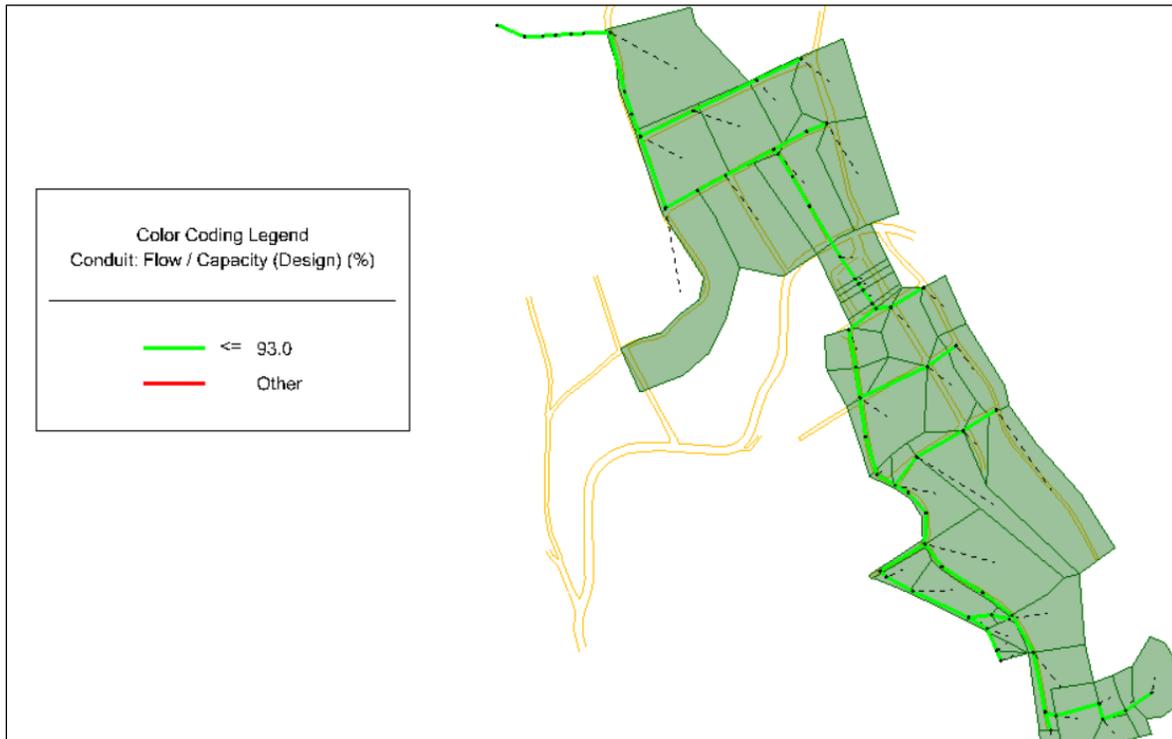


Fuente: ANEXO D - MODELACIÓN HIDRÁULICA\PLUVIAL. Consultoría 2021.

En la tabla resumen que se encuentra en el ANEXO D - MODELACION HIDRAULICA\PLUVIAL se muestra el resumen de la modelación realizada para el sistema de alcantarillado pluvial de la inspección de Pradilla municipio de El Colegio, donde se diseñaron un total de 64 pozos de inspección nuevos de los cuales 22 pozos eran existentes y se deben demoler; 63 tramos de tuberías, los cuales son nuevos y cumplen con las recomendaciones técnicas de la Resolución 330 de 2017 .

A continuación, se muestran las ilustraciones de la modelación final de diseño para las redes de alcantarillado pluvial de la inspección Pradilla municipio de El Colegio.

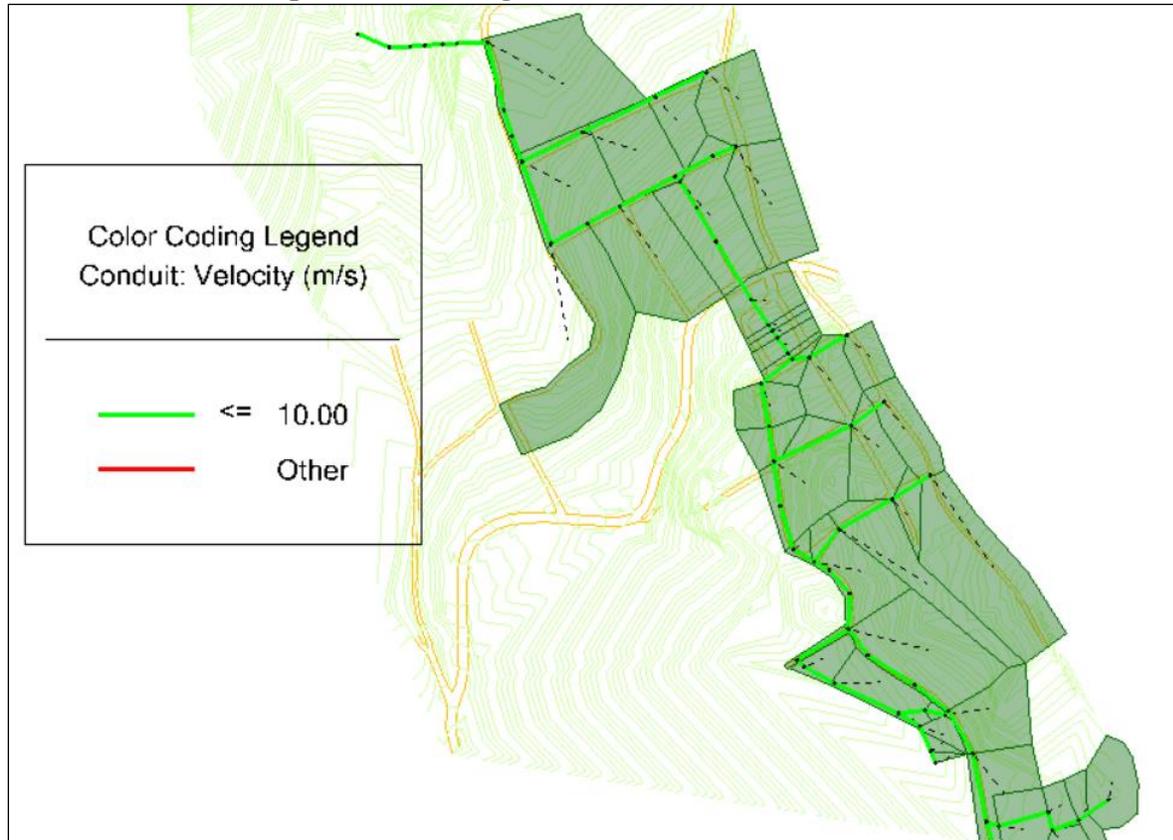
Ilustración 13 Red diseñada cumple por capacidad hidráulica en caudal proyectado inspección de Pradilla municipio de El colegio.



Fuente: ANEXO D - MODELACIÓN HIDRÁULICA PLUVIAL. Consultoría 2021.

El sistema de alcantarillado contará en un 100% de redes con capacidad hidráulica Q/Q_0 de transporte óptima recomendada por la Resolución 330 de 2017 en el **artículo 151** el cual debe ser menor o igual 93%.

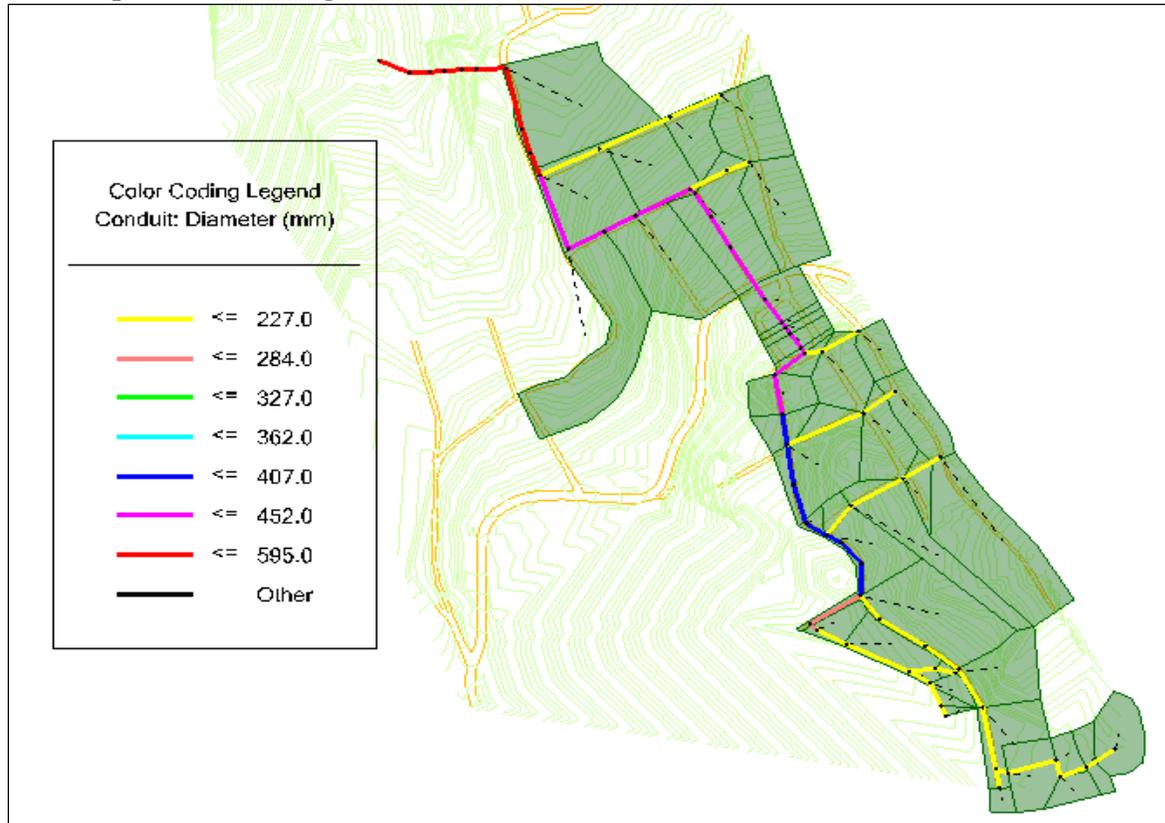
Ilustración 14 Red diseñada cumple por velocidad máxima en caudal proyectado en Pradilla municipio de El Colegio.



