

**DIAGNÓSTICO Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
SANITARIO EN LA INSPECCIÓN DE SAN JAVIER EN EL MUNICIPIO DE LA
MESA, CUNDINAMARCA**



ANGIE JOHANNA RUIZ AMÉZQUITA

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS**

FEBRERO

2022

PROYECTO DE GRADO DE INVESTIGACIÓN

**DIAGNOSTICO Y EVALUACION DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
SANITARIO EN LA INSPECCIÓN DE SAN JAVIER EN EL MUNICIPIO DE LA
MESA CUNDINAMARCA.**

ANGIE JOHANNA RUIZ AMÉZQUITA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de ingeniería
civil

Director: Ing. Jorge Humberto Benavides Santamaría

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FEBRERO
2022.**

RESUMEN

El presente proyecto de grado para optar por el título de ingeniera civil contiene la realización de un diagnóstico del sistema alcantarillado sanitario de la inspección de San Javier en el municipio de La Mesa Cundinamarca por medio de un análisis de la normativa aplicable, en este caso específico del reglamento de agua potable y saneamiento básico RAS 2017. Además, busca la identificación de la problemática del sistema y la determinación de recomendaciones para su optimización.

El documento parte de la descripción de los aspectos técnicos, socioeconómicos y ambientales de la inspección de San Javier para así continuar con la realización del diagnóstico del sistema de alcantarillado existente teniendo en cuenta factores como población, cobertura, aportes domésticos, tipos, elementos del sistema, y vertimientos.

Después del respectivo diagnóstico se procedió a identificar la problemática del sistema en general, así como la problemática ambiental en la que se enfrenta la comunidad, para de este modo describir las necesidades y plantear recomendaciones para el mejoramiento del sistema y la evacuación de sus aguas residuales.

Palabras claves: Alcantarillado sanitario, aguas residuales, vertimientos, saneamiento básico, tratamiento de aguas, optimización

ABSTRACT

This research project to opt for the civil engineering degree contains an assessment of the sanitary sewerage system of the San Javier inspection in the municipality of La Mesa-Cundinamarca by means of an analysis of the applicable regulations, in this specific case of the RAS 2017 drinking water and basic sanitation regulations, it also seeks to identify the system's problems and to identify recommendations for its optimization.

The document starts from the description of the technical, socio-economic and environmental aspects of the San Javier inspection in order to make the diagnosis of the existing sewerage system taking into account factors such as population, level of complexity, coverage, domestic, industrial and commercial contributions, types, elements of the system, and dumping.

After the respective assessment, the operational problems of the system in general and the environmental problems facing the community were identified, to describe the needs and make recommendations for the improvement of the system and the disposal of its wastewater.

Keywords: Sewage, wastewater, discharges, sanitation

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	10
1.3 OBJETIVO GENERAL	11
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
2. FUNDAMENTACIÓN TEORICA Y CIENTIFICA	11
2.1 MARCO TEÓRICO	11
2.1.1 Tipos de sistemas de alcantarillado	11
2.1.2 Clasificación de las aguas residuales	12
2.1.3 Componentes de las redes de alcantarillado	13
2.1.4 Normas generales del diseño de alcantarillados	13
2.2 MARCO LEGAL	19
3. METODOLOGIA.....	19
3.1 INFORMACIÓN PRIMARIA	22
3.1.1 Localización.....	22
3.1.2 Componente Atmosférico.....	23
3.1.3 Componente geosférico	26
3.1.4 Componente hidrológico.....	27
3.1.5 Componente económico.....	28
3.2 DEMOGRAFÍA	31
3.2.1 Estudio de la población.....	31
3.3 Levantamiento de sistema de alcantarillado sanitario	45
3.3.1 Calculo hidráulico de la red de alcantarillado Sanitario de San Javier	45
3.4 ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE	55

3.4.1 Descripción del sistema de alcantarillado sanitario	55
3.4.2 Tipo y elementos del sistema	57
3.4.3 Sistema de tratamiento de agua residual	59
3.5 DESCRIPCIÓN DE LOS VERTIMIENTOS.....	60
3.5.1 Vertimiento Ferrocarril	60
3.5.2 Vertimiento El Mirador	61
3.5.3 Vertimiento Igua.....	62
3.6 CALIDAD DE AGUA.....	62
3.7 DEFINICIÓN DE IMPACTOS POTENCIALES Y DETERMINACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA EXISTENTE EN EL SISTEMA- ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES	70
3.7.1 Problemas identificados:	70
3.8 FORMULACIÓN DE LA RECOMENDACIONES.....	72
4. CONCLUSIONES.....	73
5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	75
6. ANEXOS	76

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Dotación neta máxima.....	15
Tabla 2: Aporte de infiltración por longitud de tubería.....	16
Tabla 3: Profundidad a cotas claves del colector	17
Tabla 4: Diámetros de las estructuras de conexión.....	18
Tabla 5: Metodología a realizar.....	21
Tabla 6: Limites veredales de la inspección de San Javier	23
Tabla 7: Registros mensuales de precipitación Estación La Mesa, Periodo 1986-2013....	24
Tabla 8: Registros mensuales de precipitación Estación La Esperanza – Periodo 1986-2013.....	25
Tabla 9: Formaciones geológicas	26
Tabla 10: Suscriptores servicio de acueducto	31
Tabla 11: Asignación del nivel de complejidad del sistema.....	32
Tabla 12: Métodos de cálculos permitidos según el nivel de complejidad del sistema.	33
Tabla 13: Constante de la proyección de la población por el método aritmético.....	34
Tabla 14: Proyección de la población por el método aritmético	35
Tabla 15: Tasa de crecimiento para la proyección de población por el método geométrico.	37
Tabla 16: Proyección de la población por el método geométrico.	38
Tabla 17: Tasa de crecimiento para proyección de la población por el método exponencial	40
Tabla 18: Proyección de la población por el método exponencial	41
Tabla 19: Proyección de la población de la Inspección de San Javier	42
Tabla 20: Proyección de la población más población flotante de la inspección de San Javier.....	44
Tabla 21: Aporte de infiltración.....	47
Tabla 23: Longitudes de la red de alcantarillado.....	57
Tabla 24: Longitud y cobertura total	58
Tabla 25: Componentes del sistema de alcantarillado sanitario.....	59
Tabla 26: Descripción resumida del sistema de alcantarillado sanitario de San Javier.....	59
Tabla 27: Características de vertimientos existentes	62
Tabla 28: Parámetros a caracterizar.	65
Tabla 29: Parámetros correspondientes a la clase II.	66
Tabla 30: Características principales de los monitoreos realizados.	67
Tabla 31: Resultados de la caracterización de los vertimientos.	67

Tabla 32: Resultados caracterización 1 Q. San Javier.....	68
Tabla 33: Resultados caracterización 2 Q. San Javier.....	69

