FORMULACIÓN DEL PLAN MAESTRO DE ALCANTARILLADO DEL CENTRO POBLADO DEL CORREGIMIENTO DE PALERMO EN EL MUNICIPIO DE PAIPA

PRODUCTO 1. ESTUDIO DE DRENAJES

CONSULTOR

T&M INGENIERIA Y SOLUCIONES AMBIENTALES S.A.S.

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 619 DE 2023

CONTRATISTA
IDEAR ACE INGENIERÍA S.A.S NIT
No. 901.576.720-5

NOVIEMBRE
2023

CONTROL DE CAMBIOS

Fecha	Versión	Revisado por:	Aprobado por:
20/09//2023	01		
Firma:			

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 8
1. ESTUDIO DE DRENAJE 10
1.1 EVALUACIÓN DEL DRENAJE URBANO 10
1.2 EVALUACIÓN DE AGUAS SERVIDAS Y AGUAS LLUVIAS QUE DISCURREN POR EL MUNICIPIO 11
2. IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE CANALES, INTERCEPTORES Y COLECTORES 12
2.1 CANALES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO 12
2.2 COLECTORES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO 12
2.3 INTERCEPTORES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO 15
3. ANÁLISIS DE LOS ESTUDIOS Y PROYECTOS EXISTENTES 15
4. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LAS CORRIENTES, TRAMOS O CUERPOS DE AGUA RECEPTORES DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL ÁREA URBANA. ... 16
4.1 RÍO PALERMO (CHONTALES) 16
5. ZONAS SUSCEPTIBLES DE INUNDACIÓN 18
6. EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES EFECTOS SOBRE EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO POR CRECIENTES EN PERIODOS DE RETORNO SUPERIORES A 50 AÑOS 20
6.1 DISEÑO DE LAS MEDIDAS DE PROTECCIÓN NECESARIAS PARA MITIGAR LOS IMPACTOS POR CRECIENTES EN PERIODOS DE RETORNO SUPERIORES A 50 AÑOS 21
7. SOLUCIONES DE DRENAJE QUE INVOLUCREN LA APLICACIÓN DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS) 21
8. DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS CORRIENTES, TRAMOS Y FUENTES CUERPOS DE AGUA RECEPTORAS DE LAS AGUAS RESIDUALES, ACTUALMENTE OBJETO DE VERTIMIENTOS POR EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO 22

8.1 DESCRIPCIÓN DE LOS CUERPOS RECEPTORES DE AGUAS RESIDUALES 22

8.2 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS CUERPOS RECEPTORES DE AGUAS RESIDUALES 24

9. FORMULACIÓN DE SOLUCIONES PARA LA ELIMINACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS EXISTENTES 25

9.1 INTERCEPTOR PARA EL SANEAMIENTO AMBIENTAL DEL RÍO PALERMO 28

10. PLANEACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES 28

11. DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE 29

11.1 DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE 29

11.2 CARACTERIZACIÓN DE AGUAS SERVIDAS TENIENDO EN CUENTA TIPO, MATERIAL Y FUNCIONALIDAD DE LOS COLECTORES 33

11.3 SECTORIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE DRENAJE 33

11.4 ASPECTOS COMPLEMENTARIOS QUE INFLUYEN EN EL BALANCE HÍDRICO Y LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS VERTIMIENTOS 34

11.4.1. Pérdidas 34

11.4.2. Conexiones erradas 35

11.4.3. Caudales de infiltración 35

11.5. IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DE OBRAS Y ACCIONES 35

12. HIDROLOGÍA CORREGIMIENTO DE PALERMO, PAIPA 36

12.1. DESCRIPCIÓN GENERAL 36

12.2. ZONAS DE VIDA 37

12.3. FORMACIÓN GEOLÓGICA DE LA ZONA 38

12.3.1. Formación Palermo (TrJp). 38

12.3.2. Formación Montebel (Jim). 38

12.3.3. Formación La Rusia (Jru). 39

12.3.4. Formación Arcabuco (Jar). 39

12.4. ZONIFICACIÓN DEL USO DEL SUELO 39

12.5. INFORMACIÓN HIDROLOGICA 39

12.5.1. HIDROLOGIA REGIONAL 39

12.5.2. HIDROLOGÍA PALERMO 40

12.5.2.1. PRECIPITACIÓN 40

12.5.2.2. CURVAS INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA (IDF) 42

12.5.2.3. TORMENTAS DE DISEÑO SEGÚN LA ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA. 43

12.5.2.4. HIETOGRAMA DE DISEÑO PARA MODELACIÓN PLUVIAL DEL ALCANTARILLADO 47

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 50

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ubicación geoespacial de los puntos de vertimientos. 10
Ilustración 2. Cuencas y subcuencas del corregimiento de Palermo 11
Ilustración 3. Drenajes del corregimiento de Palermo 14
Ilustración 4. Río receptor de los vertimientos. 17
Ilustración 5. Ubicación de los puntos de vertimientos del agua residual. 18
Ilustración 6. Amenaza por inundación del corregimiento de 20
Ilustración 7. Fuente receptora del sistema de alcantarilla y puntos de 22
Ilustración 8. Ubicación de los puntos de vertimientos del agua residual. 23
Ilustración 9. Estado sumideros existente en el corregimiento Palermo 32
Ilustración 10. Formaciones geológicas de la zona 38
Ilustración 11. Ubicación geoespacial de la estación PALERMO [24010870] en el corregimiento de PALERMO. 41
Ilustración 12. Información de la estación pluviométrica PALERMO [24010870] 42

ÍNDICE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1. Vista aérea dron del corregimiento de Palermo..... 37

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Colectores del sistema de alcantarillado del corregimiento de Palermo 12
Tabla 2. Escenarios de proyección de carga contaminante 16
Tabla 3. Ubicación de los puntos de vertimientos del agua residual. 23
Tabla 4. Indicadores y parámetros de calidad definidos por CORPOBOYACÁ 25
Tabla 5. Escenarios de Proyección de Carga Contaminante 26
Tabla 6. Configuración de colectores del sistema de alcantarillado 30
Tabla 7. Áreas de drenaje urbano del corregimiento de Palermo 34
Tabla 8. Unidades climáticas - Zona de estudio 37
Tabla 9. Cálculo de las curvas IDF de la estación PALERMO [24010870] 43
Tabla 10. Precipitaciones para los distintos periodos de tiempo. 44
Tabla 11. Determinación del coeficiente C1 46
Tabla 12. Valores para determinar el coeficiente C2 46

Tabla 13. Valores para determinar el coeficiente C3..... 47
Tabla 14. Tabla No. 16 Períodos de retorno 48
Tabla 15. Intensidad de diseño para modelaciones alcantarillado 48
Tabla 16. Transformación de la intensidad a precipitación..... 49
Tabla 17. Hietograma de diseño para la simulación del evento lluvia-escorrentía..... 49

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Curvas IDF - Estación PALERMO [24010870] ……43
Gráfica 2. Tormentas de diseño estación PALERMO [24010870……..45

INTRODUCCIÓN

En la mayoría de los municipios, así como en muchas ciudades de nuestro país, la presión poblacional, la demanda de tierras y servicios, las condiciones de la infraestructura urbana y la falta de planificación han incrementado de forma exponencial los riesgos por inundaciones debido a la falta o inadecuada capacidad del drenaje de la ciudad.

Las dos características más importantes de una cuenca urbana son el elevado porcentaje de superficie impermeable y la existencia de una red de drenaje artificial con puntos localizados de entrada de agua.

Por su parte, el porcentaje de impermeabilidad de una cuenca urbanizada hace que la infiltración sea reducida, lo que conduce a un aumento del volumen total de escorrentía. Además, al ser la red de drenaje menos rugosa que en el medio natural, la velocidad del agua es mayor y los tiempos de concentración son menores. Estos dos factores conllevan a caudales picos mayores en los hidrogramas de los eventos de precipitación.

Además de estas características, para entender la actual problemática del drenaje urbano, hay que tener en cuenta el crecimiento notable del número de habitantes en los cascos urbanos. La elevada demanda de viviendas en los municipios está produciendo una mayor urbanización del suelo de estos. Como resultado de este proceso, las redes de drenaje se ven obligadas a soportar nuevas cargas para las que no estaban dimensionadas inicialmente. Estas nuevas cargas se traducen en el aumento de la tasa de impermeabilidad y la reducción de la rugosidad del suelo. La consecuencia, es un flujo de agua que discurre con mayor rapidez y una pérdida de la capacidad de laminación natural de la cuenca dando lugar a inundaciones.

Las tendencias en el diseño del Plan Maestro de Alcantarillado, es la de crear mecanismos de gestión de la infraestructura urbana relacionados no sólo con el manejo de las aguas servidas, sino también, directa o indirectamente con el escurrimiento de las aguas pluviales, para mitigar las pérdidas económicas y obtener un desarrollo sostenible del ambiente urbano. Por tal razón, es importante realizar un estudio de drenaje urbano, en el cual se

evalúe de manera integral el comportamiento hidráulico del sistema de alcantarillado, la calidad del agua, la hidrología de la cuenca receptora, la escorrentía superficial y los efectos de la urbanización en el balance hídrico.

En el presente estudio de drenaje, se presentan los aspectos más importantes de la evaluación integral del sistema de drenaje urbano del corregimiento de Palermo en conjunto con los anexos necesarios para su detalle.

1. ESTUDIO DE DRENAJE

Dando cumplimiento a lo establecido en los Términos de referencia, se realizó el presente estudio de drenaje que contiene una evaluación del drenaje urbano, aguas servidas y aguas lluvias, que discurren por el corregimiento de Palermo, identificación y cuantificación de canales, interceptores y colectores dentro de los estudios del Plan Maestro de alcantarillado en mención.

1.1 EVALUACIÓN DEL DRENAJE URBANO

La red de alcantarillado del corregimiento está constituida por un sistema de drenaje híbrido, siendo el 28% del tipo combinado. Debido a la topografía del casco urbano, los colectores finales del alcantarillado descargan sus aguas a una cuenca en dos puntos diferentes, localizados en el norte del corregimiento.

La zona norte del casco urbano descarga sus aguas lluvias y residuales al rio Chontales. El primer sector recoge las aguas residuales de la parte oeste del corregimiento, recolectando aguas de la salida de Palermo vía Gambita, por medio de tubería en concreto y PVC, este primer sector recolecta agua de 12 pozos sanitarios y descarga en el vertimiento 1. El segundo sector definido desde la escuela hasta la entrada principal al corregimiento, lado este, recolecta aguas residuales y pluviales por medio de 38 pozo, los cuales descargan en el vertimiento 2, ubicado aguas arriba del primer vertimiento.



Ilustración 1. Ubicación geoespacial de los puntos de vertimientos.
Fuente: Grupo Consultor

Todas las cuencas del municipio son componentes de la cuenca del río Sogamoso y por consiguiente del río Magdalena, y tienen su nacimiento y desarrollo en el flanco occidental de la cordillera oriental.