Fuente: ANEXO D - MODELACIÓN HIDRÁULICA PLUVIAL. Consultoría 2021.

El sistema de alcantarillado pluvial excede en su gran mayoría la velocidad máxima permisible registrada en el **artículo 150** de la resolución 330 de 2017. Esto debido a la alta pendiente que tiene el terreno natural, sin embargo, la velocidad en la red no excede los 10 m/s recomendados para una tubería plástica tipo PVC, según el **artículo 150** en el párrafo correspondiente.

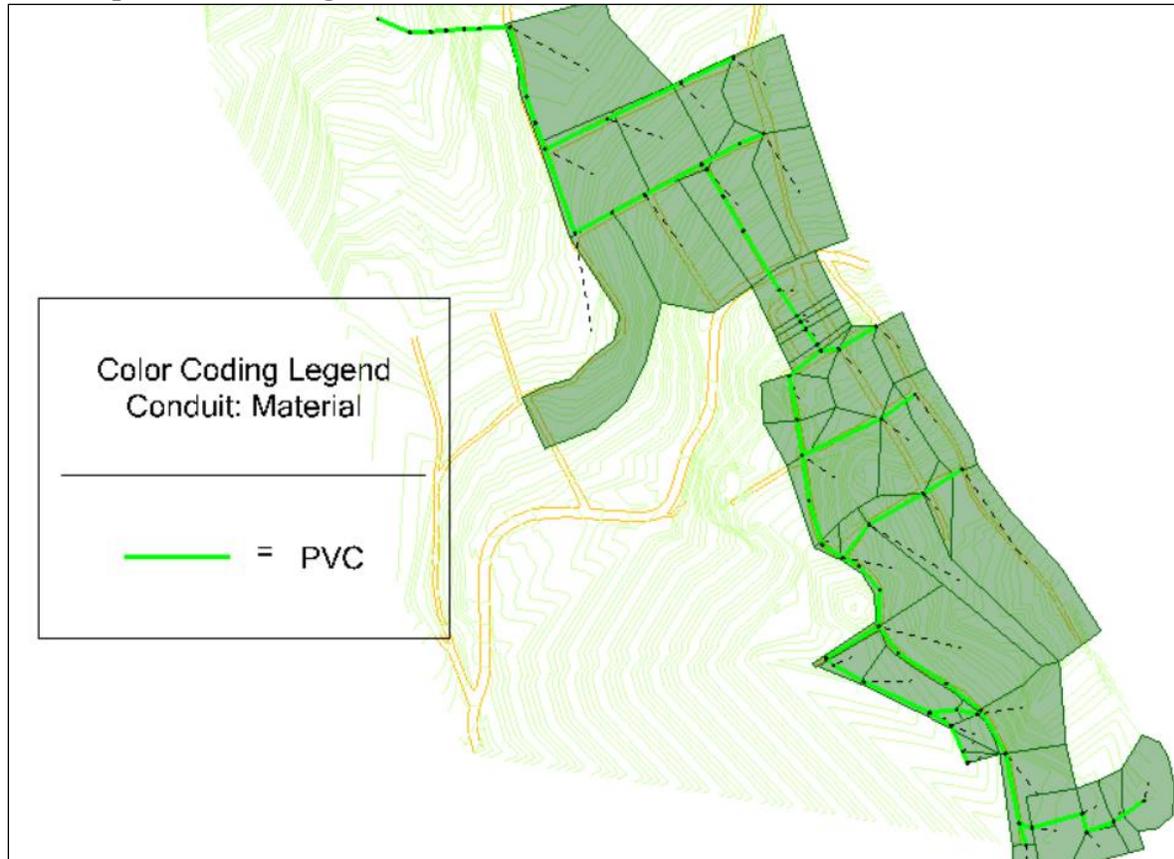
Ilustración 15 Diámetros de la red diseñada para la inspección de Pradilla en el municipio de El Colegio.



Fuente: ANEXO D - MODELACIÓN HIDRÁULICA PLUVIAL. Consultoría 2021.

El sistema diseñado tiene la siguiente distribución de diámetros, 890.08 metros serán de 10” de diámetro (53.27%), 50.15 metros de 12” (3.00%), 167.72 metros en 18” (10.04%), 378.45 metros en 20” (22.65%) y 184.32 metros en 24” (11.03%).

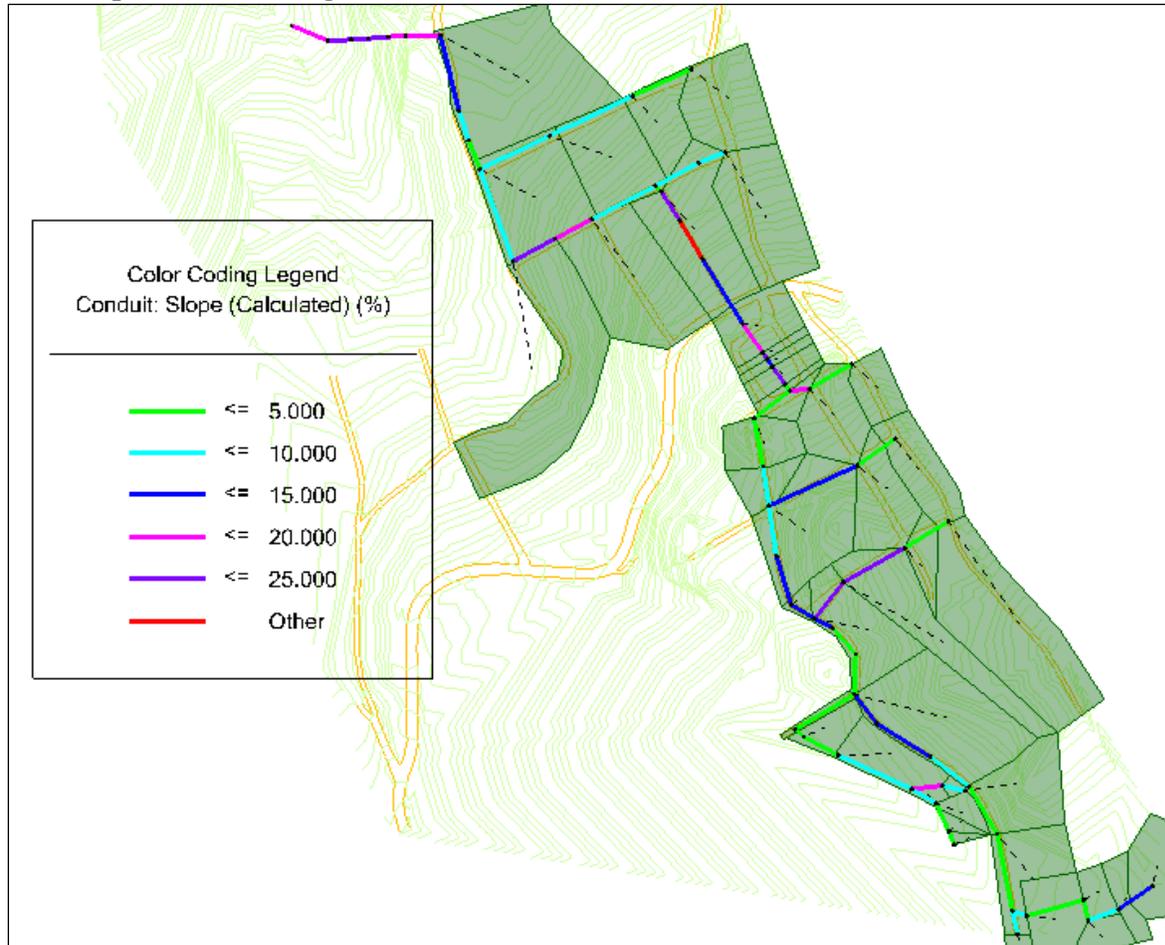
Ilustración 16 Material de la red diseñada para la inspección de Pradilla en el municipio de El Colegio.



Fuente: ANEXO D - MODELACIÓN HIDRÁULICA PLUVIAL. Consultoría 2021.

La distribución de materiales en la inspección de Pradilla Municipio de El Colegio para el alcantarillado pluvial quedó determinada por un solo material el cual es PVC.