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Metodología para la realización del diagnóstico del sistema de alcantarillado	22
Ilustración 2: Localización de la inspección San Javier	23
Ilustración 3: Registros mensuales de precipitación estación La Mesa Periodo 1986- 2013	24
Ilustración 4: Registros mensuales de precipitación Estación La Esperanza Periodo 1986- 2013.....	25
Ilustración 5: Localización de la subcuenca del rio Apulo.....	28
Ilustración 6: Economía en el municipio de La Mesa, Cundinamarca	29
Ilustración 7: Grafico comparativo de los tres métodos para el cálculo de proyección de población.....	43
Ilustración 8: Grafico para el cálculo del radio hidráulico en una tubería.....	52
Ilustración 9: Zona de vertimiento Ferrocarril	61
Ilustración 10: Zona de vertimiento El Mirador	61
Ilustración 11: Zona de vertimiento Igua.....	62
Ilustración 12: Valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas.	64

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1: Caudal de aguas residuales	14
Ecuación 2: Caudal de diseño.....	16
Ecuación 3: Método aritmético para la proyección de población.....	33
Ecuación 4: Constante para la proyección método aritmético	34
Ecuación 5: Método geométrico para proyección de población	36
Ecuación 6: Tasa de crecimiento método aritmético	36
Ecuación 7: Método exponencial para proyección de población.....	39
Ecuación 8: Tasa de crecimiento método exponencial	39
Ecuación 9: Aporte domestico de aguas residuales.....	46
Ecuación 10: Caudal medio diario	48
Ecuación 11: Factor de mayoración.....	48
Ecuación 12: Caudal máximo horario	48
Ecuación 13: Caudal de diseño.....	49
Ecuación 14: Velocidad a tubo lleno	50
Ecuación 15: Caudal a tubo lleno	50
Ecuación 16: Número de Froude	51
Ecuación 17: Esfuerzo cortante medio	51
Ecuación 18: Radio hidráulico de la tubería.....	52
Ecuación 19: Cabeza de energía.....	53
Ecuación 20: Porcentaje de alineamiento en una tubería	53
Ecuación 21: Diferencia de energía	54
Ecuación 22: Cobertura de alcantarillado.....	56

1. INTRODUCCIÓN

A partir de la problemática de saneamiento básico en las pequeñas comunidades, surge la necesidad de contar con sistemas eficientes de recolección de aguas residuales que permitan garantizar a la población servicios que incidan en la salud pública, la cual se encuentra enfocada en el control y sobre todo en la prevención de enfermedades. Es necesario que los departamentos y municipios se esfuercen por garantizar que el mayor número de personas tengan acceso a servicios de eliminación de aguas residuales seguros. Además, “Los municipios con cobertura menor a la exigida pueden estar realizando desagües inadecuados de sus aguas residuales domésticas a fuentes receptoras hídricas, o directamente al suelo, generando contaminación a las fuentes hídricas y causando erosión, deslizamientos e inestabilidad de los taludes. El impacto sobre la salud, especialmente de los niños, niñas y adolescentes, quienes son mucho más vulnerables a estas situaciones, puede ser bastante negativo. [1]”.

Teniendo en cuenta la importancia de los sistemas de alcantarillado para las administraciones municipales, es de gran importancia realizar una serie de diagnósticos y evaluar los sistemas actuales con el fin de determinar los criterios necesarios para la optimización de dichos sistemas. “Los municipios del país están en la obligación de elaborar un plan maestro de acueducto y alcantarillado que detalle la situación del municipio para así tener una visión clara de los puntos a mejorar y de esta forma formular programas y estrategias a largo plazo para la creación de proyectos acordes que permitan el mejoramiento de los servicios de agua potable y saneamiento básico. [1]”.

El propósito del siguiente documento es analizar el funcionamiento de la infraestructura y el cumplimiento de los lineamientos técnicos definidos en el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2017 del sistema de alcantarillado sanitario de la inspección de San Javier en el municipio de la Mesa Cundinamarca con el fin de diagnosticar su estado para así determinar alternativas que permitan su optimización y contribuyan al mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Qué estrategias se deben implementar para la optimización del sistema de alcantarillado sanitario de la inspección de San Javier, teniendo en cuenta los parámetros del reglamento de agua potable y saneamiento básico RAS 2017?

En la actualidad el sistema de alcantarillado de la inspección de San Javier es de tipo combinado y no cuenta con un catastro actualizado debido a que en su gran mayoría ha sido instalado por la comunidad generando incertidumbre en su operación y estado estructural por falta de mantenimiento, rehabilitación, reposición y expansión en las redes existentes, por lo cual, su operación no es la adecuada en el área de influencia del proyecto; trayendo consecuencias como el incremento de problemas de salud en la población y otro tipo de morbilidades relacionadas con el estancamiento de las aguas servidas y mal manejo de vertimientos, ocasionando así condiciones inapropiadas de bienestar en la comunidad.

El buen funcionamiento de un sistema de alcantarillado depende en gran parte del estado estructural de las redes. Un sistema con redes en mal estado puede colmatarse y/o presentar filtraciones o infiltraciones en algunos puntos de la red, ocasionando problemas de estabilidad en las vías y en algunos casos el retorno de las aguas sanitarias a las viviendas.

Además, es necesario que los municipios tengan un diagnóstico actualizado sobre el estado de las redes de alcantarillado con el fin de establecer prioridades para la generación de proyectos de ampliación, mantenimiento, e inversión de sus recursos.

La inspección de San Javier necesita de un adecuado sistema de alcantarillado sanitario. El proyecto busca realizar un diagnóstico que permita evaluar el sistema para ayudar a la ERAT (Empresa Regional Aguas del Tequendama) a continuar con los planes de saneamiento de aguas residuales, con el fin de reducir al máximo los riesgos que se puedan presentar a causa del mal manejo de vertimientos, así como aportar recomendaciones que permitan contribuir a la problemática ambiental establecida en la Sentencia del Consejo de Estado sobre el río Bogotá.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto acerca de la identificación y evaluación del manejo de las aguas residuales en la inspección de San Javier nos permitirá proponer alternativas que permitan mejorar las condiciones actuales del sistema de alcantarillado sanitario por medio del cumplimiento de los estándares mínimos de diseño establecidos en el reglamento de agua potable y saneamiento básico (RAS 2017), contribuyendo así a la problemática ambiental y social que ocasiona el incorrecto manejo de las aguas residuales.

Se debe buscar y promover desde nuestra área y alcance, soluciones que permitan fortalecer la prestación de servicios básicos a poblaciones vulnerables, para así disminuir riesgos de morbilidad a causa de problemáticas identificadas por eventos relacionados con la condición o deterioro del recurso hídrico y del suelo, por el mal manejo de vertimientos y residuos sólidos. De acuerdo con los planes del distrito en salud ambiental, pero aplicables al resto de ciudades del país; estos proyectos buscan potenciar los factores que propendan en mejorar la calidad de vida y salud de la comunidad, con un trabajo transitorio, de participación social y comunitaria, entendida esta última como base fundamental del desarrollo humano sostenible.