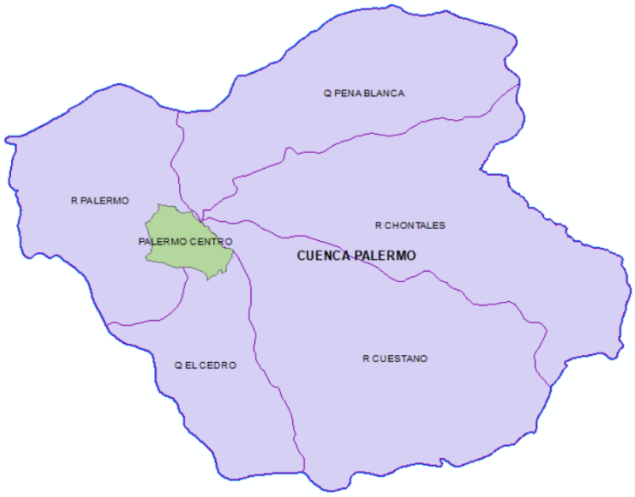


Ilustración 2. Cuencas y subcuencas del corregimiento de Palermo
Fuente: Geoprocesamiento ArcMap - Grupo Consultor

1.2 EVALUACIÓN DE AGUAS SERVIDAS Y AGUAS LLUVIAS QUE DISCURREN POR EL MUNICIPIO

Las aguas servidas que discurren por el corregimiento de Palermo proceden principalmente de actividades domésticas. Adicional a las aguas residuales domésticas, se vierten a la red de drenaje, las aguas residuales del matadero, aportando cargas de tipo orgánico principalmente.

La red de recolección del corregimiento de Palermo es de tipo combinado, recolectando las aguas residuales domésticas a través de las conexiones domiciliarias al sistema, y las aguas lluvias a través de cunetas y sumideros laterales y transversales localizados en diferentes sectores del casco urbano.

A través de la red de drenaje discurre a la quebrada La Venta

La Quebrada La Venta afluente de bajo caudal, cruza el sector urbano de Palermo al costado NE de la Institución Educativa Técnica Agropecuaria de Palermo, aproximadamente por 2 km. Es afluente del Rio Chontales e influye sustancialmente en el sistema de drenaje del municipio, ya que en época de lluvias arrastra vegetación y sedimentos que colmatan las estructuras hidráulicas, causando inundaciones en algunos sectores del casco urbano.

2. IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE CANALES, INTERCEPTORES Y COLECTORES

2.1 CANALES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

En el Corregimiento de Palermo, no se identificaron canales para la recolección de aguas lluvias. Las aguas lluvias son recolectadas a través de sumideros y/o cunetas, las cuales se construyeron en diferentes sectores del sector urbano de Palermo.

En total se identificaron 26 sumideros de aguas lluvias. La localización de los sumideros y detalle de sus características se puede evidenciar en el anexo FICHAS DE SUMIDEROS.

2.2 COLECTORES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

Se identificaron en total 55 colectores. Los colectores 13 y 27 transportan las aguas lluvias y residuales de la mayor parte del municipio, hacia los vertimientos No. 1 y 2.

Tabla 1. Colectores del sistema de alcantarillado del corregimiento de Palermo

Colector No. / Tramo	Pozo inicial	Pozo final	Longitud (m)	Diámetro (pulg)	Material	Pendiente (%)
1	1.00	2.00	59.07	8	PVC	10.00
2	2.00	3.00	2.13	8	PVC	9.20
3	3.00	4.00	82.74	12	PVC	0.60
4	6.00	7.00	95.22	10	PVC	0.46
5	7.00	8.00	34.09	10	PVC	0.85
6	8.00	9.00	5.41	8	PVC	
7	9.00	11.00	67.96	8	PVC	1.28
8	11.00	12.00	13.18	8	PVC	1.05
8.1	10.00	12.00	71.96	10	PVC	1.15
9	12.00	13.00	35.60	8	PVC	9.03

10	13.00	14.00	41.95	8	PVC	
11	14.00	15.00	9.48	8	PVC	12.00
12	15.00	16.00	91.16	8	PVC	37.10
13	16.00	V-1	15.11	8	PVC	20.00
14	5.00	8.00	33.60	10	PVC	3.07
14.1	4.00	5.00	18.35	10	PVC	0.53
16	4.00	47.00	61.40	12	PVC	0.40
17	47.00	48.00	3.81	12	PVC	0.53
18	48.00	46.00	23.65	12	PVC	0.49
19	46.00	43.00	52.29	12	PVC	0.41
20	43.00	42.00	21.96	12	PVC	0.35
21	42.00	41.00	30.42	12	PVC	0.31
22	38.00	39.00	29.42	8	PVC	0.47
23	39.00	40.00	46.86	8	PVC	0.24
24	40.00	41.00	49.52	8	PVC	0.48
25	41.00	49.00	68.89	16	PVC	0.53
26	50.00	49.00	19.47	15	PVC	1.03
27	49.00	V-2	69.86	16	PVC	0.72
28	18.00	17.00	52.03	8	PVC	0.97
29	17.00	26.00	81.55	12	PVC	0.54
30	27.00	26.00	17.39	12	PVC	0.62
31	25.00	26.00	40.12	10	PVC	0.48
32	26.00	28.00	51.15	12	PVC	0.63
33	28.00	29.00	22.99	12	PVC	0.49
34	29.00	45.00	41.83	12	PVC	0.57
35	45.00	46.00	5.42	16	PVC	0.20
36	29.00	45.00	41.88	16	PVC	0.23
37	25.00	24.00	55.06	10	PVC	0.41
38	24.00	31.00	45.47	12	PVC	0.48
39	30.00	31.00	23.72	10	PVC	5.02
40	31.00	44.00	42.63	12	PVC	21.80
41	44.00	42.00	21.74	12	PVC	21.20
42	22.00	21.00	62.91	10	PVC	19.98
43	21.00	20.00	49.97	10	PVC	11.20
44	19.00	20.00	49.83	10	PVC	17.50
45	20.00	23.00	72.35	8	PVC	19.10
46	24.00	23.00	48.25	10	PVC	14.00
47	23.00	32.00	42.50	16	PVC	15.95
48	31.00	32.00	48.25	12	PVC	18.54
49	32.00	41.00	46.21	16	PVC	22.04
50	35.00	34.00	36.76	12	PVC	24.20
51	32.00	33.00	29.69	12	PVC	9.17

52	33.00	34.00	23.98	12	PVC	2.02
54	37.00	36.00	74.71	10	PVC	0.85
55	36.00	39.00	63.10	8	PVC	4.28

Fuente: Grupo Consultor

Los colectores previos a los puntos de vertimiento, en cargados de recibir la descarga final del tránsito del agua residual por todo el sistema y verterlo directamente sin ningún tratamiento al cuerpo receptor (Río Palermo) son los siguientes:

Colector No. 13

El colector final que lleva la recolección tramos arriba hacia el vertimiento No. 1, está sellado sin embargo en el vertimiento se confirma que su tubería es de 8” PVC.

Colector No. 27

El colector del vertimiento No. 2, está compuesto por una tubería de 16 pulgadas en PVC, este tiene como pozo inicial, el pozo N° 16, este se encuentra sellado lo cual imposibilita su acceso a revisión, la llegada de esta tubería al vertimiento confirma que su tubería de salida es de 16” PVC.

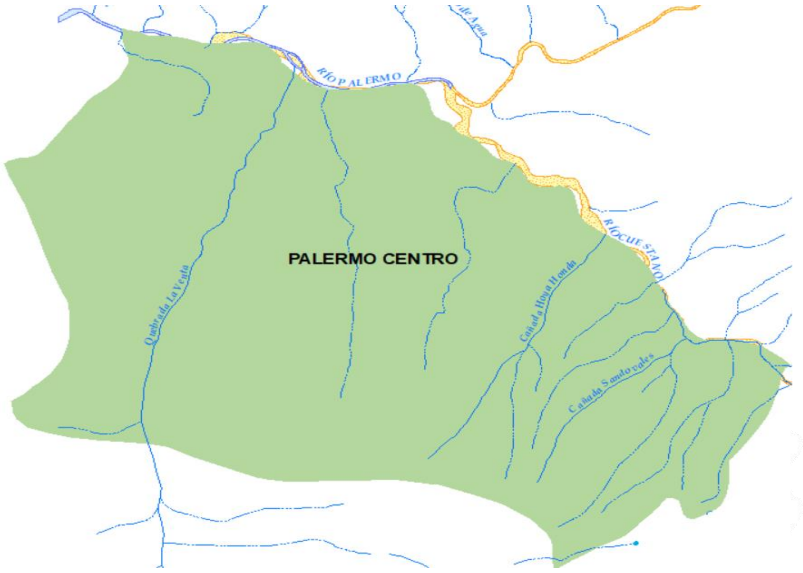


Ilustración 3. **Drenajes del corregimiento de Palermo**
Fuente: Geoprocesamiento ArcMap - Grupo Consultor

2.3 INTERCEPTORES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

De acuerdo con la definición del título D.1.2 del RAS 2000, “un interceptor es un conducto cerrado que recibe las afluencias de los colectores principales, y generalmente se construye paralelamente a quebradas o ríos, con el fin de evitar el vertimiento de las aguas residuales a los mismos”, es decir, que es un conducto que recibe las aguas servidas de los colectores y las transporta hasta la planta de tratamiento, con el fin de evitar la descarga de aguas residuales crudas a las cuencas receptoras.

En la actualidad la red de drenaje urbano del corregimiento Palermo no cuenta con ningún tipo de sistema de tratamiento de aguas residuales, y las aguas servidas son vertidas directamente a la fuente receptora, dicho vertimiento se realiza en dos puntos de la única fuente receptora (Rio Palermo, también conocido como Río Chontales). Por tal razón, se concluye, que en el corregimiento de Palermo no se identificaron interceptores del sistema de alcantarillado.

3. ANÁLISIS DE LOS ESTUDIOS Y PROYECTOS EXISTENTES

Durante el inicio del proyecto, el grupo consultor realizó la recopilación de la información existente para el corregimiento de Palermo, consultando con diferentes entidades. Acerca de los estudios realizados sobre el sistema de alcantarillado, el corregimiento no cuenta con un Plan Maestro de Alcantarillado en los términos señalados para este tipo de estudios, solamente se cuenta con la información del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) realizado en enero de 2015, expedido por la Corporación Autónoma Regional de Boyacá “**Corpoboyacá**”.

Luego de revisar y analizar detalladamente el PSMV del corregimiento de Palermo del municipio de Paipa, también referido por la corporación como Centro Poblado de Palermo se comenta lo siguiente:

I. Se coincide con el PSMV, en que es necesario cumplir con los escenarios de disminución de la carga contaminante proyectada en corto, mediano y largo

plazo con el fin de descontaminar disminuir la cantidad de contaminantes DBO5 [kg/d] y SST [kg/d].

Tabla 2. Escenarios de proyección de carga contaminante

ESCENARIOS DE PROYECCIÓN DE CARGA CONTAMINANTE		
Fuente:	DBO_5(kg/d)	SST(kg/d)
CORTO PLAZO AÑO 2	2.08	0.64
MEDIANO PLAZO AÑO 5	2.22	0.69
LARGO PLAZO AÑO 10	0.36	0.11

Fuente: PMSV Centro Palermo - Corpoboyacá

II. Como lo menciona el PSMV en el artículo 5 “El municipio de Paipa deberá implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales municipales con una eficiencia que permita el control de los siguientes parámetros: Coliformes Fecales (NMP/100m1) < 10000, oxígeno disuelto de 1-2 mg/I, Nitrógeno amoniacal de 0.5 mg/1 N-NH3., Nitratos (mg/I N-NO3) 50 - 100, Nitritos (mg/I N-NO2) 0.1 y pH 4.5 — 9” Es importante que el municipio de Paipa cumpla con esta meta para proporcional unas mejores condiciones de saneamiento para el corregimiento de Palermo.

4. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LAS CORRIENTES, TRAMOS O CUERPOS DE AGUA RECEPTORES DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL ÁREA URBANA.

A continuación, se presentan las características básicas del principal cuerpo receptor de los dos vertimientos de la red de alcantarillado el corregimiento de Palermo.