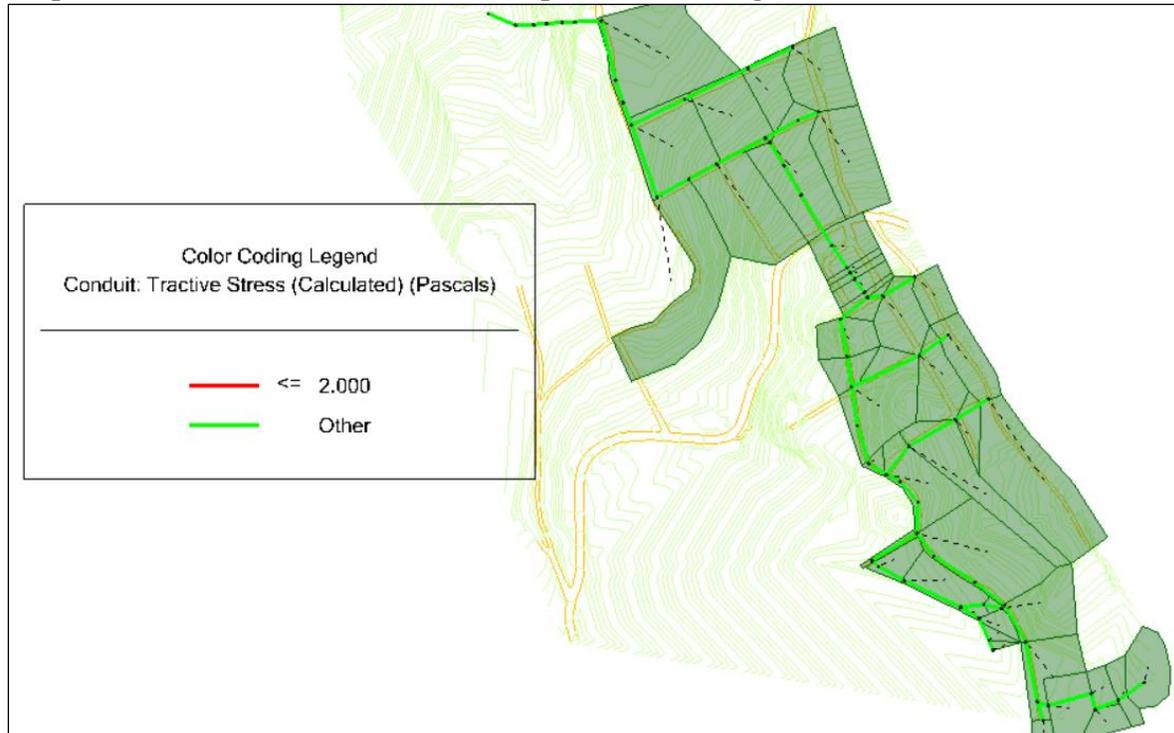
Ilustración 17 Pendientes de la red diseñada para la inspección de Pradilla en el municipio de El Colegio.



Fuente: ANEXO D - MODELACIÓN HIDRÁULICA PLUVIAL. Consultoría 2021.

El sistema de alcantarillado pluvial diseñado para la inspección de Pradilla en el Municipio de El Colegio no cuenta con ningún tramo con pendiente negativa.

Ilustración 18 Fuerza tractiva caudal proyectado de la red diseñada para la inspección de Pradilla en el municipio de El Colegio.

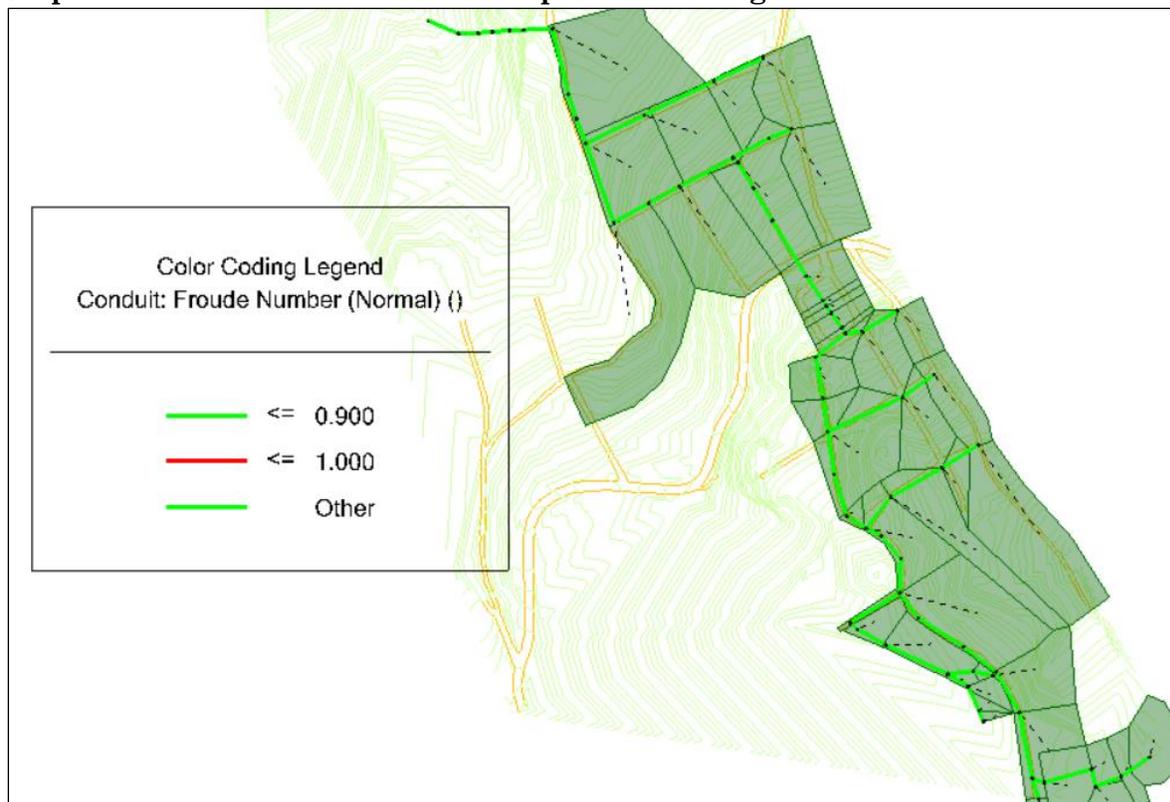


Fuente: ANEXO D - MODELACIÓN HIDRÁULICA Pluvial. Consultoría 2021.

En cuanto a la fuerza tractiva en el sistema de alcantarillado pluvial diseñado para la inspección de Pradilla en el Municipio de El Colegio se puede concluir que todos los tramos cumplen con el mínimo exigido en la Resolución 330 de 2017 en el **artículo 149**, el cual es de 2 Pa.

En la siguiente ilustración se muestra que el 100% de la tubería de alcantarillado pluvial tiene un numero de Froude menor o igual a 0.9 o mayor o igual a 1.10, garantizando que no se presente flujo crítico en ninguna tubería del diseño.

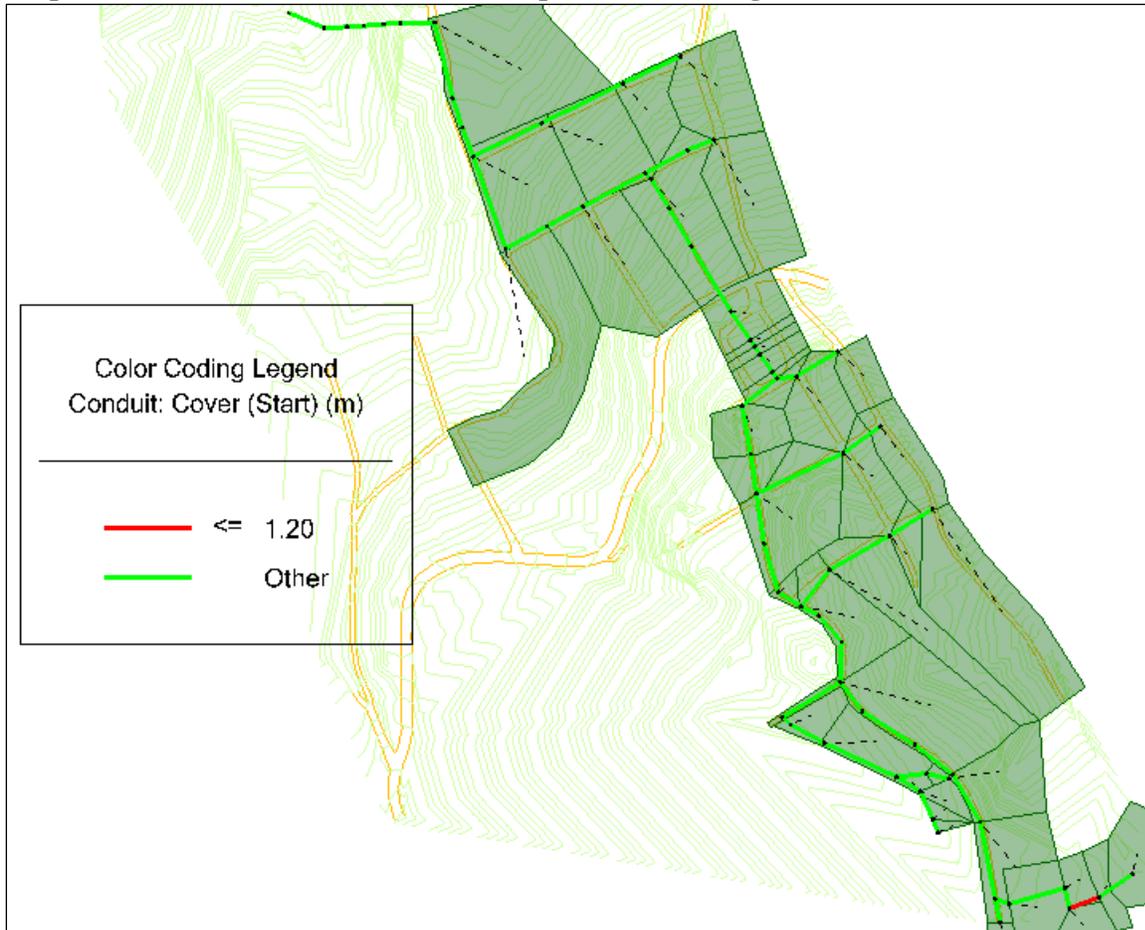
Ilustración 19 Número de Froude caudal proyectado de la red diseñada para la inspección de Pradilla en el municipio de El Colegio.