El *Programa de cultura del agua, participación y manejo de conflictos* establece que: “La administración y planificación del recurso hídrico enfrentan una serie de desafíos como resultado de las diversas dinámicas y necesidades entre los actores presentes en el territorio. Por lo tanto, debe darse inicio a procesos que busquen contrarrestar la débil gobernabilidad del recurso hídrico en el país [2]”.

Es por esto que este proyecto busca además reconocer y analizar los diferentes factores que directa o indirectamente están implicados en la problemática ambiental que surge debido al mal manejo de vertimientos en la comunidad de San Javier, para aportar desde el área de la ingeniería civil herramientas que permitan la búsqueda de alternativas y soluciones para la preservación, aprovechamiento y buen uso del recurso hídrico en el municipio de La Mesa, Cundinamarca.

1.3 OBJETIVO GENERAL

Elaborar el diagnóstico y evaluación del sistema de alcantarillado sanitario del centro poblado de San Javier en el municipio de La Mesa departamento de Cundinamarca, generando recomendaciones para la optimización del sistema sanitario con base en los parámetros de la norma técnica del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2017.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Recopilar la información de estudios y diseños en entidades públicas de la inspección San Javier para analizar los diferentes factores del sistema general de alcantarillado.
2. Estimar la evolución demográfica de la inspección de San Javier.
3. Levantar la infraestructura de alcantarillado existente utilizando información secundaria.
4. Describir las características y el estado actual del sistema de alcantarillado sanitario en el área de estudio.
5. Determinar la problemática y definir las necesidades actuales del sistema en general.
6. Formular las recomendaciones para la optimización del sistema de alcantarillado sanitario de San Javier.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y CIENTÍFICA

2.1 MARCO TEÓRICO

“El sistema de alcantarillado está conformado por todas las tuberías y estructuras de las redes, bien sea de aguas residuales, pluviales o combinadas. El papel de esta parte del sistema es el de recolectar el agua residual y conducirla a las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) y recolectar el agua lluvia hasta disponerla en el cuerpo receptor.

Las PTAR tienen como función recibir las aguas residuales para ser tratadas hasta un nivel óptimo [3]”.

2.1.1 Tipos de sistemas de alcantarillado

Los sistemas de alcantarillado sanitario pueden clasificar de acuerdo al tipo de agua que conduzcan, de la siguiente forma:

- Alcantarillado pluvial: Es el sistema de evacuación de la escorrentía superficial producida por la lluvia.
- Alcantarillado sanitario: Es el sistema de recolección diseñado para llevar exclusivamente aguas residenciales domésticas e industriales.
- Alcantarillado combinado: Es un alcantarillado que conduce simultáneamente las aguas residuales y las aguas lluvia.

“Unir las aguas residuales con las aguas de lluvia, es una solución económica inicial desde el punto de vista de la recolección, pero no lo será tanto cuando se piense en la solución global de saneamiento que incluye la planta de tratamiento de aguas [4]”.

El alcantarillado sanitario es la red generalmente de tuberías, a través de la cual se deben evacuar en forma rápida y segura las aguas residuales hacia una planta de tratamiento y finalmente a un sitio de vertido donde no causen daños ni impactos hídricos negativos.

2.1.2 Clasificación de las aguas residuales

Las aguas residuales pueden tener varios orígenes:

- Aguas residuales domésticas: Las aguas residuales domésticas son producto de la utilización del líquido en las diferentes actividades de un hogar, las cuales producen un nivel de contaminación al agua que puede manifestar la presencia de sólidos, desechos orgánicos, nutrientes (nitrógeno y fósforo), detergentes, jabones y grasas, lo que precisa de un proceso para su eliminación.

Comúnmente se les conoce también como aguas servidas o aguas negras y la importancia de su tratamiento y descontaminación radica en la posibilidad de devolver el líquido a afluentes naturales, sin que represente un peligro para los seres vivos que tengan contacto con él, lo que constituye una forma de aprovechamiento del vital líquido.

- Aguas residuales industriales: Se originan de los desechos de procesos industriales o manufactureros y debido a su naturaleza pueden contener además de los componentes de las aguas residuales domésticas, elementos tóxicos tales como plomo, mercurio, níquel, cobre y otros que requieren ser removidos.

Las aguas utilizadas en procesos industriales o comerciales, poseen alta contaminación según las actividades de origen, por lo que es importante la reducción/eliminación de los contaminantes contenidos en dicha agua, utilizando métodos químicos (Dosificación de químicos flocculantes, coagulantes y de precipitación) y métodos físicos (decantación, flotación y filtración).

Es posible tratar las aguas residuales hasta el punto que pueda desearse a fin de hacerlas adecuadas para cualquier propósito, a diferencia de lo que ocurre en el tendido de suministro de agua, las aguas residuales circulan por el alcantarillado principalmente por efecto de la gravedad. Es necesario que la tubería esté inclinada para permitir un flujo de una velocidad de al menos 0,45 m/s, ya que a velocidades más bajas la materia sólida tiende a depositarse.

2.1.3 Componentes de las redes de alcantarillado

“Los componentes principales de las redes que integran los alcantarillados, son las siguientes:

- **Tuberías laterales o iniciales:** son tuberías de pequeño diámetro (150 a 250 mm) de diámetro interno, reciben los desagües provenientes de las acometidas domiciliarias.
- **Colectores Secundarios:** son las tuberías que recogen las aguas de las tuberías iniciales y las conducen al colector principal.
- **Colector Principal:** son tuberías de gran diámetro, situadas generalmente en las partes más bajas y transportan las aguas servidas hasta el emisario final.
- **Emisario Final:** es el conducto que recibe las aguas de uno o más colectores en su trayecto y su función es conducir las aguas negras a la planta de tratamiento. También se le denomina emisor al conducto que lleva las aguas tratadas (efluente) de la planta de tratamiento al sitio de descarga.
- **Pozos de inspección:** son estructuras generalmente hechas en mampostería o concreto, permiten la unión de los tramos de la red de alcantarillado además permiten el cambio de dirección en el alineamiento horizontal o vertical, el cambio de diámetro o sección y también permite las labores de inspección, limpieza y mantenimiento general.
- **Cámaras de caída:** Por razones de carácter topográfico o por tenerse elevaciones obligadas, suele presentarse la necesidad de construir estructuras que permitan efectuar en su interior los cambios bruscos de nivel; las cámaras de caída son estructuras utilizadas para realizar la unión de colectores en alcantarillados de alta pendiente, con el objeto de evitar velocidades superiores a la máxima permitida y la posible erosión de la tubería.

El requerimiento mínimo para el empleo de la cámara de caída es que exista una diferencia mayor de 1,00 m entre las cotas batea de las tuberías entrante y saliente [5]”.