4.1 RÍO PALERMO (CHONTALES)

El Río Palermo, receptor de los vertimientos se encuentra en la cuenca Palermo y en la subcuenca Río Palermo y Quebrada El Cedro.

Este tiene los siguientes afluentes que interceptan el corregimiento de Palermo: La Quebrada la venta, La Cañada Hoya Honda y La Cañada Sandovales. A este río tributan el Río Chontal y el Río Cuestanó.

En este ella se presentan dos vertimientos de aguas residuales del municipio. El vertimiento N°1 se encuentra en las coordenadas Norte: 1144209.53 y Este: 1098118.97, dicha descarga llega en una tubería de diámetros de ø16" PVC y viene del pozo N°16, y el vertimiento N° 2 está localizado en las coordenadas Norte: 1144319.91 y Este: 1097839.98, la descarga se realiza por medio de una tubería de diámetros de ø8" PVC.

Datos morfométricos del Río Palermo:

- Longitud de la corriente principal al frente del corregimiento: 1 Km aproximadamente
- Elevación media de la microcuenca 2.324m.
- Pendiente media de la microcuenca 28%
- Pendiente media de la corriente principal: 4.4%



Ilustración 4. **Río receptor de los vertimientos.**
Fuente: Google Maps



Ilustración 5. Ubicación de los puntos de vertimientos del agua residual.
Fuente: Google Maps - Grupo Consultor

5. ZONAS SUSCEPTIBLES DE INUNDACIÓN

En el análisis de la amenaza por inundación se tuvo en cuenta la hidrografía municipal, las pendientes, el histórico reportado en el EOT 2009 del municipio de Paipa en cuanto a la población en áreas de probable inundación, geomorfología de las áreas próximas a los ríos Palermo, Chontales y Cuestanó.

Luego de este análisis se reconocen desde el punto de vista hidrográfico y geomorfológico, el casco urbano del corregimiento de Palermo presenta los siguientes escenarios sensibles a inundaciones por fenómenos hidrometeorológicos:

- ✓ Pese a que la región de Paipa constituye un área de un fenómeno de amenaza baja, en la confluencia del río Cuestano y Quebrada Chontales (Palermo) se presenta una amenaza moderada. El origen de las inundaciones en la vecindad de Palermo se ha originado en inviernos excepcionales.

- ✓ En cuanto a elementos vulnerables por inundaciones se detectan los puentes, cercanos a la confluencia del Río Cuestanó y la Quebrada Chontales, y el sector de la vía Palermo – Palermo – Paipa, kilómetro 2 a 5.

- ✓ Las inundaciones por desbordamiento se han presentado históricamente especialmente en el valle del Río Cuestanó en la vecindad del Corregimiento de Palermo. Como consecuencia de algunos efectos producto de inundación se afectaron la banca de la vía a Paipa y el puente sobre el río.

- ✓ Según el EOT en su informe “subsistema biofísico” de acuerdo con información consultada en los archivos de la Alcaldía de Paipa, al menos dos episodios de inundación se han presentado, el último sucedido en el invierno de 1996, con efectos de consideración han sido causados por el desbordamiento del río Cuestanó. Los daños reportados se refieren a daños en la banca de la carretera que conduce a Palermo, destrucción parcial del puente sobre el Río Chontales que muy cerca de la desembocadura sobre el río Cuestanó, y daños en pocas viviendas de Palermo y adyacentes al valle del río. La Quebrada La Venta afluente de bajo caudal, que cruza el sector urbano también ha afectado algunas viviendas, debido a desbordamientos ocasionados cerca de su desembocadura en el río Cuestanó. Se conoce también daños en el puente de madera que conduce a la Escuela.

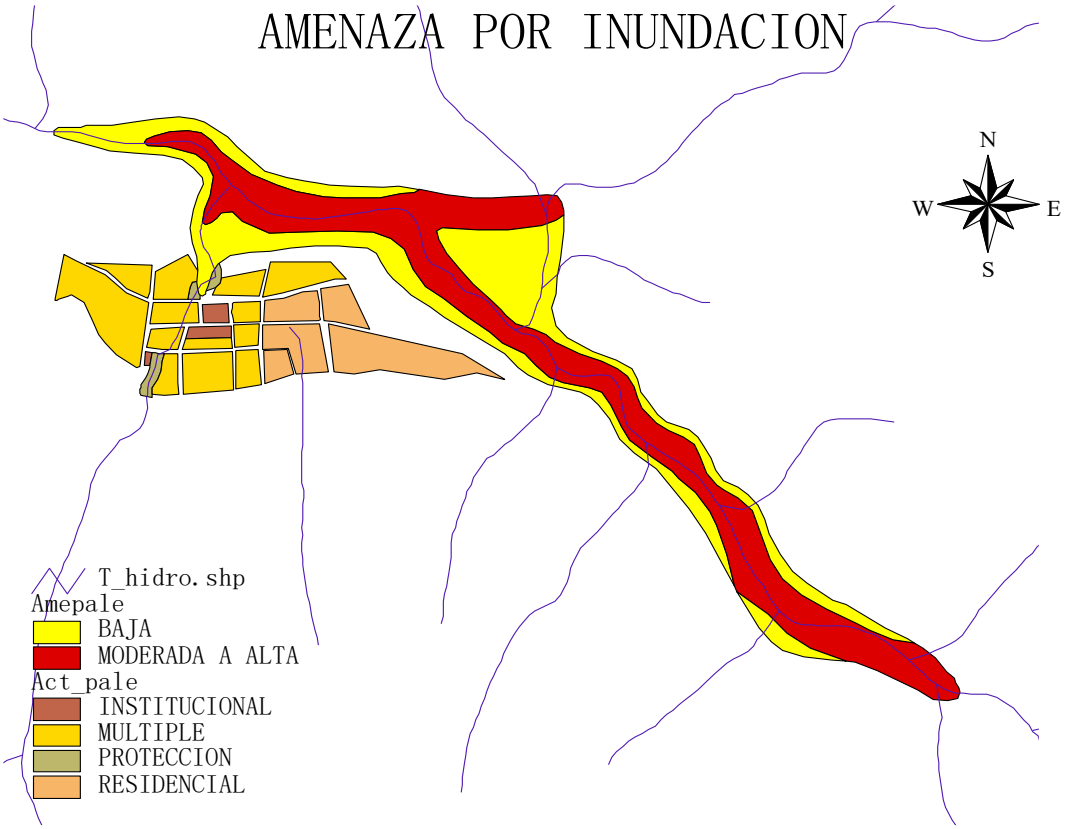


Ilustración 6. Amenaza por inundación del corregimiento de Palermo – Río Palermo (Chontales)
Fuente: EOT Paipa

6. EVALUACIÓN DE LOS POSIBLES EFECTOS SOBRE EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO POR CRECIENTES EN PERIODOS DE RETORNO SUPERIORES A 50 AÑOS

Durante el estudio de drenaje urbano, se identificaron las estructuras del sistema de alcantarillado que se pueden ver comprometidas por crecientes en períodos de retorno superiores a 50 años, es decir para caudales máximos de los hidrogramas de precipitación. La evaluación se realizó teniendo en cuenta el comportamiento hidrológico la cuenca que discurre a través de la red de drenaje del corregimiento de Palermo.

Para un período de retorno superior a 50 años (análisis realizado para un período de retorno

de 100 años), se evidenciará en las modelaciones y en los informes correspondientes a las mismas se encontrará información acerca de los posibles efectos que tendría el sistema de alcantarillado ante crecientes en periodos de retorno superiores a 50 años.

6.1 DISEÑO DE LAS MEDIDAS DE PROTECCIÓN NECESARIAS PARA MITIGAR LOS IMPACTOS POR CRECIENTES EN PERIODOS DE RETORNO SUPERIORES A 50 AÑOS

El diseño de las acciones recomendadas se realizará como parte del Producto No. 5 (Plan de expansión y diseño del alcantarillado proyectado) una vez se tenga la evaluación del comportamiento hidráulico del sistema de alcantarillado actual, la cual se realizará en el desarrollo del Producto No. 4, y se hayan analizado las diferentes alternativas integrales de solución al problema de recolección, transporte y tratamiento y disposición final de las aguas lluvias y residuales.

7. SOLUCIONES DE DRENAJE QUE INVOLUCREN LA APLICACIÓN DE SISTEMAS URBANOS DE DRENAJE SOSTENIBLE (SUDS)

Para dar solución a los problemas de drenaje actual que se presentan en el corregimiento de Palermo, el Grupo consultor tuvo en cuenta plantear las diferentes medidas contempladas en los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible, como son:

- Adecuación de zonas verdes.
- Construcción de tanques de recolección o almacenamiento temporal para la posterior utilización del agua lluvia en agua de riego, agua para lavado de patios y fachadas o simplemente para realizar la entrega controlada a la red de drenaje posterior a la ocurrencia de la creciente.
- Disposición de superficies permeables.
- Soluciones con canales abiertos o conductos cerrados.

El diseño de las acciones para dar solución a los problemas de drenaje del corregimiento, se realizará como parte del Producto No. 5 (Plan de expansión y diseños del sistema de

alcantarillado proyectado), una vez se tenga la evaluación del comportamiento hidráulico del sistema de alcantarillado actual, la cual se realizará en el desarrollo del Producto No. 4 (Comportamiento hidráulico del sistema de alcantarillado existente), y se hayan analizado las diferentes alternativas integrales de solución al problema de recolección, transporte y tratamiento y disposición final de las aguas lluvias y residuales.

8. DESCRIPCIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS CORRIENTES, TRAMOS Y FUENTES CUERPOS DE AGUA RECEPTORAS DE LAS AGUAS RESIDUALES, ACTUALMENTE OBJETO DE VERTIMIENTOS POR EL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

La fuente hídrica receptora del sistema de alcantarillado se puede apreciar en la siguiente ilustración:



Ilustración 7. Fuente receptora del sistema de alcantarilla y puntos de vertimientos de las aguas residuales.
Fuente: Google Earth - Grupo Consultor

8.1 DESCRIPCIÓN DE LOS CUERPOS RECEPTORES DE AGUAS RESIDUALES

Mediante Resolución No. 0039 del 08 de enero de 2015, la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (CORPOBOYACÁ), fija los objetivos de calidad para las fuentes superficiales

que son utilizadas como cuerpos receptores para la descarga de los vertimientos puntuales de aguas residuales, generados en el sector urbano del corregimiento de Palermo

En la Tabla 3, se presenta una descripción del cuerpo receptor de los vertimientos del sistema de alcantarillado:

Tabla 3. Ubicación de los puntos de vertimientos del agua residual.

Cuerpos receptores	*Tipo de fuente*	*Subcuencas*	*Cuenca*	*Afluentes*	*Características Descarga*	*Vertimiento No.*	*Localización*
Río Palermo	*Superficial*	*Río Palermo*	*Río Palermo*	*Quebrada La Venta*	*Agua lluvias y residuales*	***1***	*Norte: 1144319.91 Este: 1097839.98*
		Quebrada El Cedro			*Agua lluvias y residuales*	***2***	*Norte:1144209.53 Este: 1098118.97*
		Río Cuestanó					

Fuente: Grupo Consultor

El vertimiento No. 1 recibe el caudal residual de 38 colectores del sistema mientras que el vertimiento No. 2 recibe el flujo residual de 17 colectores.

En la ilustración 7, se muestran los vertimientos en el cuerpo receptor de las aguas residuales y de las aguas lluvias del corregimiento de Palermo.



Vertimiento N°1 al río Palermo. Se observa descarga es en diámetro 8" PVC.