Fuente: ANEXO D - MODELACIÓN HIDRÁULICA PLUVIAL. Consultoría 2021.

Como se observa en la anterior ilustración todos los tramos cumplen con la norma y con la Resolución 330 de 2017.

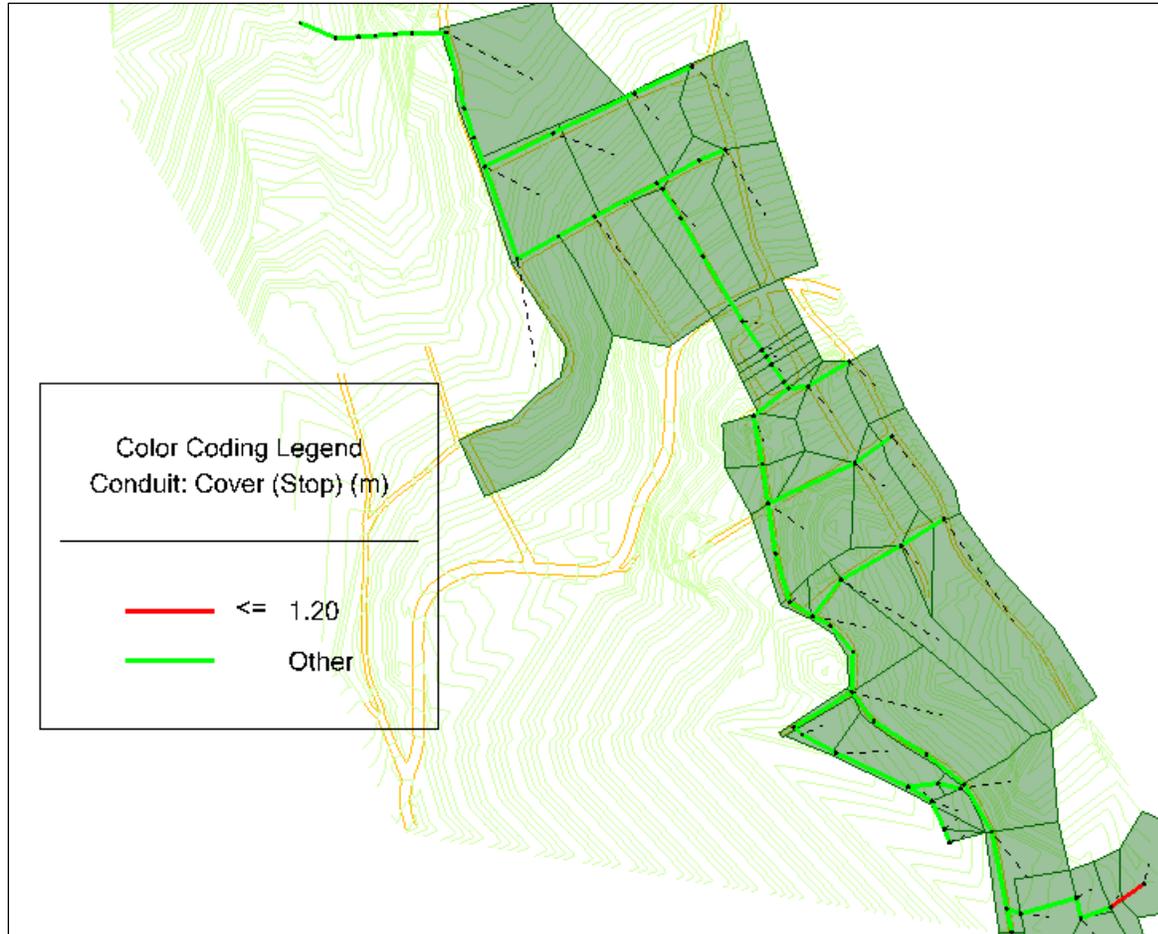
Ilustración 20. Cobertura mínima inicial proyectada de la red diseñada para la inspección de Pradilla en el municipio de El Colegio.



Fuente: ANEXO D - MODELACIÓN HIDRÁULICA PLUVIAL. Consultoría 2021.

Se puede observar que la cobertura mínima dada por la Resolución 330 de 2017 artículo 139, la cual dice que deben estar mínimo a 1.20m de la cota clave se cumple en la mayoría de los colectores, sin embargo, existen algunos tramos que se encuentran con una menor cobertura, sin embargo, se encuentran a más de un metro de profundidad, igualmente se considera que estas vías no son de tráfico pesado además de ser un colector inicial en la zona de la escuela donde no hay tráfico pesado.

Ilustración 21 Cobertura mínima final proyectada de la red diseñada para la inspección de Pradilla en el municipio de El Colegio.



Se puede observar que la cobertura mínima dada por la Resolución 330 de 2017 artículo 139, la cual dice que deben estar mínimo a 1.20m de la cota clave se cumple en la mayoría de los colectores, sin embargo, existen algunos tramos que se encuentran con una menor cobertura, sin embargo, se encuentran a más de un metro de profundidad, igualmente se considera que estas vías no son de tráfico pesado al quedar en la zona de la escuela.



10.1. DISEÑO DE SUMIDEROS

Para el cálculo de los sumideros se decidió emplear la metodología de diseño de la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá según la NS-047, además de diseñar sistema de sumideros mixtos ventana y rejilla de caja sobre andén. En el caso que los caudales fueran muy grandes se opta por diseñar una estructura de captación alterna como lo es diseñar un canal monolítico en el sentido de la vía y que conecte al sumidero que sea capaz de poder captar toda la corriente.

Para el desarrollo de este método se utilizó el documento “Federal Highway Administration (URBAN DRAINAGE DESIGN MANUAL. Hydraulic Engineering Circular No. 22. Second Edition. Publication No. FHWA-NH1-01-021 August 2001.)”

10.1.1. Procedimiento de diseño para sumideros en pendiente

A continuación, se describe el procedimiento para determinar el espaciamiento entre sumideros en una vía en pendiente, en la que el agua en la vía fluye en el sentido de la pendiente sin represamientos y donde parte del flujo es captado por un sumidero en consideración, continuando el caudal remanente hacia el siguiente sumidero y sumideros ubicados en bateas o puntos bajos.

En consecuencia, el espaciamiento de los sumideros en una vía en pendiente está en función del flujo no captado por el sumidero anterior aguas arriba (teniendo en cuenta que esta metodología reconoce que, en una vía en pendiente, un determinado sumidero no capta el 100% de la escorrentía superficial), el área de drenaje tributaria entre sumideros y la geometría de la vía.

10.1.1.1. Paso 1 del diseño de sumideros.

Con base en los planos topográficos de la zona, se definen los límites de la cuenca y se establece la ubicación de los sumideros de acuerdo con los criterios de localización mencionados anteriormente y cualquier otra justificación que el diseñador considere pertinente. En los mismos planos se establecen esquemáticamente los patrones de drenaje del flujo en las vías y particularmente en las esquinas. Este aspecto es importante para definir si el flujo que viene por una determinada calle y que no alcanza a ser captado totalmente por él o los sumideros localizados en ella continúa por la misma o se desvía por la calle que cruza, lo cual afecta los caudales que llegan a los sumideros colocados hacia aguas abajo.

10.1.1.2. Paso 2 del diseño de sumideros.

En la vía en la que se iniciarán los cálculos, se procede a la numeración y abscisado de los sumideros localizados en uno de los costados y a todo lo largo de la misma, comenzando por el sumidero localizado en el punto más alto de la vía y continuando con los localizados hacia aguas abajo. A partir de la topografía de la vía, se determinan las pendientes longitudinales



"SL" y transversal "Sx". Así mismo, con base en el tipo de rejilla preseleccionado se determina el ancho de la cuneta o la rejilla "W".

10.1.1.3. Paso 3 del diseño de sumideros.

Se definen las áreas de drenaje de los sumideros. Se calcula el caudal que llega al sumidero inicial, el cual corresponde al área de drenaje tributaria a este según la normativa", y otros correspondientes a caudales no captados por sumideros aguas arriba. Se determina el caudal total en la vía en el costado donde se encuentra el sumidero, sumando los caudales mencionados anteriormente.

10.1.1.4. Paso 4 del diseño de sumideros.

Se determina el ancho de inundación de la vía "T" y la profundidad del flujo "d" junto al sardinel o andén:

a) Cálculo del ancho de inundación de la vía "T"

El ancho de inundación de la vía se determina mediante la siguiente expresión:

$$T = \left(\frac{Q_n}{k_u S_x^{1.67} S_L^{0.5}} \right)^{0.375}$$

Dónde:

T = Ancho de inundación de la vía (m)

K_U : 0.376, sistema métrico

n = Coeficiente de Manning pavimento 0.016

Q = Caudal total de escorrentia (m^3/s)

S_x = Pendiente transversal de la vía.

S_L = Pendiente longitudinal de la vía.

b) Cálculo de la profundidad del agua junto al andén.

La profundidad del flujo junto al sardinel se calcula con la siguiente expresión:

$$d = TS_x$$

Una vez obtenidos estos valores, se compara el valor de "T" con el ancho de inundación máximo permitido para la vía, y el valor de "d" con la altura del sardinel. Si estos valores se cumplen, se procede al siguiente paso. Si se exceden estos valores, se debe contraer el área de drenaje colocando un sumidero doble y se repiten los pasos anteriores para verificar que los valores de los parámetros mencionados sean satisfactorios. Otra opción es la creación de sumideros con rejillas transversales para unificar las rejillas que se encuentran a ambos



lados de la vía.