2.1.4 Normas generales del diseño de alcantarillados

Las normas que se describen a continuación obedecen generalmente a parámetros citados del reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico

RAS 2000, y se usan los ajustes que se implementaron en algunos parámetros del RAS por medio de la resolución número 0330 del 08 de junio de 2017.

Definición del período de diseño: “Como parte del desarrollo de los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y/o aguas lluvias, y antes de generar alternativas de solución, es necesario establecer el período de planeamiento teniendo en cuenta que este comienza desde el año inicial de operación. Para la definición del período de planeamiento o período de diseño se deben tener en cuenta: la capacidad del sistema para atender la demanda futura, la densidad poblacional actual y la de saturación, la durabilidad de los materiales y equipos empleados, la calidad de la construcción, así como también la operación y el mantenimiento del mismo. A su vez, el período de planeamiento está influido por la demanda del servicio, la programación de las inversiones, las ampliaciones del sistema, las tasas de crecimiento de la población y, el crecimiento económico del municipio o localidad. Como mínimo, los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y/o lluvias deben proyectarse para 25 años para el nivel de complejidad medio, medio alto y bajo [6]”.

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

Se deben estimar los caudales para las condiciones iniciales y finales del periodo de diseño, en cada uno de los tramos de la red.

Cuando se utilice proyección de población, se debe calcular con la Ecuación 1:

$$Qd = \frac{CR * P * D_{neta}}{86400}$$

Ecuación 1: Caudal de aguas residuales

Donde (D_{neta}) es la dotación neta de agua potable proyectada por habitante (L/hab. día) y (P) es el número de habitantes proyectados al periodo de diseño, el coeficiente de retorno (CR) debe estimarse a partir del análisis de información existente en la localidad y/o de mediciones de campo realizadas por la persona prestadora del servicio. De no contar con datos de campo, se debe tomar un valor de 0,85 [7]”.

Dotación neta máxima: “La dotación neta debe determinarse haciendo uso de información histórica de los consumos de agua potable de los suscriptores, disponible por parte de la persona prestadora del servicio de acueducto o, en su defecto, recopilada en el Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos domiciliarios (SSPD), siempre y cuando los datos sean consistentes [7]” Según la Tabla 1.

Altura promedio sobre el nivel del mar de la zona	Dotación neta maxima (L/hab*día)
>2000 m.s.n.m	120
1000- 2000 m.s.n.m	130
<1000 m.s.n.m	140

Tabla 1: Dotación neta máxima

Fuente: Resolución 0330 de 2017

De acuerdo con la información proporcionada por AGUAS DEL TEQUENDAMA S.A. – E.S.P, la zona urbana de la Inspección de San Javier del Municipio de La Mesa, no cuenta con usuarios comerciales ni industriales, de esta forma únicamente cuenta con un total de 252 usuarios (reporte a 2016) del servicio de Acueducto y Alcantarillado por esta razón para la realización del proyecto no se tendrán en cuenta los caudales de aguas residuales industriales (QI) y comerciales (Qc)

Caudal de aguas residuales industriales (QI): “Debe evaluarse de acuerdo al tipo y tamaño de la industria, así como de los procesos de tratamiento de aguas, reutilización de la misma y tecnología empleada para reducir el impacto ambiental”. Debido a que no existe una zona industrial, no se tendrá en cuenta este valor.

Caudal de aguas residuales comerciales (Qc): “Debe estar justificado con un estudio detallado, basado en consumos netos, densidades de población y coeficientes de retorno mayores que los de consumo doméstico”. Debido a que no existe una zona comercial, no se tendrá en cuenta este valor.

Caudal de aguas residuales institucionales (QIN): “Se encuentran los aportes de instituciones tales como escuelas, colegios, universidades, centros de salud, hospitales, hoteles y otros establecimientos que requieren un tratamiento especial [7]”.

El valor para este caudal no es representativo, no se tendrá en cuenta.

Factor de mayoración (F): “Este valor tiene en cuenta las variaciones en el consumo de agua por parte de la población. El valor de este factor disminuye a

medida que el número de habitantes aumenta. Este valor se calcula en función del número de habitantes

El factor de mayoración utilizado en la estimación del caudal máximo horario debe calcularse haciendo uso de mediciones de campo, en las cuales se tengan en cuenta los patrones de consumo de la población. En ausencia de datos de campo, se debe estimar con las ecuaciones aproximadas, teniendo en cuenta las limitaciones que puedan presentarse en su aplicabilidad. Este valor deberá estar entre 1,4 y 3,8. [7]”.

Conexiones Erradas: “El criterio definido por la norma RAS 2017 establece que para poblaciones que disponen de un sistema de alcantarillado pluvial, el valor de conexiones erradas puede variar entre 0,1 lt/s*ha hasta 0,2 lt/s*ha tomado el valor máximo en poblaciones pequeñas en donde las medidas de control pueden no ser eficientes, en caso de no existir un alcantarillado pluvial el aporte de conexiones erradas puede ser superior a los 2 lt/s* ha.

Caudal de Infiltración: “El caudal de infiltración debe estimarse a partir de aforos en el sistema y de consideraciones sobre la naturaleza y permeabilidad del suelo, la topografía de la zona y su drenaje, la cantidad y distribución temporal de la precipitación, la variación del nivel freático con respecto a las cotas claves de las tuberías, las dimensiones, estado y tipo de tuberías, los tipos, número y calidad constructiva de uniones y juntas, el número de estructuras de conexión y demás estructuras, y su calidad constructiva.[7]”. Como se muestra en la Tabla 2

Aporte de infiltración por longitud de tubería			
Condiciones	Infiltración (L/s-km)		
	Alta	Media	Baja
Tuberías existentes	4,0	3,0	2,0
Tuberías nuevas con unión de:			
– Cemento	3,0	2,0	1,0
– Caucho	1,5	1,0	0,5

Tabla 2: Aporte de infiltración por longitud de tubería

Fuente: Resolución 0330 de 2017

Caudal de diseño (QDT): “El caudal de diseño de cada tramo de la red de colectores se obtiene sumando al caudal máximo horario del día máximo, los aportes por conexiones erradas y por infiltraciones como se muestra en la Ecuación 2.

$$QDT = QMH + QCEF + QINF$$

Ecuación 2: Caudal de diseño

Nota: “Cuando el caudal de diseño calculado en el tramo sea menor que 1,5 L/s, debe adoptarse este último valor como caudal de diseño para el tramo [7]”. Este caudal es con el cual se parte a hacer el diseño hidráulico de las tuberías.