Vertimiento N°2 al río Palermo. Se observa descarga es en diámetro 16" PVC.

Ilustración 8. Ubicación de los puntos de vertimientos del agua residual.
Fuente: Google Maps - Grupo Consultor

La quebrada La Venta forman parte de la subcuenca de la Río Palermo, y desemboca en el Río Palermo, el cual recibe el agua del vertimiento directo del caudal residual y de aguas lluvias del área urbana del corregimiento de Palermo ocasionando contaminación a la fuente hídrica y al ecosistema presente en este, especialmente añadiendo contaminación

de tipo orgánica dadas las características de las aguas servidas. El río Palermo desemboca en el Río Huertas, el cual a su vez llega al Río Suarez.

Todo el sistema de drenaje urbano del corregimiento de Palermo, se integra a la cuenca hidrográfica del Río Palermo, la cual, es no sólo es una de las corrientes más importante del municipio de Paipa sino también, una de las corrientes más importantes de los departamentos de Boyacá y Cundinamarca.

De aquí la importancia del saneamiento de las microcuencas afluentes del Río Suárez. Para el caso del corregimiento de Palermo del municipio de Paipa, teniendo en cuenta las características topográficas e hidrológicas de la zona, se debe realizar el saneamiento ambiental a subcuenca Río Palermo (Chontales) que pasa al frente del corregimiento de Palermo, la cual es el cuerpo receptor del agua residual del corregimiento.

8.2 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LOS CUERPOS RECEPTORES DE AGUAS RESIDUALES

En general, y de acuerdo con los usos de agua establecidos por CORPOBOYACÁ, se tiene de acuerdo con el Decreto 1594/84:

Uso Estético:

1. *Parágrafo Art. 29:* “Uso para contribuir a la armonización y embellecimiento del paisaje, se denominará estético”.
2. *Art. 44:* “Los criterios de calidad admisibles para la destinación del recurso para uso estético son los siguientes:
    a. Ausencia de material flotante y de espumas, provenientes de actividad humana.
    b. Ausencia de grasas y aceites que formen película visible.
    c. Ausencia de sustancias que produzcan olor”.

Uso Preservación de Flora y Fauna:

1. *Art. 31:* “Se entiende por uso del agua para preservación de flora y fauna, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas acuáticos y terrestres y de sus ecosistemas asociados, sin causar alteraciones sensibles en

ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies hidrobiológicas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura".

En la siguiente tabla se muestra indicadores y páramelos de calidad definidos por CORPOBOYACÁ para el cuerpo receptor de aguas residuales del corregimiento de Palermo.

Tabla 4. Indicadores y parámetros de calidad definidos por CORPOBOYACÁ

Tramo	Sector	Uso del Recurso	INDICADORES Y PARÁMETROS DE CALIDAD							
			Coliformes Totales (NMP/100ml)	Coliformes Fecales (NMP/100ml	DBO (mg/l)	OD (mg/l)	Nitrógeno Amoniacal (mg/l $N\text{-}NH_3$)	Nitratos (mg/l $N\text{-}NO_3$)	Nitritos (mg/l $N\text{-}NO_2$)	p H
			OBJETIVOS DE CALIDAD							
	Sector aguas abajo (aguas abajo del vertimiento de la PTAR y/o emisario final)	(Agrícola restringido)	—	<10000	—	1-2	0.5	50-100	0.1	4.5 - 9
		Pecuario	—	100-1000	—		5000	90-100	10	—
		Preservación flora y fauna	—	—	5	3-5	1	5	1	6.5 - 9

Fuente: CORPOBOYACÁ, Resolución No. 0039 del 08 de enero de 2015.

Con el objeto de realizar una evaluación más detallada de los cuerpos de agua receptores del sistema de alcantarillado del corregimiento de Palermo, en comparación con los objetivos de calidad establecidos por CORPOBOYACA.

9. FORMULACIÓN DE SOLUCIONES PARA LA ELIMINACIÓN DE LOS VERTIMIENTOS EXISTENTES

En resumen, el PSMV realizado en el año 2015, propone para el mejoramiento del sistema de alcantarilladlo del corregimiento de Palermo del municipio de Paipa el desarrollo de las siguientes actividades y objetivos, los cuales se citan textualmente para conocimiento del PSMV establecido por la Corporación para el corregimiento de Palermo, Paipa:

Artículo cuarto: Las eficiencias de remoción en cuanto a los parámetros diferentes a DBO_5 y SST para dar cumplimiento a los objetivos de calidad, deberán ser tenidas en cuenta en el sistema de tratamiento planteado en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimiento (PSMV) del Municipio.

Artículo quinto: El municipio de Paipa deberá implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales municipales con una eficiencia que permita el control de los siguientes parámetros: Coliformes Fecales (NMP/100m1) < 10000, oxígeno disuelto de 1-2 mg/I, Nitrógeno amoniacal de 0.5 mg/1 N-NH3., Nitratos (mg/I N-NO3) 50 - 100, Nitritos (mg/I N-NO2) 0.1 y pH 4.5 — 9.

Artículo sexto: De acuerdo con lo dispuesto en el Plan de Acción, se establece que, para el Centro Poblado de Palermo del municipio de Paipa, la descarga a realizar por el efluente de la PTAR, con la proyección de reducci6n de las siguientes cargas contaminantes:

Tabla 5. Escenarios de Proyección de Carga Contaminante

ESCENARIOS DE PROYECCIÓN DE CARGA CONTAMINANTE		
Fuente:	DBO5(Kg/d)	SST(Kg/d)
CORTO PLAZO AÑO 2	2.08	0.64
MEDIANO PLAZO AÑO 5	2.22	0.69
LARGO PLAZO AÑO 10	0.36	0.11

Fuente: PSMV 2015 Palermo, Paipa

Artículo séptimo: El municipio de Paipa, como responsable del servicio de alcantarillado, sus actividades complementarias y como titular de las obligaciones previstas en el presente acto administrativo, deberá cumplir con lo siguiente:

1. Ejecutar las medidas propuestas en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos de conformidad con el cronograma y plan de acción previstos en el mismo.
2. Mantener un programa de socialización en cuanto al avance del P.S.M.V. ante la comunidad y en especial ante el Concejo Municipal, de tal forma que se facilite la verificación y cumplimiento de metas físicas y de las inversiones requeridas. Estas reuniones deberán ser realizadas semestralmente, el encargado de liderar dicho proceso será el prestador de servicio de alcantarillado. Las actas de dichas reuniones deberán ser anexadas al informe anual.
3. Entregar informe semestral dentro de los primeros quince (15) días de cada semestre, de la ejecución física y de inversiones. La persona prestadora del servicio público de

alcantarillado y sus actividades complementarias, efectuará seguimiento y control en cuanto al avance físico de las actividades e inversiones programadas, actividad que deberá ser parte del presente informe, para la cual se deberá desarrollar una estrategia clara para la gestión y consecución de recursos externos para dar cumplimiento al Plan, aspecto que debe incluirse en los informes semestrales a reportar a la Corporación.

4. Entregar informe semestral dentro de los primeros quince (15) días de cada semestre del control de las metas de reducción de cargas contaminantes para que la Corporación realice el respectivo seguimiento, así mismo, se deberá establecer el cumplimiento del plan de use y ahorro eficiente de agua, lo anterior de conformidad con la Ley 373 de 1997 y a su vez el cumplimiento 111 de la Ley 99 de 1993.

5. Evaluar la pertinencia de presentar nuevas caracterizaciones para el caso de aguas no tratadas o caracterizaciones del afluente y efluente del sistema de control, de acuerdo con las medidas adoptadas para la reducción de cargas contaminantes.

El grupo consultor concuerda con el PSMV, en la necesidad de que el municipio de Paipa implemente un sistema de tratamiento de aguas residuales para el corregimiento de Palermo con una eficiencia adecuada que controle los parámetros contaminantes, así también que se trabaje en el cumplimiento de los escenarios de proyección para la reducción de la carga contaminante presente en la fuente receptora.

Para el saneamiento ambiental de la subcuenca de drenaje del corregimiento de Palermo, el Grupo consultor propone dos alternativas:

1. Alternativa 1: Implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales localizada al frente del matadero ya que el predio tiene vías de acceso para el tratamiento de todas las aguas residuales del municipio.

2. Alternativa 2: Implementación de un interceptor entre los vertimientos No. 1 y 2 para recoger las aguas residuales de estos y llevarlas directamente al tratamiento en la PTAR.

9.1 INTERCEPTOR PARA EL SANEAMIENTO AMBIENTAL DEL RÍO PALERMO

Con el objeto de recolectar todas las aguas residuales del sector del casco urbano del corregimiento, y realizar el saneamiento ambiental del Río Palermo (Chontales) se debe construir un interceptor (Interceptor No. 1), que recoja las aguas residuales de los vertimientos No. 1 y 2.

El diseño hidráulico de este interceptor se realizará en el Producto No. 5 (Plan de expansión y diseños del sistema de alcantarillado proyectado), una vez se tenga la evaluación del comportamiento hidráulico del sistema de alcantarillado actual, la cual se realizará en el desarrollo del Producto No. 4, y se haya analizado las diferentes alternativas integrales de solución al problema de recolección, transporte y tratamiento y disposición final de las aguas lluvias y residuales.

10. PLANEACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El PSMV del corregimiento de Palermo del municipio de Paipa, realizado en enero 2015, propone la implementación de tres sistemas de tratamiento de aguas residuales a largo plazo, con el fin de mejorar la calidad de agua en el cuerpo receptores y del sistema hídrico aguas abajo de estos. El PSMV propone iniciar estas obras en el año 2015 con una duración de 5 años para su ejecución.

Pese a que el corregimiento en la actualidad no cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) el Grupo Consultor como lo explicó en las alternativas del anterior capítulo plantea la construcción de la PTAR localizada al frente del matadero ya que el predio tiene vías de acceso para el tratamiento de todas las aguas residuales del municipio.

Sin embargo, como se comentó en el capítulo 9 del presente documento, para el saneamiento ambiental del drenaje del corregimiento, el Grupo Consultor propone dos alternativas:

1. Alternativa 1: Implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales localizada al frente del matadero ya que el predio tiene vías de acceso para el tratamiento de todas las aguas residuales del municipio.

2. Alternativa 2: Implementación de un interceptor entre los vertimientos No. 1 y 2 para recoger las aguas residuales de estos y llevarlas directamente al tratamiento en la PTAR.

En el desarrollo del Producto No. 6, seleccionado la solución óptima de acuerdo con las características del municipio. El diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales – PTAR - se realizará en el Producto No. 7 (Sistemas de tratamiento de aguas Residual).

Teniendo en cuenta los criterios y procedimiento establecidos en los Decretos 3100 de 2003, 3440 de 2004 y la Resolución MAVDT No. 1433 de 2004 y el PSMV aprobado, el Grupo Consultor considera que el sistema de tratamiento de aguas residuales seleccionado debe implementarse en un corto/mediano plazo.

11. DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA DE ALCANTARILLADO EXISTENTE

Los resultados del diagnóstico realizado por el Grupo Consultor en el marco del Plan Maestro de Alcantarillado se presentan a continuación.

11.1 DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

El sistema de alcantarillado del corregimiento de Palermo está constituido por una red combinada convencional en el 28% de su extensión, que opera completamente a gravedad. El sistema fue diseñado alrededor de 15 a 20 años y entonces se consideró la evacuación de aguas residuales domésticas y no se contempló un sistema separado de manejo de aguas lluvias en su totalidad.