10.1.1.5. Paso 5 del diseño de sumideros.

Se calcula el caudal interceptado " Q_i " por el sumidero, según el siguiente procedimiento calculando por separado el caudal que es recogido por la rejilla y el que recoge el acceso lateral:

a) Cálculo del flujo interceptado por la rejilla.

El caudal interceptado por la rejilla Q_1 se calcula mediante la siguiente expresión:

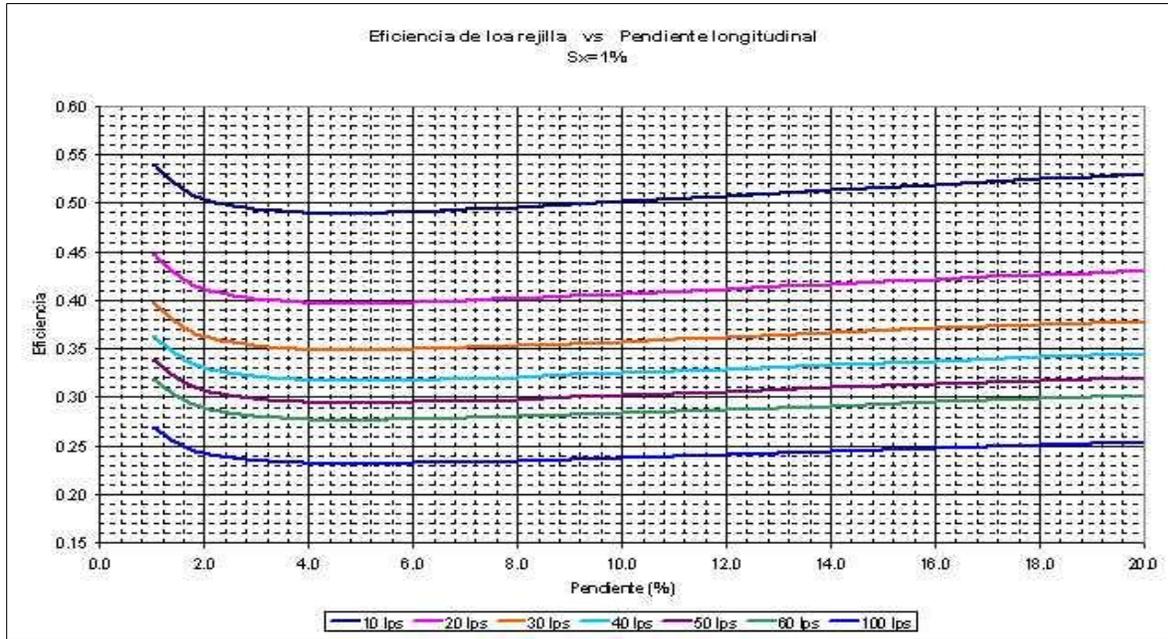
$$Q_1 = E * Q$$

Siendo E la eficiencia de la rejilla, y Q el caudal por la vía.

La eficiencia de la rejilla E se determina a partir de las figuras que corresponden a las pendientes de 1% y 2% respectivamente.

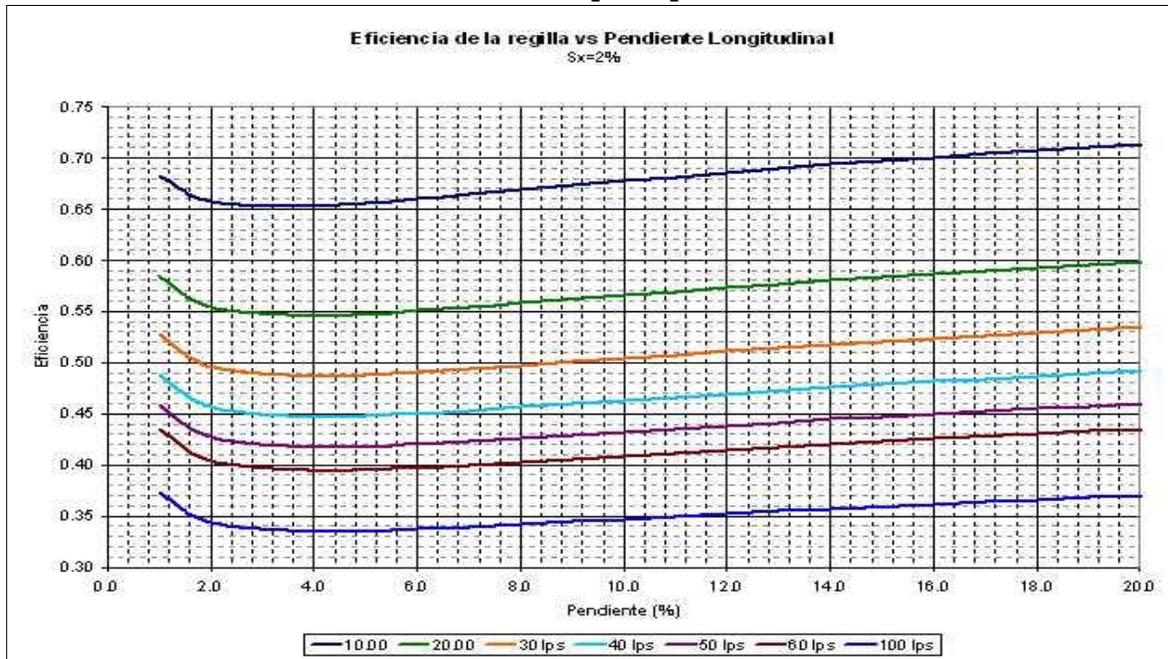


Ilustración 22 Calculo de la eficiencia para pendientes S_x de 1%



Fuente: NS-047, EAB.

Ilustración 23: Calculo de la eficiencia para pendiente S_x de 2%



Fuente: NS-047, EAB.

Para caudales superiores a los contemplados en la gráfica determine la eficiencia con el valor para 100 l/s.



Se asume la gráfica para pendientes S_x de 1% y 2% ya que son las más representativas al momento de realizar los cálculos de eficiencia.

b) Cálculo del flujo captado por la apertura lateral.

Para la altura de la apertura lateral del sumidero de 15 cm, el caudal captado se calcula con el siguiente procedimiento:

1. Para efectos del diseño, se calcula la longitud requerida por la apertura lateral como si se fuese a captar la totalidad del caudal de escorrentía sobre la vía:

$$L_T = K_u Q^{0.42} S_L^{0.3} \left(\frac{1}{n S_x}\right)^{0.6}$$

Dónde:

- L_T = Longitud de la apertura para captar el 100% del flujo en la vía.
 - K_u : 0.817 (sistema metrico)
 - Q = se refiere al caudal total que corre por la vía
2. Se calcula la eficiencia de la captación para la longitud de la apertura establecida para el sumidero:

$$E = 1 - \left(1 - \frac{0.85}{L_T}\right)^{1.8}$$

Dónde:

0.85 Es la longitud de apertura lateral real en metros del acceso lateral para el sumidero típico contemplado en la norma.

3. Se calcula el caudal captado por la apertura.

$$Q_2 = E * Q$$

El valor del caudal total interceptado por el sumidero " Q_i " equivale a la suma de los caudales captados por la rejilla Q_1 y la apertura lateral Q_2 .

10.1.1.6. Paso 6 del diseño de sumideros.

Se determina el caudal *no captado* por el sumidero, Q_b :

$$Q_b = Q - Q_i$$



10.1.1.7. Paso 7 del diseño de sumideros.

En el caso de que el caudal no captado por el sumidero sea muy grande, y no sea posible disminuirlo de manera eficiente colocando otro sumidero contiguo, se procede a cambiar esos sumideros por una rejilla transversal, que se dimensiona de la siguiente manera:

$$L = \frac{2 * Q}{e * c * b * (2 * g * E)^{0.5}}$$

Donde:

- L = Longitud de la rejilla transversal (m).
- Q = Caudal de diseño $\left(\frac{m^3}{s}\right)$
- e = Área libre / Área total (adimensional)
- c = Coeficiente de descarga del sumidero (adimensional): 0.6
- b = Ancho del sumidero transversal (ancho de la calle) (m)
- g = Aceleración de la gravedad $\left(\frac{m}{s}\right)$
- E = Energía específica sobre la rejilla (m)

10.1.1.8. Paso 8 del diseño de sumideros.

Se continúa con el siguiente sumidero localizado aguas abajo, teniendo en cuenta que existe un caudal de sobrepaso o no captado Q_b del sumidero anterior, el cual debe sumarse al caudal tributario al sumidero siguiente para llevar a cabo los pasos anteriores.

Continúe el proceso en el resto de las vías del sector a drenar.

10.1.2. Resumen de sumideros

En la siguiente tabla se muestran los sumideros diseñados por descargas, y en el ANEXO C - MEMORIAS DE CALCULO\SUMIDEROS se encuentra el diseño detallado del cálculo del caudal y todos los parámetros hidráulicos correspondientes, mediante la ecuación de Manning.



Tabla 19: Sumideros contemplados para la inspección de Pradilla en el municipio de El Colegio.