Localización de redes: “Para la realización del proyecto se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las tuberías de alcantarillado deben estar a una distancia mínima de 0,5 de la acera y 1,5 m del paramento, medida entre las superficies externas del conducto, y del sardinel y el paramento, según corresponda.
- Las tuberías de alcantarillado no pueden estar ubicadas en la misma zanja de una tubería de acueducto, y su cota clave siempre debe estar por debajo de la cota batea de la tubería de acueducto.
- Las distancias mínimas libres entre los colectores que conforman la red del sistema de recolección y evacuación de aguas residuales y/o lluvias, y las tuberías de otras redes de servicios públicos deben ser medidas entre las superficies externas de los dos conductos” [7].

Profundidad de instalación de la tubería en alcantarillados:

“La profundidad de instalación de los colectores debe estar sustentada por estudios geotécnicos y de estabilidad, teniendo en cuenta las condiciones mecánicas y estructurales de la tubería, las uniones y el suelo. Los valores mínimos permisibles de recubrimiento de los colectores que no requieren protección a cargas vivas, con relación a la rasante definitiva.” [6] como se define en la Tabla 3.

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

Tabla 3: Profundidad a cotas claves del colector

Fuente: Resolución 0330 de 2017

Diámetro interno real mínimo: “El valor permitido para el diámetro interno real mínimo en redes de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales en el alcantarillado sanitario es de 170 mm. Para poblaciones menores de 2.500 habitantes el diámetro interno real permitido es de 140 mm. Para que puedan evitarse obstrucciones en los conductos por objetos de gran tamaño que entren al sistema. [6]”.

Criterios de auto limpieza en los alcantarillados sanitarios: “La velocidad mínima real permitida en el colector de alcantarillado sanitario es aquella que genere un esfuerzo cortante en la pared de la tubería mínimo de 1,0 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 [6]”.

Velocidad máxima en los alcantarillados sanitarios: “La velocidad máxima real en un colector por gravedad no debe sobrepasar 5,0 m/s, determinada para el caudal de diseño. [6]”.

Relación máxima entre profundidad de flujo y diámetro de la tubería en los alcantarillados sanitarios: “Para permitir la 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. [6]”.

Requisitos de diseño de estructuras de conexión

Las estructuras de conexión pueden ser pozos o cámaras de inspección. Deben cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

- Las estructuras de conexión deben ubicarse como mínimo en los siguientes puntos de la red de alcantarillado: al inicio de la red; en los cambios de dirección del flujo; en los cambios de diámetro, material y pendiente del colector; en la confluencia de más de dos tuberías; y a distancia máxima de 120 m para tramos sin aportes de caudal y 300 m en interceptores y emisarios finales sin aportes de caudal.
- El diámetro interno de la estructura de conexión debe definirse con las condiciones hidráulicas y geométricas del empalme de las tuberías, garantizando que las tuberías que se conecten a la estructura caben sin cruzarse entre sí y que las pérdidas hidráulicas debido al radio de curvatura de conexión sean mínimas.

Adicionalmente, se debe considerar la disponibilidad de equipos para el mantenimiento. Las estructuras de conexión para inspección, limpieza e ingreso del personal de mantenimiento deben diseñarse con los diámetros mínimos estipulados en la Tabla 4.

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

Tabla 4: Diámetros de las estructuras de conexión

Fuente: Resolución número 0330 del 08 de junio de 2017.

- Todas las estructuras 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.

2.2 MARCO LEGAL

- *Guía RAS-001, Ministerio de Ambiente, vivienda y desarrollo territorial MAVDT Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000, Título D.*

Expedida por Ministerio de Desarrollo Económico, Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico

título D - Sistemas de recolección y evaluación de aguas residuales domésticas y pluviales, el cual remite en alguno de sus apartes a numerales del título A- Aspectos generales de los sistemas de agua potable y saneamiento básico, título B- Sistemas de acueducto y el título E- Tratamiento de aguas residuales.

Debe tenerse en cuenta los compromisos adquiridos por el Estado colombiano en lo concerniente a los objetivos del milenio, y a lo establecido en el Título I: Componente ambiental para los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo, del RAS, al igual que la Ley 388 de 1997 o aquella que la modifique o sustituya.

- *Resolución 0330 de 2017 del MCVT*

La Resolución reglamenta los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de diseño construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo.

- *RESOLUCIÓN 631 DE 2015. Del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible*

Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.

3. METODOLOGIA

El enfoque utilizado para la recolección y análisis de datos es de tipo cuantitativo, basado en información cuantificable, así como variables estadísticas para el análisis y la interpretación de resultados, también se realiza recolección de información por

medio de análisis documental como lo son estudios hidrológicos, geográficos, geológicos e información general de la región.

En la Tabla 5 se relaciona los objetivos específicos del proyecto con las actividades a realizar, la descripción de cada actividad y los recursos con los que se cuentan para la realización de la misma.

Objetivo	Actividad	Descripción	Recursos
1	Recolección de información	Realizar una recopilación de información de la población para la cual va dirigido el proyecto, además se identificarán estudios y diseños necesarios como lo son: Estudios hidrológicos, Condiciones geológicas, Estudio de suelos, límites territoriales, marco económico de la región.	-Plan básico de ordenamiento territorial- PBOT -Reporte de resultados de estaciones climatológicas. CAR 2016
2	Estudios de la población	Por medio de información demográfica se realiza el respectivo estudio y la respectiva proyección de la población de San Javier	
3	Levantamiento de la infraestructura	Con base en información secundaria se realiza el levantamiento de la infraestructura de alcantarillado sanitario para posterior a esto realizar su análisis.	
4	Descripción de las características y el estado actual del sistema de alcantarillado	Se llevará a cabo el diagnóstico de la infraestructura existente por medio de información secundaria de entidades municipales y locales, como los son los planes ambientales de la región, el plan de saneamiento y manejo de vertimientos, plan maestro de acueducto y	-Plan maestro de acueducto y alcantarillado para Cundinamarca, 2011 -Guía para formulación del plan de saneamiento y

Objetivo	Actividad	Descripción	Recursos
		alcantarillado de san Javier, entre otros.	manejo de vertimiento. CAR, 2016
5	Valoración de la problemática y definición de las necesidades	De acuerdo al diagnóstico que se obtenga del sistema existente en general, se identificarán los aspectos en los que el sistema no cumple con los lineamientos del reglamento de agua potable y saneamiento básico (RAS 2017)	-Reglamento técnico del sector de agua potable (RAS 2017)
6	Formulación de las recomendaciones para la optimización del sistema	Se proponen recomendaciones que contribuyan al mejoramiento del sistema y a la correcta evacuación de las aguas residuales.	-Reglamento técnico del sector de agua potable (RAS 2017)

Tabla 5: Metodología a realizar

Fuente: Elaboración propia.