La red de alcantarillado combinado consiste en 50 pozos de inspección, 26 sumideros, en total son 2377.29 metros de tuberías de recolección. Se tienen redes locales entre 6,8,10,12,14,16 y 18 pulgadas en materiales de concreto y PVC en su gran mayoría PVC. En total se identificaron 41.8% de los colectores en concreto y 58.2% de los colectores en PVC. Debido a la topografía del casco urbano, los colectores finales del alcantarillado descargan las aguas servidas en dos vertimientos:

Tabla 6. Configuración de colectores del sistema de alcantarillado

Colector diámetro (in)	Cantidad total de colectores	Longitud total de colectores (m)
6	1	18.86
8	16	703.22
10	11	643.4
12	15	620.93
14	1	82.67
16	5	266.09
18	1	42.12

Fuente: Grupo Consultor

Para la descripción del sistema de alcantarillado se estableció dos sectores de acuerdo con la localización de las zonas de descarga así:

- **Sector Casco urbano – cerca monumento Virgen del Carmen:** Sector localizado en la zona este del área urbana cerca de la zona del monumento de la virgen del Carmen El efluente de este sector es entregado en el Río Palermo a través del pozo final recolector, el pozo 49, llegando así al vertimiento configurado como el número 1.

- **Sector Casco urbano – cementerio:** Sector localizado en la zona oeste del área urbana hasta la zona del cementerio transportando parte de las aguas residuales todo el casco urbano. El efluente de este sector es entregado en el

Río Palermo a través del pozo final recolector, el pozo 16, llegando así al vertimiento configurado como el número 2.

11.1.1 Alcantarillado Pluvial

El alcantarillado pluvial transporta el agua pluvial por medio de los sumideros que se conectan con el alcantarillado sanitario en su gran mayoría, y de esta manera se convierte en un sistema tipo combinado, antes de las respectivas descargas a los diferentes cuerpos de agua.
El sistema de alcantarillado cuenta con sumideros transversales y laterales para la captación de la escorrentía.

Se identificaron algunas estructuras de recolección de aguas lluvias en la zona alta del casco urbano que no tienen la capacidad hidráulica para amortiguar los excesos en época de lluvias de máxima intensidad.

11.1.2 Estaciones de bombeo

No existen estaciones de bombeo, todo el sistema de drenaje funciona por gravedad.

11.1.3 Plantas de tratamiento de aguas residuales

En la actualidad la red de drenaje urbano del corregimiento de Palermo no cuenta con ningún tipo de sistema de tratamiento de aguas residuales, por lo tanto, no existen interceptores de alcantarillado.

11.1.4 Estado sumideros

A continuación, se evidencian los sumideros en con un estado general malo, sin embargo para mayor información acerca de los demás sumideros se aconseja referirse a los anexos de las FICHAS SUMIDEROS anexadas al final.



Sumidero 12: con rocas, basura y taponado. No cumple con normatividad por ende debe sustituirse.



Sumidero 25: tapado con basura y tierra. La rejilla está en mal estado



Sumidero 26: Requiere sustitución



Sumidero 47: No cumple con las características de un verdadero sumidero, necesita ser reemplazado por uno real.

Ilustración 9. Estado sumideros existente en el corregimiento Palermo
Fuente: Grupo Consultor

11.1.5 Cobertura del sistema de alcantarillado

Según la información recolectada en campo con base en el área del casco urbano aproximadamente de 13.47 ha y el área de cobertura del sistema de alcantarillado actual 8.61 ha podemos afirmar que actualmente se cuenta con un valor aproximado de cobertura del alcantarillado de 63.91%

En el casco urbano del municipio existen algunos sectores sin alcantarillado, como son:

1. La callejuela que se encuentra en el EOT en la Calle 1 con carrera 2
2. Parte de la zona considerada como rural que empieza en la Calle 3 con Carrera 1ª, la cual es muy importante porque se proyecta como zona de expansión del corregimiento.

Según el estudio poblacional realizado por el Grupo Consultor, para el corregimiento de Palermo se tiene un dato la población residente atendida por el servicio de alcantarillado de 583 habitantes (dato obtenido a partir del número de suscriptores actuales).

11.2 CARACTERIZACIÓN DE AGUAS SERVIDAS TENIENDO EN CUENTA TIPO, MATERIAL Y FUNCIONALIDAD DE LOS COLECTORES

Teniendo en cuenta el tipo, material y funcionalidad de los colectores, es decir, el tipo de aguas que recogen y la cantidad de usuarios que vierten a los mismos, el Grupo Consultor efectúo las caracterizaciones de los vertimientos.

- Colector Nº 13: Localizado en un predio frente al Río Palermo (Chontales), corresponde al Vertimiento No. 1, ubicado en coordenadas X:1097839.98 y Y:1144319.91 corresponde al punto de vertimiento No.1 de las aguas residuales de la zona oriental del municipio
- Colector Nº 27: Localizado en un predio frente al Río Palermo (Chontales) coordenadas X:1098118.97 y Y:1144209.53, corresponde al Vertimiento No. 2. Se descargan aguas residuales del sector occidental del corregimiento.

11.3 SECTORIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE DRENAJE

Teniendo en cuenta aspectos como clasificación y localización de redes y puntos de descarga se realizó la sectorización de las áreas de drenaje.

En la Tabla 7 se muestra un resumen de las áreas de drenaje urbano del sistema de alcantarillado de acuerdo con el estudio de drenaje realizado.

Tabla 7. Áreas de drenaje urbano del corregimiento de Palermo

Vertimiento No.	*Localización*	*Características Descarga*	*Área drenaje urbano (m^2)*
1	*Margen oriental del corregimiento*	*Aguas lluvias y residuales*	*22799.74*
2	*Margen occidental del corregimiento*	*Agua lluvias y residuales*	*72237.37*

Fuente: Grupo Consultor

De acuerdo con la topografía del terreno, los colectores finales del alcantarillado descargan dos puntos diferentes del mismo cuerpo receptor, ubicadas hacia el oriente y occidente del perímetro urbano. Por esta razón, las áreas de drenaje de los dos vertimientos puntuales se pueden sectorizar operativamente en dos áreas de drenaje. Un área de 22799.74m^2 localizada en la margen oriental del casco urbano, con drenaje hacia el Río Palermo (Chontales) ; y un área de 72237.37 m^2 ubicada en la parte occidental del municipio, con drenaje en el mismo Río.

11.4 ASPECTOS COMPLEMENTARIOS QUE INFLUYEN EN EL BALANCE HÍDRICO Y LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS VERTIMIENTOS

11.4.1. Pérdidas

Las pérdidas en el sistema de alcantarillado identificadas durante el levantamiento de la información de campo corresponden a las que se presentan en algunos pozos que tienen falencias en pañetes, lo que hace que se presente infiltraciones hacia el suelo adyacente al pozo.

11.4.2. Conexiones erradas

Durante el levantamiento catastral, se identificaron que debido a que es un sistema combinado no existen conexiones erradas.

11.4.3. Caudales de infiltración

En las visitas de campo se apreció que el suelo sobre el cual se desarrolla el casco urbano del corregimiento de Palermo es bastante permeable, y que la mayoría de las calles pavimentadas se encuentran en pavimento rígido y en adoquín. La mayoría de las zonas permeables, corresponden a los solares de las viviendas y por lo tanto es difícil de detectar la presencia de caudales de infiltración en la red de drenaje urbano. Se identifico una zona con nivel freático y coluvial.

11.5. IDENTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DE OBRAS Y ACCIONES

Una vez realizado el diagnóstico del sistema de alcantarillado del corregimiento de Palermo, se identificaron las siguientes necesidades de obras y acciones, las cuales se presentan a continuación, de acuerdo con su orden de realización. Estas obras permitirán definir los programas, proyectos y actividades con sus metas físicas, los cuales se detallarán en el Producto No. 7.

1. Ampliación de la red de recolección para llegar a las coberturas proyectadas y que permitan eliminar el rezago de infraestructura de alcantarillado sanitario y pluvial.
2. Renovación y sustitución de los sumideros que se indicó que son deficientes hidráulicamente.
3. Construcción del interceptor que unifique los dos vertimientos en el predio del matadero para luego ser dirigido al sistema de tratamiento de aguas residuales. Estos interceptores deben llevar las aguas residuales al sitio propuesto para el tratamiento de las aguas residuales.

4. Implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales para el saneamiento ambiental de la fuente receptora.

12. HIDROLOGÍA CORREGIMIENTO DE PALERMO, PAIPA

Los estudios hidrológicos garantizan el óptimo funcionamiento de las obras hidráulicas que se construirán u optimizarán ya que tienen en cuenta las condiciones hidrológicas, dinámicas y reales de la zona de estudio, y el conocimiento previo de estas permiten prever la respuesta de estas estructuras en sus condiciones hidrológicas maximizadas. Así también se puede verificar el cumplimiento con la normatividad, y en caso de no, las mejoras que pudiesen emplearse en el proceso constructivo.

Estos estudios permiten asegurar que la Formulación del plan maestro de alcantarillado del centro poblado del corregimiento de Palermo tenga en cuenta la lluvia real de diseño para la simulación y optimización del alcantarillado pluvial y sanitario del corregimiento para lograr excelentes resultados en cuanto a lo que refiere, desempeño hidráulico y respuesta hidrológica, proporcionando obras que brinden solución a la comunidad y desarrollo social y económico del sector.

12.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

La zona del proyecto comprende todo el casco poblado del corregimiento de Palermo, por lo cual es importante una caracterización de la zona y la incidencia de sus condiciones en la hidrología, teniendo en cuenta las zonas de vida, zonificación del uso del suelo, formaciones geológicas y el comportamiento de las variables climatológicas de la zona, como lo son brillo solar, viento, humedad relativa, entre otras.



Fotografía 1. *Vista aérea dron del corregimiento de Palermo*
Fuente: Grupo consultor, octubre 2023

12.2. ZONAS DE VIDA

El municipio de Paipa presenta varios tipos de cobertura vegetal, los cuales se describen a continuación:

A partir del mapa de zonas de vida de Boyacá, la vegetación predominante característica de la zona de humedad en el subpáramo presenta la siguiente categorización de las unidades climáticas mostradas en la siguiente tabla. (Jiménez, 2017).

Tabla 8. Unidades climáticas - Zona de estudio

UNIDAD CLIMATICA	ALTITUD (msnm)	TEMPERATURA (°C)	RANGO DE PRECIPITACIÓN (mm)	TIPO DE CLIMA
Páramo pluvial subalpino	>3600	3 – 6	>1000	Frio – húmedo
Páramo sub.-alpino	>3600	3 – 6	500 – 1000	Muy frio – húmedo
Bosque muy húmedo montano	2800 A 3600	6 – 12	500 – 1000	Muy frio – muy húmedo
Bosque húmedo montano	2800 A 3200	6 – 12	500 – 1000	Muy frio – húmedo
Bosque húmedo montano bajo	2800	12 – 18	1000 – 2000	Frio – húmedo
Bosque seco premontano	2000 A 2800	12 – 18	500 – 1000	Frio – seco

Fuente: EOT, Paipa 2009

En la zona donde se comprende el corregimiento de Palermo se encuentra un predominio de mamíferos, venado, zorro, comadreja, guache, perdiz, conejos, faras, toche, mirla, pava, copetones, torcazas.