No.	POZO AL QUE LLEGA	TIPO DE SUMIDERO
DESCARGA MODELO ALCANTARILLADO PLUVIAL		
S-1	PPP6	CAJA EN VÍA
S-2	PPP6	CAJA EN VÍA
S-3	PPP8	CAJA EN VÍA
S-4	PPP8	CAJA EN VÍA
S-5	PPP10	CAJA EN VÍA
S-6	PPP10	CAJA EN VÍA
S-7	PPP22	CAJA EN VÍA
S-8	PPP22	CAJA EN VÍA
S-9	PPP19	CAJA EN VÍA
S-10	PPP19	CAJA EN VÍA
S-11	PPP28	CAJA EN VÍA
S-12	PPP28	CAJA EN VÍA
S-13	PPP33	CAJA EN VÍA
S-14	PPP33	CAJA EN VÍA
S-15	PPP35	CAJA EN VÍA
S-16	PPP35	CAJA EN VÍA
S-17	PPP42	CAJA EN VÍA
S-18	PPP42	CAJA EN VÍA
S-19	PPP26	CAJA EN VÍA
S-20	PPP26	CAJA EN VÍA
S-21	PPP32	CAJA EN VÍA
S-22	PPP32	CAJA EN VÍA
S-23	PPP37	CAJA EN VÍA
S-24	PPP37	CAJA EN VÍA
S-25	PPP42	CAJA EN VÍA
S-26	PPP42	CAJA EN VÍA
S-27	PPP25	CAJA EN VÍA
S-28	PPP25	CAJA EN VÍA
S-29	PPP31	CAJA EN VÍA
S-30	PPP31	CAJA EN VÍA
S-31	PPP47	CAJA EN VÍA
S-32	PPP47	CAJA EN VÍA
S-33	PPP53	CAJA EN VÍA
S-34	PPP53	CAJA EN VÍA
S-35	PPP50	CAJA EN VÍA



No.	POZO AL QUE LLEGA	TIPO DE SUMIDERO
S-36	PPP50	CAJA EN VÍA
S-37	PPP52	CAJA EN VÍA
S-38	PPP52	CAJA EN VÍA
S-39	PPP28	CAJA EN VÍA
S-40	PPP28	CAJA EN VÍA
S-41	PPP33	CAJA EN VÍA
S-42	PPP33	CAJA EN VÍA
S-43	PPP55	CAJA EN VÍA
S-44	PPP55	CAJA EN VÍA
S-45	PPP56	CAJA EN VÍA
S-46	PPP56	CAJA EN VÍA
S-47	PPP59	CAJA EN VÍA
S-48	PPP59	CAJA EN VÍA
S-49	PPP38	CAJA EN VÍA
S-50	PPP38	CAJA EN VÍA

Fuente: ANEXO C - MEMORIAS DE CALCULO\SUMIDEROS. Consultoría 2021.

10.2. INTERSECCIONES DE ALCANTARILLADO.

Para evaluar las intersecciones que se presentaran en la construcción de las redes de alcantarillado en el municipio se realizó la verificación entre redes de alcantarillado sanitario y pluvial.

Se evaluaron las intersecciones entre el sistema de alcantarillado sanitario y pluvial, donde se encontró que existen 16 intersecciones para las cuales se encuentran graficadas en el anexo F. PLANOS y la memoria de cálculo se encuentra en ANEXO C - MEMORIAS DE CALCULO\INTERSECCIONES.

Adicionalmente se realizó el análisis de las intersecciones entre las tuberías de conexión de los sumideros y el alcantarillado sanitario donde se encontró que existen 30 intersecciones las cuales se encuentran en la memoria de cálculo en el ANEXO C - MEMORIAS DE CALCULO\INTERSECCIONES.



11. DISEÑO ESTRUCTURAL PARA CONSTRUCCIÓN

A continuación, se describen los detalles estructurales de las obras a implementar:

11.1. UNIÓN DE COLECTORES

La unión de tramos de la res de alcantarillado se realiza mediante estructuras denominadas pozos de unión o pozos de inspección, que permiten el cambio de dirección en el alineamiento horizontal o vertical, el cambio de diámetro o sección, y las labores de inspección, limpieza y mantenimiento general del sistema.

La distancia máxima permitida entre pozos depende del tipo de maquinaria utilizada para el mantenimiento del alcantarillado. Estos deben ser construidos cada 80 a 120m, al igual siempre que exista un cambio de dirección, pendiente, intersección de tuberías, cambios de diámetros, material y en conexiones domiciliarias de conjuntos residenciales.

El pozo puede construirse en mampostería o concreto, en el sitio o prefabricado, y sus dimensiones están ya estandarizadas, por lo general, las cuales para el diseño realizado varían entre diámetros de la circunferencia interna de 1.20 metros, 1.50 metros y 1.80 metros. Tiene diversas formas geométricas, y consta generalmente de los siguientes elementos:

- Cubierta y Acceso: Generalmente de 0.60m de diámetro en hierro fundido, fibra o Hierro-concreto
- Cilindro o cuerpo de pozo: típicamente posee paredes entre 0.25m y 0.37m de espesor y pueden alcanzar profundidades de 4.00m o mas, su diámetro mínimo es de 1.20m y depende del diámetro de la tubería de salida.
- Cañuela: canal semicircular en concreto de 3000psi.
- Placa de Fondo o Base

11.1.1. Espesor de Muros

11.1.1.1. Pozo de Inspección Cilíndrico en Mampostería

El espesor de pared del pozo varia entre 0.25 y 0,37 m dependiendo de la profundidad del mismo, en este caso los ladrillos deben estar dispuestos en forma radial y tangencial donde cada hilada debe ser alternada.

11.1.1.2. Pozo de Inspección Prefabricado y Fabricado in Situ

- Muro de Mampostería en la zona cilíndrica: El espesor de pared debe ser de 0,25 m cuando la profundidad del pozo medida desde la rasante hasta la batea de la tubería más baja sea menor o igual a 4 m, y de 0,37 m para profundidades entre 4 m y menores o iguales a 7 m.



11.1.2. Placa de Fondo o Base

La parte inferior del pozo de inspección consiste en una placa circular de concreto reforzado con resistencia a compresión $f'c = 28 \text{ MPa}$ (280 kg/cm^2) y tamaño máximo de agregado 19 mm ($3/4''$) y una retícula de refuerzo constituida por barras de acero de resistencia $f_y = 420 \text{ MPa}$ (4200 kg/cm^2), espaciado uniformemente cada $0,15 \text{ m}$ en ambos sentidos. El diámetro de la placa depende del espesor del muro de mampostería, para espesor de muro de $0,25 \text{ m}$, el diámetro de la placa de base será de $1,70 \text{ m}$, y cuando el espesor de muro sea de $0,37 \text{ m}$, el diámetro de la placa de base será de $1,95 \text{ m}$.

Sobre la base se deben configurar las cañuelas correspondientes con concreto de segunda etapa con resistencia a compresión $f'c = 17,5 \text{ MPa}$ (175 kg/cm^2) y tamaño máximo de agregado 38 mm ($1\frac{1}{2}''$), impermeabilizado integralmente.

La placa debe ser construida sobre un solado en concreto de baja resistencia $f'c = 14 \text{ MPa}$ (140 kg/cm^2), tamaño máximo de agregado 38 mm ($1\frac{1}{2}''$), de 50 mm de espesor.

11.1.3. Cilindro de Mampostería

Construido en mampostería de ladrillo, utilizando ladrillo tolete y mortero de pega con resistencia mínima $f'c = 12,5 \text{ MPa}$ (125 kg/cm^2), impermeabilizado integralmente. Debe ser totalmente cilíndrico en toda su altura y debe ser revestido internamente con pañete impermeabilizado. Externamente debe tener un recubrimiento con Geotextil para Subdrenajes en toda la altura del cilindro.

El geotextil de recubrimiento se dobla sobre la parte superior del cilindro del pozo antes de la colocación de la placa de cubierta, previa colocación del mortero de nivelación sobre el geotextil.

El espesor del pañete, tanto interno como externo, debe ser mínimo de 10 mm .

11.1.4. Placa de Cubierta para Pozo Cilíndrico en Mampostería

La placa de cubierta en donde se ubica el acceso debe ser prefabricada en concreto reforzado utilizando concreto de resistencia a compresión $f'c = 35 \text{ MPa}$ (350 kg/cm^2) y tamaño máximo de agregado 19 mm ($3/4''$).

La altura de la placa de cubierta debe ser de $0,25 \text{ m}$ y el diámetro externo varía dependiendo el diámetro de la circunferencia interna. El orificio de acceso (manhole) debe ser concéntrico y como mínimo de $0,60 \text{ m}$ de diámetro interno.

El acero de refuerzo debe ser dispuesto en forma radial, alrededor de un hueco de acero circular de $0,60 \text{ m}$ de diámetro interno dispuesto en forma concéntrica. El refuerzo debe estar constituido por flejes ubicados radialmente y aros hechos de barras de acero dispuestas en forma circular concéntrica y ubicada en ambas caras de la placa.

Para facilitar la manipulación de las placas de cubierta, se deben instalar durante su fabricación por lo menos tres (3) ganchos que permitan su izaje. Los ganchos se deben



disponer con una separación uniforme entre ellos de 120° y una distancia del borde interno del acceso de 0,15 m. Se utilizarán para su fabricación varillas de 19 mm (3/4") de 420 MPa (4200 kg/ cm²) de resistencia a la tensión.

Los ganchos deben tener una altura total de 0,30 m y un ancho de 0,15 m. Los ganchos se alojarán en huecos constituidos por tubos lisos PVC de 1" de diámetro embebidos en el concreto.

El borde superior externo de la placa de cubierta deberá ser acartelado a 45°, midiendo 25 mm desde el borde teórico, para evitar su deterioro en servicio y para mejorar la unión con el pavimento.

11.1.5. Placa de Cubierta para pozos

En Concreto reforzado con resistencia a la compresión $f'c=28$ MPa (280 kg/ cm²) y tamaño máximo de agregado 19 mm (3/4"). Debe tener embebida una arobase para la tapa de acceso. La altura de la placa de cubierta debe ser de 0.21 m y el diámetro externo de 1,0 m. El orificio de acceso (manhole) debe ser concéntrico y como mínimo de 0,60 m de diámetro interno.