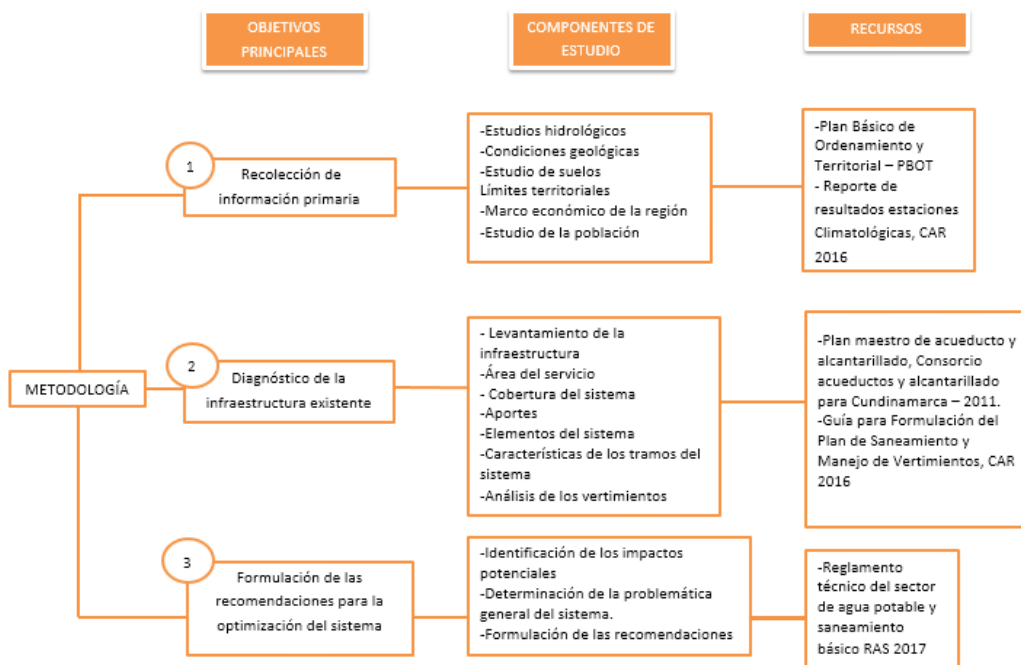


Ilustración 1: Metodología para la realización del diagnóstico del sistema de alcantarillado

Fuente: Elaboración propia

3.1 MARCO CONTEXTUAL

3.1.1 Localización

El municipio de la Mesa se encuentra ubicado a 65 km de Bogotá en las siguientes coordenadas; latitud norte 4° 37' 49" y una longitud oeste de 74° 27' 45" con una altitud de 1200 m.s.n.m.

La inspección San Javier está ubicada al norte del casco urbano, a 5 km por carretera se ubica entre las coordenadas E 956965, E 957589 y N 1006087, N 1006915, se encuentra a una altura sobre el nivel del mar de 998 metros, y su extensión geográfica es de 26,21 Ha.



Ilustración 2: Localización de la inspección San Javier

Fuente: Archivo: Colombia_Cundinamarca_location_map_(adm).svg

Límites Veredales

	VEREDAS
NORTE	Margarita, Paraíso, San Lorenzo
SUR	San Nicolás Bajo
ORIENTE	Doima, San Nicolás
OCCIDENTE	La Trinidad

Tabla 6: Límites veredales de la inspección de San Javier

Fuente: PSMV Inspección San Javier, Municipio de La Mesa, Cundinamarca.2016

3.1.2 Componente Atmosférico

3.1.2.1 Temperatura

La temperatura media obtenida por estaciones climatológicas del sector dio como resultado una temperatura de 21,78°

3.1.2.2 Precipitación

Según el PSMV de la inspección de San Javier se toma como referencia las estaciones de “LA MESA” y “LA ESPERANZA” para obtener información en relación a precipitaciones mensuales y anuales, las dos estaciones son operadas por la CAR y se describen a continuación

- Estación climatológica principal La Mesa código 2120639, Municipio de La Mesa.
- Estación Climatológica Principal y Limnimétrica La Esperanza código 2120647, Municipio de La Mesa.

Teniendo en cuenta que en Colombia se presenta un régimen pluviométrico bimodal caracterizado por presentar dos períodos típicos de lluvias en el año. Para realizar el análisis de la precipitación en el Municipio se tomaron los datos obtenidos para la Estación La Mesa entre los periodos de 1986 y 2013, en donde se presenta que la precipitación total anual de 1286,19 mm, con un promedio mensual de 107,18 mm y para la Estación La Esperanza entre los periodos de 1994 y 2013, la precipitación total anual es de 1658,46 mm, con un promedio mensual de 138,9 mm.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
	En mm de agua.											
MAX	193,9	317,5	324,2	355,7	249,3	178,4	128,2	273,2	160,1	280,6	378,5	262,3
MED	81,35	112,96	146,39	137,90	132,37	55,57	38,07	48,56	79,44	149,45	185,09	119,04
MIN	0	6	37,9	0,7	10,3	0,4	5,9	0,1	23,2	29,7	66,4	33,1
DESV	61,58	77,09	66,81	88,28	66,51	38,98	26,97	58,02	37,50	72,79	65,18	57,60

Tabla 7: Registros mensuales de precipitación Estación La Mesa, Periodo 1986-2013

Fuente: Corporación Autónoma Regional. Reporte de resultados Estación Climatológica Principal La Mesa código [2120639].

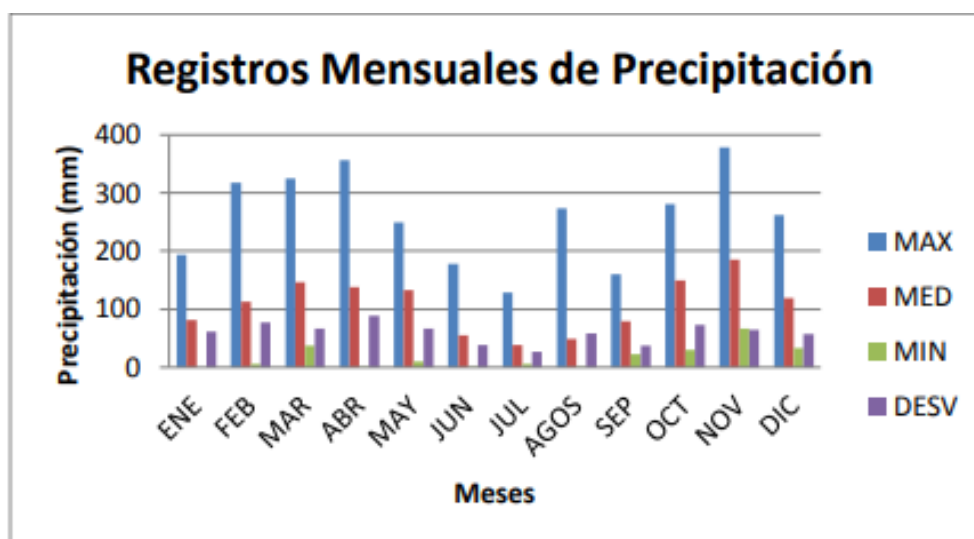


Ilustración 3: Registros mensuales de precipitación estación La Mesa Periodo 1986- 2013

Fuente: Corporación Autónoma Regional. Reporte de resultados Estación Climatológica Principal La Mesa código [2120639].