12.3. FORMACIÓN GEOLÓGICA DE LA ZONA

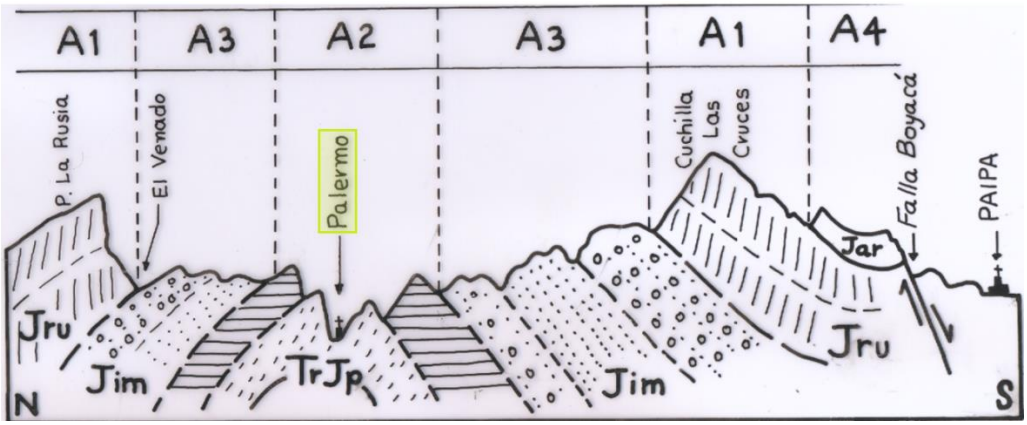


Ilustración 10. Formaciones geológicas de la zona
Fuente: EOT Paipa 2005

A continuación, se explican las formaciones geológicas que se presentan en la zona del proyecto y área aferente:

12.3.1. Formación Palermo (TrJp).

La Formación Palermo está constituida por conglomerados, shales negros y areniscas de grano fino a medio de colores rojizos, verdes y violáceos. Según Langenheim. (en Renzoni, 1981), se correlaciona con la Formación Girón, y posiblemente pertenece a sedimentación del Mesozoico.

La Formación Palermo posee su columna tipo en el Corregimiento de Palermo, distribuyéndose ampliamente en una zona vecina al Río Chontales y constituyendo el núcleo erosionado del Anticlinal de Arcabuco. Su espesor se estima en 530 metros.

12.3.2. Formación Montebel (Jim).

La Formación Montebel, de edad Jurásica, se distribuye ampliamente al Norte del Municipio de Paipa, y en la vecindad del Corregimiento de Palermo. Está constituida por sales negros, limolitas cafés a rojizas e intercalaciones de areniscas arcillosas y feldespáticas de colores grises, rojizo y verdosas. Su espesor en la región ha sido estimado en cerca de 400 metros.

12.3.3. Formación La Rusia (Jru).

La Formación La Rusia, está constituída por intercalaciones de areniscas rojizas y blancas finas, areniscas conglomeráticas, y limolitas rojizas a verdes. Se calcula un espesor de 344 metros en la sección aflorante entre Palermo y Paipa. Su edad según Langenheim es Jurásica, post Liásico Superior.

12.3.4. Formación Arcabuco (Jar).

La Formación Arcabuco, de ambiente de depositación continental, está constituida por areniscas cuarzosas blancas e intercalaciones de shales rojizos. Su espesor en la zona de estudio se estima en aproximadamente 520 metros. Se presentan buenos afloramientos en la carretera Paipa- Palermo. Su edad estimada es del Jurásico Superior.

12.4. ZONIFICACIÓN DEL USO DEL SUELO

Según el EOT del municipio de Paipa, el corregimiento de Palermo cuenta con la siguiente zonificación del uso del suelo, explicado a continuación:

Zona Agropecuaria Extensiva (DA2)
Comprende áreas de vallecitos aluviones de clima frio-húmedo.
Zona de Manejo Especial (PR3)
Comprende la zona demarcada dentro de la zona de interés público y de la red de reserva forestal, según Acuerdo No.009 de 1996.
Zona Forestal Protección-Conservación (PR2)
Comprende las áreas de relieve montañoso estructural y piedemonte coluvial de piso frio y muy húmedo, en algunos sectores con presencia de roble.

Zona Agropecuaria Marginal (DA4)
Comprende las áreas de relieve montañoso y piedemonte coluvial de tierras frías-húmedas, afectadas principalmente por deforestación.

12.5. INFORMACIÓN HIDROLOGICA

12.5.1. HIDROLOGIA REGIONAL

Las cuencas hidrográficas que componen el municipio de Paipa son:

Las cuencas hidrográficas que componen el municipio son: Cuenca del río Chicamocha, Cuenca del río Palermo y Cuenca de río Tolotá.

La superficie de cada uno de estos sistemas es:

Río Chicamocha 17.825 ha
Río Palermo 9.560 ha
Río Tolotá 4.445 ha
Total, área 31.830 ha

El EOT 2009 los componentes de las cuencas hidrográficas del municipio de Paipa se encuentran conformadas de la siguiente manera:

Río Chicamocha: Quebrada Los Frailes, Quebrada Rejalgar, Quebrada La Despensa, Quebrada La Honda, quebrada Pan de Azúcar y quebrada Aguablanca, Toibita.

Río Palermo: Quebrada Los Pinos, Quebrada Los Arrayanes, Quebrada Las Veras, R. Cuesta, Quebrada Chuscal, Río Cuestano (quebrada El Cardonal y La Paila) Quebrada El Cedro, Quebrada La Venta, Quebrada El Guantivo, Quebrada Los Sauces, Quebrada El Fical, Quebrada Las Piedras, Quebrada El Hortigal, Quebrada El coso y Quebrada Peña Blanca.

Río Tolotá: Quebrada El Volcán, Quebrada El Frailejonal, Quebrada Patiobonito, Quebrada El renacuajal, Quebrada El Venado I, Quebrada El Venado II, Quebrada El Jupal.
Todas las cuencas del municipio son componentes de la cuenca del río Sogamoso y por consiguiente del río Magdalena, y tienen su nacimiento y desarrollo en el flanco occidental de la cordillera oriental.

12.5.2. HIDROLOGÍA PALERMO

12.5.2.1. PRECIPITACIÓN

Estación: PALERMO [24010870].

En el corregimiento de Palermo, se encuentra una estación pluviométrica (convencional) que ha estado en activa desde la fecha de su instalación en 1970. La estación PALERMO [24010870] se encuentra en Paipa, vía Palermo-Gambita, a una altura sobre el nivel del mar de 2200 metros. Esta tiene una frecuencia diaria de registro de datos pluviométricos. La precipitación máxima registrada durante el periodo de análisis de los datos, correspondiente a los últimos 23 años, ha sido de 80.50 mm 155.5 mm, presentada en abril de 2017.



Ilustración 11. Ubicación geoespacial de la estación PALERMO [24010870] en el corregimiento de PALERMO.
Fuente: Grupo consultor – Google Earth

La estación pluviométrica se encuentra localizada a 347 metros aproximadamente de la Institución Educativa Técnica Agropecuaria de Palermo, en sentido hacia el noroeste.

Las coordenadas exactas de la estación son: 5°53'58.3"N 73°11'46.3"W.

RESUMEN INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA DE PRECIPITACIONES MAXIMA 24 H, MESES MULTIANUAL
VALORES MÁXIMO MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mm) ESTACIÓN: 24010870

MUNICIPIO: Paipa **DEPARTAMENTO:** Boyacá **DATOS OBTENIDOS:** INSTITUTO DE HIDROLOGIA METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES
Fecha descarga: 5/3/2023 **Fecha de Instalación** 15/12/1970 00:00 **Fecha de Suspensión:** En funcionamiento
NOMBRE ESTACIÓN: PALERMO [24010870]

Latitud	Longitud	Altitud	Categoría	Id Parámetro	Tipo de estación	Unidad
5.89952778	-73.19619	2200	PluviomÃ©trica	PRECIPITACIÓN	pluviométrico (convencional) 24010870	milímetros (mm)

Analisis de datos 23 Años

CANTIDAD AÑOS	AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	VALOR MAX ANUAL
1	**2000**	11.80	22.00	40.60	46.50	15.00	20.00	23.00	8.00	19.70	27.50	27.50	12.00	46.50
2	**2001**	13.00	14.50	31.00	26.00	44.50	13.00	9.80	3.50	17.00	38.00	25.00	23.00	44.50
3	**2002**	9.50	23.00	42.00	28.00	41.00	27.00	34.00	28.00	33.00	22.00	24.00	29.00	42.00
4	**2003**	6.00	50.00	32.50	45.00	27.50	44.50	4.00	15.50	16.00	35.00	28.00	26.00	50.00
5	**2004**	31.50	19.00	14.00	29.00	23.00	2.50	17.00	3.50	26.50	19.00	19.50	26.20	31.50
6	**2005**	26.50	26.50	15.50	46.00	32.00	11.70	36.00	16.00	19.50	47.50	31.00	14.50	47.50
7	**2006**	33.40	12.50	35.00	22.00	32.00	41.00	7.70	8.00	9.30	19.50	25.80	30.20	41.00
8	**2007**	22.50	10.40	15.60	26.50	27.50	21.00	15.50	23.50	25.80	37.00	18.40	20.00	37.00
9	**2008**	24.00	13.50	15.00	23.00	24.00	15.50	19.50	20.00	15.00	46.00	37.00	24.50	46.00
10	**2009**	25.50	23.30	31.60	41.50	18.50	27.00	4.00	22.00	13.00	62.00	38.00	26.50	62.00
11	**2010**	42.50	11.00	49.50	52.00	34.20	15.20	31.00	20.50	21.20	38.20	27.30	27.30	52.00
12	**2011**	38.00	35.00	26.70	48.00	49.50	34.50	10.80	22.00	23.00	51.00	27.80	14.80	51.00
13	**2012**	20.50	10.70	24.40	56.50	34.50	27.00	14.50	12.00	21.50	26.00	20.00	18.00	56.50
14	**2013**	13.50	22.00	21.00	22.80	46.50	10.00	27.80	23.50	24.00	28.00	48.50	14.50	48.50
15	**2014**	22.90	32.50	21.50	38.10	34.50	11.80	9.80	5.50	26.00	44.00	47.10	29.00	47.10
16	**2015**	17.00	24.00	36.00	31.50	9.00	10.30	9.30	22.50	52.50	20.30	36.20	6.50	52.50
17	**2016**	11.00	13.50	28.50	27.00	22.00	10.00	9.50	4.50	20.50	0.00	51.30	43.00	51.30
18	**2017**	16.90	14.50	28.80	80.50	27.00	26.00	10.30	25.50	38.50	0.00	0.00	0.00	**80.50**
19	**2018**	0.00	13.50	34.00	24.80	14.80	14.50	7.00	14.20	19.40	23.40	8.60	6.00	34.00
20	**2019**	21.00	22.80	60.00	40.00	36.30	16.30	6.10	12.40	27.10	20.60	53.90	16.80	60.00
21	**2020**	18.00	16.20	33.50	20.60	13.80	23.00	13.50	13.40	24.90	13.10	25.00	11.50	33.50
22	**2021**	10.00	18.90	22.90	30.20	30.00	30.00	6.60	25.00	60.00	25.90	60.00	24.40	60.00
23	**2022**	17.80	30.00	38.90	42.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	42.50
	MEDIOS (mm)	19.69	20.84	30.37	36.87	27.70	19.64	14.20	15.17	24.06	28.00	29.56	19.29	23.78
	MÁXIMOS (mm)	42.50	50.00	60.00	**80.50**	49.50	44.50	36.00	28.00	60.00	62.00	60.00	43.00	51.33
	MÍNIMOS (mm)	0.00	10.40	14.00	20.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Ilustración 12. Información de la estación pluviométrica PALERMO [24010870]
Fuente: IDEAM 2023

12.5.2.2. CURVAS INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA (IDF)

El cálculo de las curvas de Intensidad Duración Frecuencia de este proyecto, ubicado en el corregimiento Palermo del municipio de Paipa, Boyacá se realiza empleando los datos de la estación pluviométrica, que más conviene a la zona donde se encuentra el proyecto. La selección de esta se realiza teniendo en cuenta que es la más optima por temas de cercanía y datos representativos, en cuanto a su relación a la zona de estudio.