Para facilitar la manipulación de las placas de cubierta, se deben instalar durante su fabricación por lo menos tres (3) ganchos que permitan su izaje. Los ganchos se deben disponer con una separación uniforme entre ellos de 120° y distanciados de los bordes de la palca. Se utilizarán para su fabricación varillas de 5/8" de 420 MPa (4200 kg/ cm²) de resistencia a la tensión.

Los ganchos se alojarán en huecos constituidos por tubos lisos PVC de 3/4" de diámetro embebidos en el concreto.

La placa de cubierta se debe instalar sobre una capa de mortero fluido que presente un slump mínimo de 50 mm.

El borde superior externo de la placa de cubierta deberá ser acartelado a 45°, midiendo 10 mm desde el borde teórico, para evitar su deterioro en servicio y para mejorar la unión con el pavimento.

11.1.6. Tapas de Acceso

Se clasifican en convencionales y tipo cilíndrico.

- Altura y Diámetro: Los valores de las alturas se relacionan a continuación permitiéndose una tolerancia de +/- 2mm y para diámetros de +/- 5mm.

Tabla 20 ejemplo de tapa de acceso

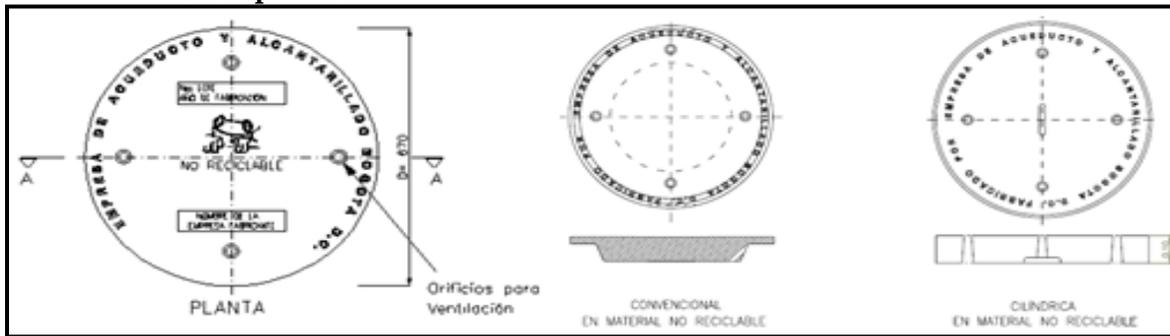
CLASE	ALTURA (cm)	DIAMETRO (cm)
Convencional	Mínimo 7	67
Tipo Cilindro	10	70

Fuente: Consultoría 2021.

Las tapas tipo cilindro deben tener una dimensión entre 698 mm - 701 mm y la cavidad de apoyo del cargue debe estar entre 709 mm - 712 mm, teniendo en cuenta que la dimensión base de las tapas es de 70 cm y la cavidad de apoyo del cargue es de 71 cm.

- Orificio: Mínimo 4 orificios de ventilación, con diámetro superior mínimo de 25mm e inferior mínimo de 38mm, ubicados como mínimo a 180 mm del centro de la tapa cada 90°.
- Rotulado: 1. Marca registrada, logotipo y nombre de fabricante, 2. Lote de producción o fecha de fabricación, 3. Leyenda, 4. El logo símbolo de la Empresa de Servicios Públicos, 5. El texto: NO RECICLABLE.

Ilustración 24 tapa de acceso



Fuente: Consultoría 2021.

11.1.7. Escalera de Acceso

Constituidas con varillas de acero corrugada de 19 mm (3/4") de 420 MPa (4200kg/cm²), de resistencia a la tensión. Deben tener un ancho de 0.40 m, estar separadas de la superficie interna del pozo 0.20 m., y la separación entre cada paso debe ser de 0.40 m.

Las escaleras de acceso deben estar protegidas contra la corrosión con la aplicación de una pintura epóxica.

alternativas en función del tipo de red y la profundidad de instalación:

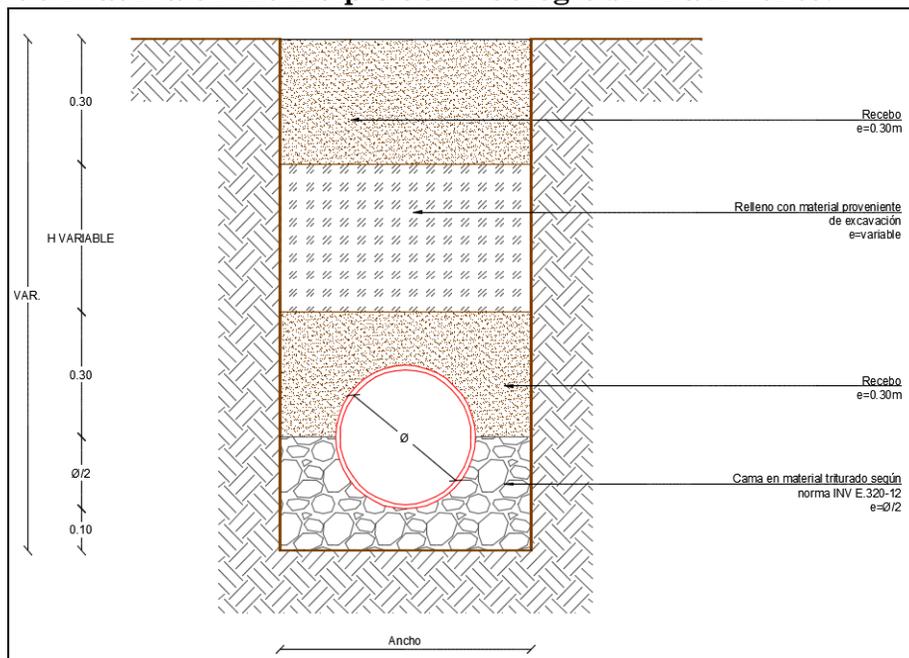
- Se observa según el diseño hidráulico que la profundidad de instalación de las redes de alcantarillado pluvial está entre 0.75m y 5.00m, para estas condiciones de instalación se recomienda la utilización de excavaciones a cielo abierto de pared vertical con entibado en madera continuo ED1. El tipo de cimentación a utilizar será Tipo 2 para tuberías rígidas en todo el tramo a construir.

Tabla 21 Anchos de zanjas tomadas para la cimentación de las tuberías

Diámetro Nominal		Diámetro	Diámetro	Rigidez		Bd	Long
		Interno mm	Externo m	psi	Kg/m2	m	efec (m)
200-S8	mm	182.00	0.200	57.00	40084.39	0.80	5.88
250-S8	mm	227.00	0.250	57.00	40084.39	0.80	5.85
315-S8	mm	284.00	0.315	57.00	40084.39	0.80	5.80
355-S8	mm	327.00	0.355	57.00	40084.39	0.80	5.81
400-S8	mm	362.00	0.400	57.00	40084.39	0.80	5.76
450-S8	mm	407.00	0.450	57.00	40084.39	0.85	5.73
500-S8	mm	452.00	0.500	57.00	40084.39	0.90	5.70
24-S4	pulgadas	595.00	0.656	28.00	19690.58	1.06	5.65
27-S4	pulgadas	670.00	0.730	28.00	19690.58	1.13	5.61
30-S4	pulgadas	747.00	0.813	28.00	19690.58	1.21	5.55
33-S4	pulgadas	824.00	0.898	28.00	19690.58	1.30	5.48
36-S4	pulgadas	900.00	0.980	28.00	19690.58	1.38	5.48

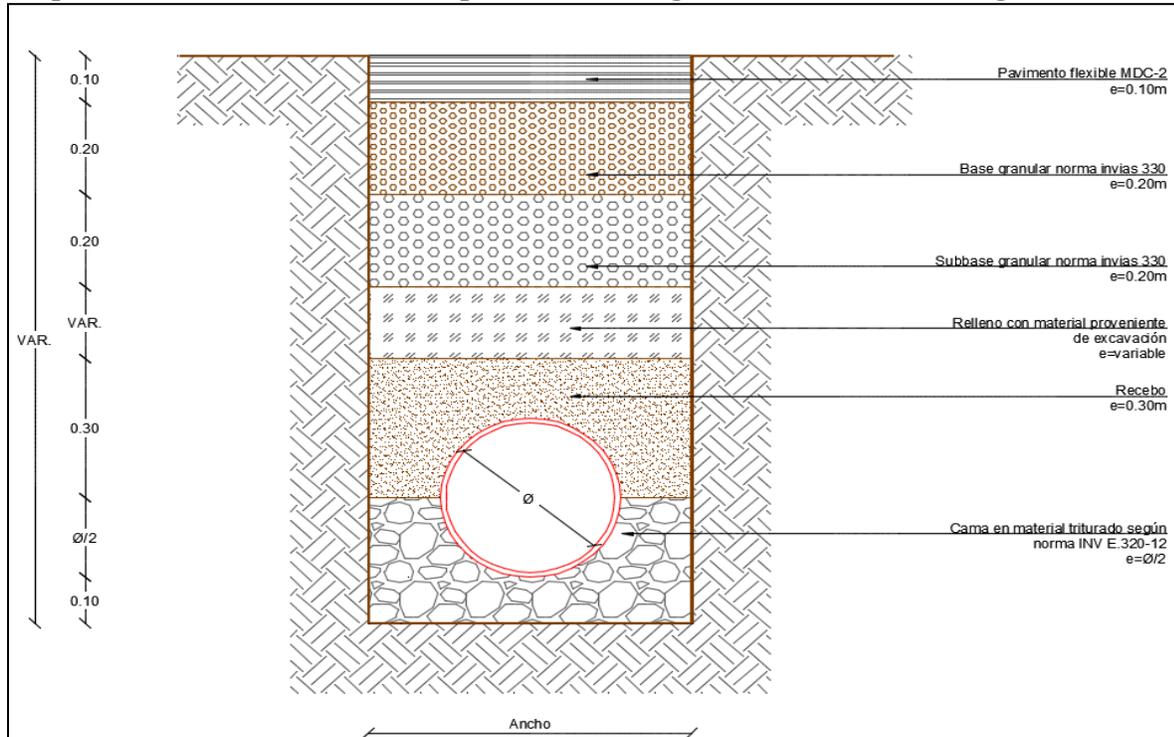
Fuente: Manual de diseño, PAVCO.