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
MAX	281,6	284,6	298,9	412,9	348,7	238,7	140,7	201,5	246,7	461,4	463	270,1
MED	118,47	129,48	160,68	195,41	167,83	91,04	53,17	77,92	98,62	217,74	210,46	137,65
MIN	17,5	23,2	49,2	11,1	15,4	22,4	8,5	1,5	19,6	34,5	77,5	21,9
DESV	70,51	76,53	60,86	109,50	82,72	56,46	33,21	55,18	60,66	112,58	106,88	60,67

Tabla 8: Registros mensuales de precipitación Estación La Esperanza – Periodo 1986- 2013

Fuente: Corporación Autónoma Regional. Reporte de resultados Estación Climatológica Principal La Mesa código [2120647].

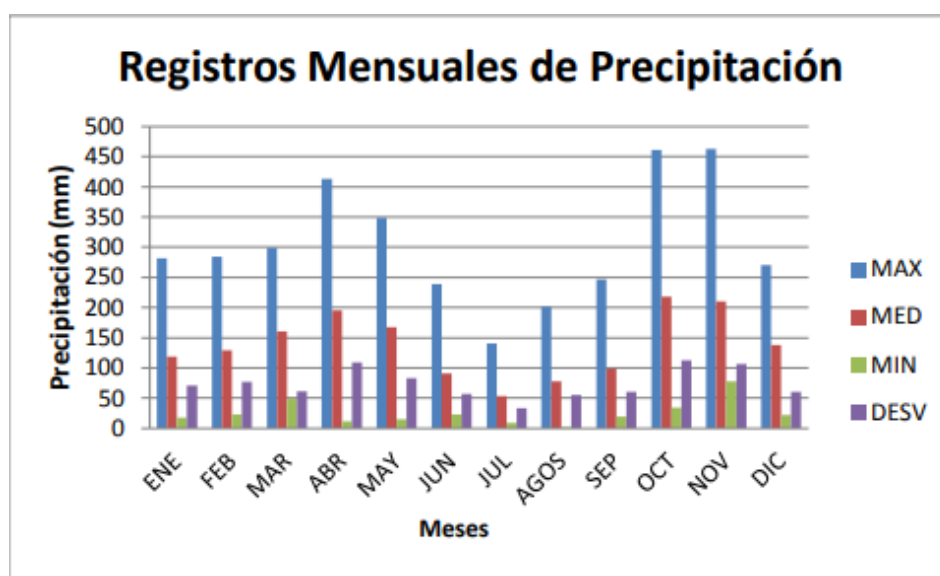


Ilustración 4: Registros mensuales de precipitación Estación La Esperanza Periodo 1986- 2013

Fuente: Corporación Autónoma Regional. Reporte de resultados Estación Climatológica Principal La Mesa código [2120647].

Según datos de la Estación de La Mesa en la Tabla 7 y en la Ilustración 3 se infiere que en el municipio se presenta un régimen pluviométrico bimodal caracterizado por presentar dos períodos típicos de lluvias en el año, uno lluvioso en los meses de febrero a mayo y otro más lluvioso en los meses de agosto a noviembre, en donde se presenta una precipitación máxima de 378,5 mm.

Asimismo, de acuerdo a los datos de la Estación Esperanza en la Tabla 8 y en la Ilustración 4 se infiere que se presenta un régimen pluviométrico bimodal caracterizado por presentar dos períodos típicos de lluvias en el año, uno lluvioso en los meses de abril a mayo y otro más lluvioso en los meses de octubre a noviembre, en donde el mes de noviembre presenta una precipitación máxima de 463 mm.

3.1.3 Componente geosférico

3.1.3.1 Tipo de suelo

“Algunos de los suelos presentes en la Inspección de San Javier pertenecen a la clase C-vis, se caracterizan principalmente por ser de tierras cálidas con fisiografía dominante compuesta por colinas y laderas de montaña con relieves ondulado a fuertemente quebrados sin embargo esto suelos tiene limitaciones por susceptibilidad a la erosión y baja disponibilidad de agua y nutrientes [8]”.

3.1.3.2 Geología

“A nivel general en el Municipio de La Mesa se encuentran depósitos aluviales originados por descongelación glacial. El área de La Mesa está conformada por una terraza aluvial depositada sobre la formación Socotá. Se encuentran depósitos aluviales sobre el cauce del Río Apulo y algunas quebradas afluentes a este. En la Inspección San Javier, se identifican las formaciones Capotes y Socotá [8]”. relacionados en la Tabla 9.

FORMACIÓN	DESCRIPCIÓN
Capotes	Compuesta por limolitas y limotitas negras con algunos niveles de concreciones
Socotá	Presenta lodolitas y limolitas silíceas, algunas de las cuales se presentan calcáreas, con terminación ondulosa y lenticular e intercalaciones de arenitas de cuarzo de grano fino a conglomerado, con cemento calcáreo, en secuencias gradadas

Tabla 9: Formaciones geológicas

Fuente: PSMV Inspección San Javier, Municipio de La Mesa, Cundinamarca.2016

3.1.3.3 Geotecnia

“En la Subcuenca del Río Apulo, se evidencia que las rocas son susceptibles de erosionarse y alterarse, razón por la cual se presentan comportamientos geotécnicos muy pobres para la cimentación de obras civiles [8]”.

3.1.4 Componente hidrológico

La red hídrica del municipio pertenece a la cuenca media baja del río Bogotá que atraviesa al municipio en sentido oriente- occidente para luego desembocar en el municipio de Girardot al río Magdalena; presenta en su territorio dos corrientes de primer orden el Río Apulo y el Río Bogotá.

“El Río Apulo nace en el cerro Manjuí, a una altura sobre el nivel del Mar de 3000 m; en su recorrido pasa por jurisdicción de los municipios de Anolaima, Zipacón, Bojacá, Cachipay, Tena, La Mesa, Anapoima y Apulo.

El Río Apulo desemboca en la margen derecha del Río Bogotá, enseguida del casco urbano del Municipio de Apulo, sobre la cota 500 m.s.n.m., su cuenca vertiente tiene un área de 480 Km², siendo su longitud de 45 Km, de los cuales los primeros 25 Km son en áreas de altas pendientes. Su caudal medio anual antes de su desembocadura es un promedio de 7 m³ /s y en épocas de verano llega hasta caudales de 1m³ /s. Hacia margen derecho del Río Bogotá, drenan las aguas de escurrimiento del casco urbano de La Mesa, como las quebradas Guayacana, San Antonio, Lagunas, Muchilera, los Totumos, San Andrés, San Agustín y Patio bonito. [8]”.