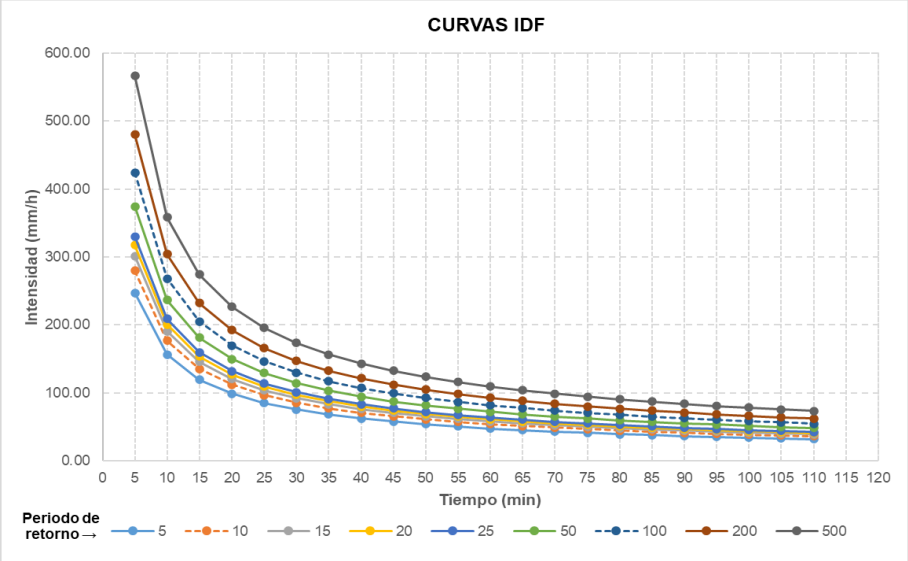
A continuación, se presenta la tabla para la realización de las curvas IDF de la estación seleccionada para la recolección y análisis de los datos pluviométricos de la zona y su incidencia sobre el alcantarillado actual y la optimización de este.

Tabla 9. Cálculo de las curvas IDF de la estación PALERMO [24010870]

	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)								
TIEMPO (min)	5	10	15	20	25	50	100	200	500
5	247.18	280.03	301.23	317.24	330.24	374.12	423.84	480.16	566.26
10	156.43	177.22	190.64	200.77	209.00	236.77	268.24	303.88	358.37
15	119.71	135.61	145.88	153.63	159.93	181.18	205.26	232.53	274.23
20	99.00	112.16	120.65	127.06	132.27	149.85	169.76	192.32	226.81
25	85.45	96.80	104.13	109.66	114.16	129.33	146.51	165.98	195.75
30	75.76	85.83	92.32	97.23	101.22	114.67	129.90	147.16	173.55
35	68.43	77.52	83.39	87.83	91.42	103.57	117.34	132.93	156.76
40	62.66	70.98	76.36	80.42	83.71	94.84	107.44	121.71	143.54
45	57.97	65.67	70.65	74.40	77.45	87.74	99.40	112.61	132.80
50	54.08	61.26	65.90	69.40	72.25	81.85	92.73	105.05	123.88
55	50.78	57.53	61.88	65.17	67.84	76.86	87.07	98.64	116.33
60	47.95	54.32	58.43	61.54	64.06	72.57	82.21	93.14	109.84
65	45.48	51.52	55.42	58.37	60.76	68.84	77.98	88.34	104.19
70	43.31	49.06	52.78	55.58	57.86	65.55	74.26	84.13	99.21
75	41.38	46.88	50.43	53.11	55.28	62.63	70.95	80.38	94.80
80	39.65	44.92	48.33	50.89	52.98	60.02	68.00	77.03	90.84
85	38.10	43.16	46.43	48.90	50.90	57.67	65.33	74.01	87.28
90	36.69	41.56	44.71	47.09	49.02	55.53	62.91	71.27	84.05
95	35.40	40.11	43.14	45.44	47.30	53.58	60.70	68.77	81.10
100	34.22	38.77	41.71	43.92	45.72	51.80	58.68	66.48	78.40
105	33.14	37.54	40.39	42.53	44.28	50.16	56.82	64.38	75.92
110	32.14	36.41	39.16	41.25	42.94	48.64	55.11	62.43	73.62

Fuente: Grupo consultor, octubre 2023

Gráfica 1. Curvas IDF - Estación PALERMO [24010870]



Fuente: Grupo consultor, octubre 2023

12.5.2.3. TORMENTAS DE DISEÑO SEGÚN LA ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA.

Posterior a la obtención de las curvas IDF se puede calcular un hietograma por el método de bloque alterno, siendo este el correspondiente a la tormenta de diseño para varios periodos de retorno.

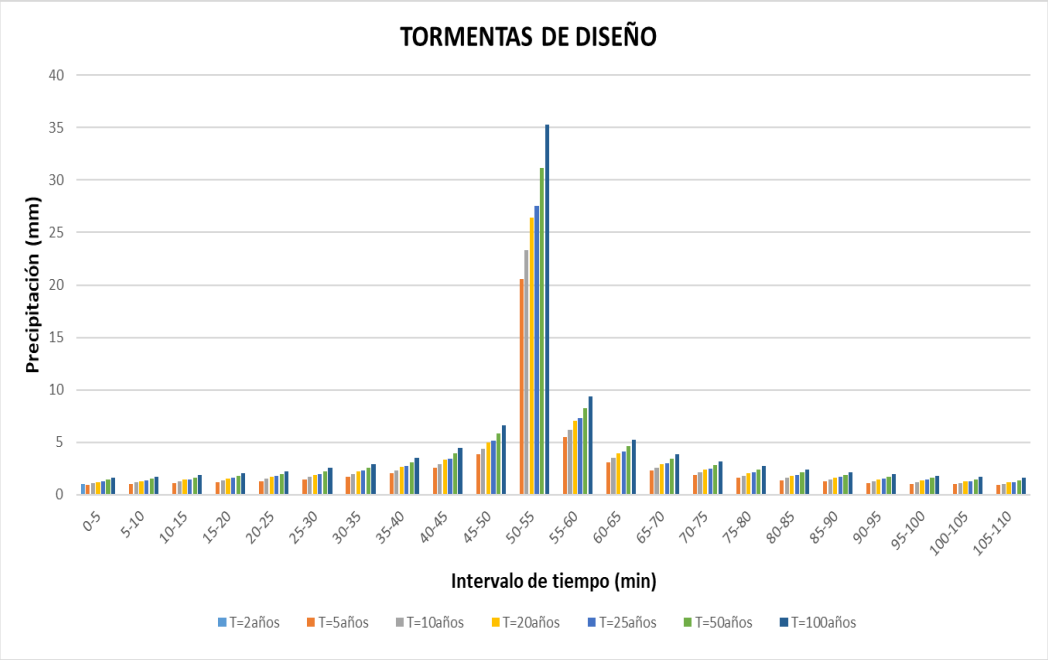
El conocimiento de la lluvia de diseño para los diferentes periodos de retorno permite ser de base para la implementación en distintas estructuras para proyectos futuros.

Tabla 10. Precipitaciones para los distintos periodos de tiempo.

Duración (min)	Periodo de retorno T (años)					
	5	10	20	25	50	100
0-5	0.95	1.08	1.22	1.27	1.44	1.64
5-10	1.02	1.16	1.31	1.36	1.55	1.75
10-15	1.10	1.25	1.41	1.47	1.67	1.89
15-20	1.20	1.36	1.54	1.60	1.82	2.06
20-25	1.32	1.50	1.70	1.77	2.00	2.27
25-30	1.48	1.68	1.90	1.98	2.25	2.55
30-35	1.71	1.93	2.19	2.28	2.58	2.93
35-40	2.04	2.31	2.62	2.72	3.09	3.49
40-45	2.60	2.95	3.34	3.48	3.94	4.46
45-50	3.85	4.37	4.95	5.15	5.83	6.61
50-55	20.60	23.34	26.44	27.52	31.18	35.32
55-60	5.47	6.20	7.03	7.31	8.29	9.39
60-65	3.08	3.48	3.95	4.11	4.65	5.27
65-70	2.28	2.58	2.92	3.04	3.45	3.90
70-75	1.85	2.10	2.38	2.48	2.81	3.18
75-80	1.59	1.80	2.04	2.12	2.40	2.72
80-85	1.40	1.58	1.79	1.87	2.12	2.40
85-90	1.26	1.42	1.61	1.68	1.90	2.16
90-95	1.15	1.30	1.47	1.53	1.74	1.97
95-100	1.06	1.20	1.36	1.42	1.60	1.82
100-105	0.99	1.12	1.27	1.32	1.49	1.69
105-110	0.92	1.05	1.19	1.24	1.40	1.59
TOTAL	58.92	66.75	75.62	78.72	89.18	101.03

Fuente: Equipo consultor, octubre 2023

Gráfica 2. Tormentas de diseño estación PALERMO [24010870]



Fuente: Equipo consultor, octubre 2023

Pese a tener las distintas lluvias de diseño, es necesario obtener la tormenta de diseño para el periodo de retorno de que sea útil para la magnitud del proyecto.

Coeficiente de escurrimiento (C).

$$C = \frac{C1+C2+C3}{3}$$

Para el cálculo del coeficiente C_1, se usará la tabla 10, donde se tendrán en cuenta las características de la topografía, suelo y cobertura de la microcuenca.

El terreno es accidentado con pendiente de 4%, con suelo arcilloso arenoso y la cobertura es principalmente bosques.

Tabla 11. Determinación del coeficiente C1

FACTOR CLASIFICACION	VALORES DE C
TOPOGRAFIA	
Terreno plano, con pendiente de 0.15%	0.30
Terreno ondulado, con pendiente de 0.20%	0.20
Terreno accidentado con pendiente de 4%	0.10
SUELO	
Arcilloso firme	0.10
Arcilloso arenoso	0.20
Arcilloso arenoso suelto	0.40
COBERTURA	
Terrenos cultivados	0.10
Bosques	0.20

El terreno es accidentado con pendiente de 4%, con suelo arcilloso arenoso y la cobertura es principalmente bosques.

$C_1 = 1 - (C_{TOP} + C_{SUE} + C_{COB})$

$C_1 = 1 - (0.10 + 0.20 + 0.20)$

$C_1 = 0.50$

El terreno es accidentado con pendiente de 4%, con suelo arcilloso arenoso y la cobertura es principalmente bosques.

Luego de calcular C1, se procede a calcular C2 teniendo en cuenta que la microcuenca en su mayoría está compuesta de bosques con una topografía accidentada y un tipo de suelo del scs arcilloso-arenoso firme.