Ilustración 27 Detalle de Cimentación para Tuberías de Alcantarillado de la inspección de Pradilla en municipio de El Colegio sin Pavimento.



Fuente: ANEXO F PLANOS

Ilustración 28 Detalle de Cimentación para Tuberías de Alcantarillado en la inspección de Pradilla municipio de El Colegio con Pavimento Rígido.



Fuente: Plano DAL5-DIS-AS-19. Consultoría 2021.

De los materiales presentados se utilizará material triturado para el atraque de los tubos de las redes de alcantarillado y para los rellenos se utilizará recebo, material de sitio compactado, recebo compactado para las vías que no están sobre vías; para las tuberías que serán instaladas sobre las calzadas vehiculares en adoquín, pavimento flexible y pavimento rígido se cambiara el material de sitio por base y sub-base. Como material de terminado se colocará el material de asfalto o el que requiera el proyecto.

11.3. ALTERNATIVA PARA REHABILITACIÓN Y/O RENOVACIÓN DE REDES DE ALCANTARILLADO

Para realizar la renovación y/o rehabilitación de toda la red local del alcantarillado sanitario y pluvial dentro de los polígonos que hacen parte del presente contrato se plantean dos alternativas de construcción que corresponden a renovación de tuberías por zanja a cielo abierto y por metodología sin zanja como fue expuesto anteriormente.

1.5 CONSTRUCCIÓN A CIELO ABIERTO

Durante la ejecución de esta alternativa, se hace necesario excavar a lo largo de toda la tubería a intervenir, zanjas cuyo ancho y profundidad dependen de los diámetros de los tubos

a reemplazar y del promedio de las cotas levantadas en terreno. Es realmente el método más antiguo y utilizado en los proyectos de ingeniería civil.

Ilustración 29 Excavación a cielo abierto



Fuente: Gobierno del estado Guerrero – México

- Estrategia de aplicación del método: Realizar la excavación de las zanjas calle por calle, de tal manera que se genere el menor impacto posible en el tránsito de la zona y en el desarrollo de la vida cotidiana de los vecinos del sector.
- Ventajas: Remoción definitiva de tubería en mal estado, reemplazándola por tubería prefabricada en excelentes condiciones y bajo las exigencias de las normas vigentes y competentes para el caso.
- Componente ambiental: No requiere de maquinaria muy sofisticada, por tanto, la emisión de gases y ruido es relativamente reducida.
- Componente social: En esta alternativa se debe acopiar durante un período de tiempo, el material excavado; lo que generaría reducción de espacios públicos de circulación temporalmente, obstrucción de accesos a las casas de los vecinos del sector, por tanto, hay que generar un plan de tránsito. Pero su grado de contaminación auditiva y de emisión de gases es controlable.
- Disponibilidad de área adicional: Se requiere de una franja de exactamente la misma longitud de la excavación y paralela a esta, disponible con el propósito de depositar temporalmente el material excavado, que luego será utilizado en el relleno de la zanja que se excave.



12.PRESUPUESTO

En el ANEXO G PRESUPUESTO Y ESP TECNICAS se presenta el presupuesto de la alternativa seleccionada, la cual incluye lista de insumos y equipos, cantidades de obra, análisis de precios unitarios, cotizaciones y especificaciones técnicas de construcción, las cuales consiste en la rehabilitación y renovación de tuberías de Alcantarillado Sanitario y pluvial para el casco urbano de la inspección de Pradilla del municipio de El Colegio. A continuación, se presenta el resumen del presupuesto, para alcantarillado sanitario y pluvial:

Tabla 22 Resumen del presupuesto para las redes de alcantarillado del municipio de Subachoque

ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL			
ITEM	DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL	INCIDENCIA
1.0	PRELIMINARES	\$ 759,302,846	12.94%
2.0	EXCAVACIONES Y RELLENOS	\$ 1,444,043,282	24.61%
3.0	POZOS DE INSPECCION	\$ 705,500,117	12.02%
4.0	PAVIMENTOS	\$ 799,601,417	13.63%
5.0	SUMINISTROS TUBERÍA Y ACCESORIOS	\$ 931,505,193	15.87%
6.0	INSTALACIÓN DE SUMINISTROS TUBERÍA Y ACCESORIOS	\$ 56,032,007	0.95%
7.0	DOMILIARIAS Y SUMIDEROS	\$ 1,022,622,544	17.43%
8.0	HINCAMIENTO DE TUBERIA POR PERFORACIÓN RAMMING PARA PASO VIA DEPARTAMENTAL	\$ 144,919,765	2.47%
9.0	RECONSTRUCCION CABEZAL DE DESCARGA	\$ 4,264,431	0.07%

SUBTOTAL OBRA CIVIL		\$ 4,936,286,409.00
SUBTOTAL SUMNISTROS		\$ 931,505,193.00
TOTAL COSTO DIRECTO		\$ 5,867,791,602.00
administración obra	25.50%	\$ 1,258,753,035.00
imprevisto	1.00%	\$ 49,362,865.00
utilidades	5.00%	\$ 246,814,321.00
A.I.U	31.50%	\$ 1,554,930,221.00
VALOR OBRA CIVIL (CD+CI)		\$ 6,491,216,630.00
administración a suministro	10.50%	\$ 97,808,046.00
VALOR SUMINISTROS (CD+CI)		\$ 1,029,313,239.00
TOTAL COSTO OBRAS + SUMINISTROS		\$ 7,520,529,869.00
INTERVENTORIA	Obra Civil 7.77%	\$ 504,238,914.00
	Suministros 4.00%	\$ 41,172,530.00
TOTAL INTERVENTORIA		\$ 545,411,444.00
COSTO TOTAL PROYECTO (OC+SUM+INTER)		\$ 8,065,941,313.00
SEGUIMIENTO ENTIDAD	2.00%	\$ 161,318,827.00
		\$ 8,227,260,140.00
TOTAL CONSTRUCCIÓN DE REDES DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO		\$ 8,227,260,140.00

Fuente: Consultoría 2021.

Los costos indirectos fueron estimados teniendo en cuenta el personal que se proyecta para la ejecución de la obra, así como equipos y elementos necesarios y los costos institucionales que se deben costear.



Para la estimación de los costos de interventoría, de igual manera se realizó la estimación, del personal, equipos, elementos y costos institucionales atribuibles a la interventoría, obteniendo el porcentaje del valor de la obra civil. Adicionalmente se estimó una interventoría del 8.54% para los suministros, puesto que este valor es el recomendado, el soporte se puede encontrar en el Anexo G-2. Cantidades y presupuesto.



13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la actualidad el sistema de alcantarillado del municipio del casco urbano de la inspección de Pradilla del municipio de El Colegio Cundinamarca es ineficiente, debido a que se encuentra combinado con las aguas lluvias por medio de sumideros y conexiones erradas de tuberías, esto ha conllevado a que en época invernal se presente presurización de la tubería en algunos tramos, llegando hasta el punto de que el volumen de agua que ingresa al sistema estallen las tuberías y salgan por las cajas o pozos de inspección generando en la población un descontento generalizado debido a todos los tipos de afectaciones a los que se ven expuestos.

Con base en esta premisa se plantea el diseño de redes de alcantarillado sanitario, que solucionen los problemas evidenciados en el diagnóstico general realizado en el producto 1, para lograr esto en primera medida se planteó la construcción de 2624.41 metros aproximadamente de tubería para alcantarillado sanitario de 8 pulgadas de diámetro, este sin ningún tipo de conexión errada, con el fin de garantizar la eficaz evacuación de las aguas servidas que generan los suscriptores actuales y futuros contemplados en esta consultoría y que todas estas aguas residuales sean conducidas a la PTAR proyectada por el del municipio.

La segunda medida por la que se optó es el diseño de un completo sistema de redes de alcantarillado pluvial que sea capaz de transportar el caudal calculado para un periodo de retorno de 5 años en función al área drenada, el cual cuenta con una longitud de 1670.75 metros en tubería en PVC que varía entre 10 pulgadas y 24 pulgadas, además de la recolección de aguas con sumideros debido a que actualmente el sistema no cuenta con estos, posteriormente los colectores diseñados se plantean que lleguen al cabezal de entrega existente actualmente usado como descarga del alcantarillado sanitario, esto debido a que actualmente las descargas del alcantarillado combinado se hacen en predios privados lo que genera malestar en la comunidad El valor proyectado para la CONSTRUCCIÓN DE REDES DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIO de la inspección de Pradilla en el municipio de El Colegio – Cundinamarca es de **\$ 6,954,172,049.00**



14.BIBLIOGRAFÍA

FAIR, GEYER Y KOUN. Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales. 1973.

LÓPEZ CUALLA, Ricardo A. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Bogotá. Escuela Colombiana de Ingeniería, 2002. p.295.

VARGAS R. DIAZ GRANADOZ M. Curvas Sintéticas de Intensidad – Duración –Frecuencia para Colombia.

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, Guías RAS. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico, Bogotá Abril de 2004.

MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000. Título D. Bogotá 2000.

NORMAS TÉCNICAS GEOTÉCNICAS ALCANTARILLADOS SANITARIOS Y PLUVIALES.