Tabla 12. Valores para determinar el coeficiente C2

TOPOGRAFIA	TIPO DE SUELO DEL SCS	VALORES DE C SEGUN LA CUBIERTA VEGETAL	
		CULTIVO	BOSQUE
LLANA	Arcilloso firme impenetrable (D)	0.50	0.40
	Arcillo-arenoso firme (C y B)	0.40	0.30
	Arcillo-arenoso abierto (A)	0.20	0.10
ONDULADA	Arcilloso firme impenetrable (D)	0.60	0.50
	Arcillo-arenoso firme (C y B)	0.50	0.40
	Arcillo-arenoso abierto (A)	0.30	0.20
ACCIDENTADA	Arcilloso firme impenetrable (D)	0.70	0.60
	Arcillo-arenoso firme (C y B)	0.60	0.50
	Arcillo-arenoso abierto (A)	0.40	0.30

Por tanto, **C_2=0.50**

Tabla 13. Valores para determinar el coeficiente C3

Tipo de suelo (SCS)	P_{100}^{1440} (mm)	C para áreas, en Km^2				
		≤ 0.1	0.1-1	1-10	10-100	> 100
Tipo (D)	≤ 80	0.80	0.70	0.65	0.65	0.60
	81-150	0.90	0.85	0.80	0.80	0.80
	151- 200	0.95	0.90	0.90	0.90	0.90
	> 200	0.95	0.95	0.95	0.90	0.90
Tipo (C)	≤ 80	0.70	0.60	0.55	0.50	0.45
	81-150	0.85	0.80	0.75	0.65	0.65
	151- 200	0.85	0.85	0.80	0.70	0.70
	> 200	0.90	0.90	0.80	0.75	0.75
Tipo (B)	≤ 80	0.55	0.55	0.45	0.35	0.20
	81-150	0.65	0.63	0.56	0.45	0.30
	151- 200	0.75	0.70	0.65	0.55	0.40
	> 200	0.80	0.75	0.70	0.65	0.50
Tipo (A)	≤ 80	0.35	0.28	0.20	0.20	0.15
	81-150	0.45	0.35	0.25	0.25	0.20
	151- 200	0.55	0.45	0.40	0.35	0.30
	> 200	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40

Posterior junto con la clasificación del tipo y uso del suelo correspondiente al grupo A, se obtiene el valor de C3, el cual corresponde a 0.63.

Por tanto, **C_3=0.63**

Una vez conocido los valores de los coeficientes, se calcula el promedio del coeficiente C:

$$C = \frac{C1 + C2 + C3}{3}$$

$$C = \frac{0.50 + 0.50 + 0.63}{3}$$

$$C = 0.54$$

El valor del coeficiente de escorrentía (C) es de 0.54 para la zona aportante al alcantarillado pluvial

12.5.2.4. HIETOGRAMA DE DISEÑO PARA MODELACIÓN PLUVIAL DEL ALCANTARILLADO

Para las condiciones del alcantarillado actual y según la normatividad Colombia el periodo de retorno para la realización de la lluvia de diseño es de 10 años.

Art 135 Resolución 0330 de 2017

"*La selección del periodo de retorno de la lluvia de diseño se realiza de acuerdo con las áreas aportantes del alcantarillado*"

Tabla 14. Tabla No. 16 Períodos de retorno

Tabla 16. Períodos de retorno

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

Fuente: Resolución 0330 de 2017

Debido a que el área tributaria del sistema alcantarillado es menor a 2 hectáreas, el periodo de retorno a usarse para la obtención de la tormenta de diseño para la modelación pluvial será de 5 años.

Sin embargo, se evaluará las condiciones del sistema de alcantarillado ante periodos de retorno de 50 años y 100 años para conocer su respuesta y capacidad ante crecientes.

Tabla 15. Intensidad de diseño para modelaciones alcantarillado

T (años)	Intensidad (mm/h)	Observaciones
5	97.84	Intensidad para modelación alcantarillado por condiciones normativa Resolución 0330 de 2017
50	148.09	Intensidad para modelación alcantarillado ante crecientes en periodos de retornos
100	167.77	

Fuente: Grupo Consultor

Luego de esto se presenta la construcción de la lluvia de diseño se realiza a través de la metodología de bloques alternos, explicada a continuación.

Tabla 16. Transformación de la intensidad a precipitación

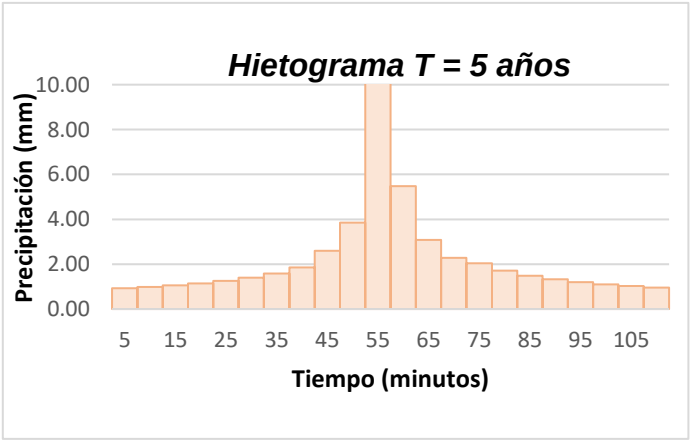
t(min)	t(h)	I(mm/h)	P (mm)	Delta P
5	0.08	280.03	23.34	23.34
10	0.17	177.22	29.54	6.20
15	0.25	135.61	33.90	4.37
20	0.33	112.16	37.39	3.48
25	0.42	96.80	40.33	2.95
30	0.50	85.83	42.91	2.58
35	0.58	77.52	45.22	2.31
40	0.67	70.98	47.32	2.10
45	0.75	65.67	49.26	1.93
50	0.83	61.26	51.05	1.80
55	0.92	57.53	52.73	1.68
60	1.00	54.32	54.32	1.58
65	1.08	51.52	55.82	1.50
70	1.17	49.06	57.24	1.42
75	1.25	46.88	58.60	1.36
80	1.33	44.92	59.90	1.30
85	1.42	43.16	61.15	1.25
90	1.50	41.56	62.35	1.20
95	1.58	40.11	63.50	1.16
100	1.67	38.77	64.62	1.12
105	1.75	37.54	65.70	1.08
110	1.83	36.41	66.75	1.05

Fuente: Equipo consultor, octubre 2023

Una vez conocidos las variaciones de la precipitación ΔP, se construye el diagrama de bloques alternados para obtener de una manera ideal el hietograma que permitirá la simulación.

Tabla 17. Hietograma de diseño para la simulación del evento lluvia-escorrentía

t(min)	P(mm)
5	0.92
10	0.99
15	1.06
20	1.15
25	1.26
30	1.40
35	1.59
40	1.85
45	2.60
50	3.85
55	20.60
60	5.47
65	3.08
70	2.28
75	2.04
80	1.71
85	1.48
90	1.32
95	1.20
100	1.10
105	1.02
110	0.95



Fuente: Equipo consultor, octubre 2023

- ✓ La hidrología es fundamental para las modelaciones hidráulicas que puedan necesitarse para la formulación del plan maestro del alcantarillado del centro poblado del corregimiento de Palermo que permitirá la optimización del sistema y la selección de las mejoras desde el punto de vista técnico y de la experiencia del equipo consultor.

- ✓ El hietograma obtenido para la lluvia de diseño que usa el periodo de retorno indicado por la normatividad colombiana para el diseño y optimización de alcantarillados de esa magnitud sirve para conocer el caudal de modelación para conocer la capacidad hidráulica real del alcantarillado actual.

- ✓ Es importante tener en cuenta los antecedentes del EOT Paipa 2009 que se explican a lo largo de este informe, los cuales permiten conocer la memoria del comportamiento hídrico de la zona en los últimos años.

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El sistema de alcantarillado del corregimiento de Palermo está constituido por una red combinada convencional en el 28% de su extensión, que opera completamente a gravedad. Las aguas lluvias como las residuales son recolectadas y transportadas por el mismo colector. El sistema fue diseñado alrededor entre 15 a 20 años y entonces se consideró la evacuación de aguas residuales domésticas y no se contempló un sistema separado para el manejo de aguas lluvias.

- La red de alcantarillado combinado del corregimiento de Palermo consiste en 50 pozos de inspección y 26 sumideros, lo compone un 2377.29 metros de tuberías de recolección. Se tienen redes locales en materiales en su gran mayoría PVC

y concreto En total se identificaron 50 tramos colectores en diámetros de 6,8,10,12,14, 16 y 18 pulgadas de diámetro.

- Las aguas servidas que discurren por el corregimiento de Palermo proceden principalmente de actividades domésticas. Adicional a las aguas residuales domésticas, se vierten a la red de drenaje del corregimiento de Palermo, las aguas residuales del Matadero municipal, el Centro de Salud, la Estación de Servicio, la Institución Educativa Técnica Agropecuaria de Palermo.
- Se identificaron en el corregimiento de Palermo, dos vertimientos puntuales, que debido a la topografía del casco urbano descargan las aguas servidas un mismo cuerpo receptor ubicadas al frente de un predio rural cercano al Río Palermo (Chontales).

- Según la información recolectada en campo con base en el área del casco urbano aproximadamente de 13.47 ha y el área de cobertura del sistema de alcantarillado actual 8.61 ha podemos afirmar que actualmente se cuenta con un valor aproximado de cobertura del alcantarillado de 63.91%

- Los dos puntos de vertimientos se deben unificar cerca al predio el matadero para facilidad futura al momento de la conexión y conducción de las aguas servidas hacia la PTAR que se debe implementar.

- La intensidad de lluvia para el alcantarillado de estas características es de 97.84 mm/hr, Intensidad para modelación alcantarillado por condiciones normativa Resolución 0330 de 2017

- Para el saneamiento ambiental de las cuencas de drenaje del corregimiento de Palermo, el Grupo Consultor propone dos alternativas:

1. Alternativa 1: Implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales localizada al frente del matadero ya que el predio tiene vías de acceso para el tratamiento de todas las aguas residuales del municipio.

2. Alternativa 2: Implementación de un interceptor entre los vertimientos No. 1 y 2 para recoger las aguas residuales de estos y llevarlas directamente al tratamiento en la PTAR.

- De acuerdo con la topografía del terreno y las características hidrológicas de las áreas de drenaje de dos vertimientos puntuales, se puede sectorizar operativamente el casco urbano en dos áreas de drenaje. Un área de 22799.74 m^2 localizada en la margen oriental con drenaje hacía el Río Palermo (Chontales) y un área de 72237.37m^2 ubicada en la parte occidental con drenaje hacía la misma fuente hídrica.

- Una vez realizado el diagnóstico del sistema de alcantarillado del corregimiento de Palermo se identificaron las siguientes necesidades de obras y acciones:
  1. Ampliación de la red de recolección para cubrir con las zonas que se encuentran es expansión.
  2. Optimizar el sistema de sumideros para mejorar las afecciones presentadas en la escorrentía y mejorar su geometría.
  3. Renovación de redes que se encuentran en mal estado o con capacidad hidráulica deficiente.
  4. Construcción del interceptor que unifique los dos vertimientos actuales con el fin de recoger las entregas actuales.
  5. Implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales para el saneamiento ambiental de la fuente receptora.

- Debido a la configuración del centro poblado de Palermo, no es factible la implementación de SUDS debido que las dimensiones de vía y demás distribuciones catastrales y geoespaciales del corregimiento, por ejemplo por dimensiones de la vía sistemas urbanos de drenaje sostenible SUDS como zanjas no serían rentables, también por el costo económico y lo que implicaría para el corregimiento la implementación y adaptación de estos es que es mejor la optimización del sistema como se explicó interiormente.

- Sumado a esto, es importante la revisión de los productos de diseño y modelación donde se verifique en los informes y en sus recomendaciones el sistema de alcantarillado tiene la capacidad hidráulica, en caso de no, se podría implementar la construcción de unos ramales de tubería pluvial paralela al sistema para dar así solución y obtener una adecuada respuesta hidráulica.

BIBLIOGRAFÍA

- Resolución 0330 de 2017.
- Resolución 0039 del 6 de enero de 2015 “Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos para el Centro Poblado de Palermo del municipio de Paipa”.
- EOT Paipa.