Cuenca Hidrográfica del Río Bogotá Subcuenca del Río Apulo

“La subcuenca del río Apulo se localiza al sur de la Sabana de Bogotá y forma parte de la cuenca media baja del río Bogotá; presenta un rango altitudinal muy pronunciado que varía de 3200 msnm a 425 msnm permitiendo topográficamente relieves montañosos y planos, bajo condiciones climáticas variables entre frío, húmedo, seco, medio húmedo y cálido seco. Se enmarca en los municipios de Anapoima, Apulo, Anolaima, Bojacá, Cachipay, Zipacón, La Mesa y en menor proporción Quipile, Alban, Bituima, Facatativá, Jerusalén, Tena y Tocáima.

El río Apulo nace en El Distrito De Manejo Integrado Cerro Manjui en el municipio de Facatativá y desemboca en la margen derecha del Río Bogotá a la altura del municipio de Apulo; tiene como afluentes principales los ríos Curí, Cachipay, Doña Juana, y las quebradas Agua fría, San Miguel, Las Micas, Salada, La Carbonera, El Limonal y Seca.

La calidad del recurso hídrico de la subcuenca se afecta por las descargas de aguas servidas del municipio de Zipacón y la disposición de residuos sólidos en las riberas del río Apulo. A pesar de esto, el agua de esta subcuenca es utilizada para el riego de productos agrícolas y el consumo animal. [9]”.

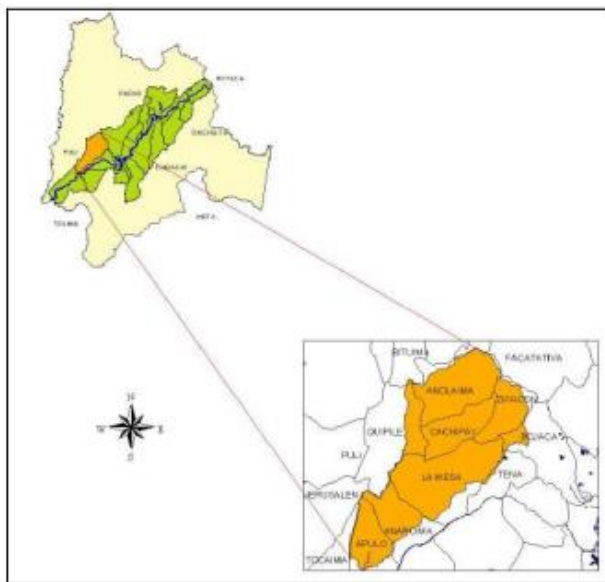


Ilustración 5: Localización de la subcuenca del río Apulo

Fuente: Corporación Autónoma Regional. Elaboración del Diagnóstico, Prospectiva y Formulación de la Cuenca Hidrográfica del Río Bogotá – Subcuenca del río Apulo

“La Cuenca tiene un área total de 48505,4 Ha, en donde el Municipio de La Mesa comprende un área de 12202,11 Ha, el cauce principal tiene una longitud de 55,7Km. La cabecera de la Subcuenca se encuentra sobre la cota de 3200 msnm y la parte baja de su desembocadura, se ubica sobre la cota 425 msnm. [9]”.

Cuenca Hidrográfica de Interés: Río Apulo Sector La Mesa- Inspección San Javier “El Río Apulo se encuentra en el último tramo de la cuenca del Río Bogotá y esta denominado por el Código 2120-02. Siendo este uno de los contribuyentes a los altos contenidos de materia orgánica, sólidos suspendidos y patógenos, generados por los vertimientos que se realizan en los municipios aledaños. Se tiene que la cuenca del Río Apulo la comprenden los Ríos Curí y Apulo, así como sus afluentes, en todas las extensiones. [10]”.

3.1.5 Componente económico

3.1.5.1 Aspectos socioeconómicos del Municipio

En términos generales el municipio de La Mesa se caracteriza por contar en su gran mayoría con producción agropecuaria compuesta por pequeños productores de café, caña de azúcar, mango, maracuyá, naranja y limón, de esta manera se complementan también con actividades agrícolas y pecuarias principalmente en bovinos y porcinos

Desde la perspectiva económica se puede señalar que el municipio se encuentra en una condición intermedia, donde el sector primario sigue siendo la base económica del mismo.

Tres tendencias importantes:

1. Industrialización vinculada fundamentada en la transformación de algunos productos agropecuarios
2. Importancia comercial del municipio- intercambio entre la producción de tierra caliente, ofertas de tierra fría y demandas de la ciudad Capital
3. Explotación de potencial turístico en el municipio (casas de descanso o segundas residencias)

Como se muestra en la Ilustración 6, en La Mesa Cundinamarca el 30 % de la actividad económica es el Turismo, siendo esta la actividad económica principal en el municipio seguida por actividades de ganadería y agricultura con el 25% cada una y actividades de piscicultura con el 20%

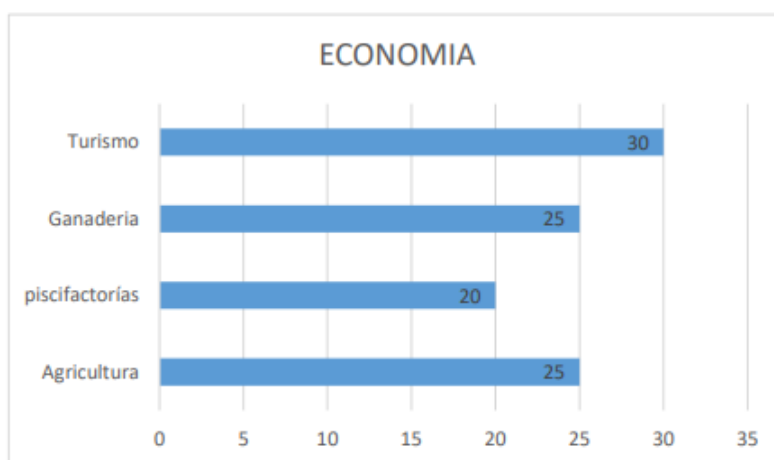


Ilustración 6: Actividades económicas en el municipio de La Mesa.

Fuente:

https://www.dane.gov.co/files/censo2005/perfiles/cundinamarca/la_mesa.pdf

“La Mesa cuenta con un alto porcentaje de turismo siendo este uno de sus principales ingresos económicos seguido por la ganadería y la agricultura [11]”.

3.1.5.2 Nivel de ingresos

“De acuerdo con el Decreto 065 de 2014 “Por el cual se determina la categoría del Municipio de La Mesa, Cundinamarca para el año 2015” y la Ley 1551 de 2012 “Por la cual se dictan normas para modernizar la organización y el funcionamiento de los municipios”, emanado por la Alcaldía Municipal de La Mesa. Se estipula que el Municipio se encuentra dentro de la categoría 6, en donde los Ingresos corrientes

de libre destinación anuales, no superan a quince mil (15.000) salarios mínimos legales mensuales, por lo que se le da una importancia económica de grado siete [9]”.

3.1.5.3 Salud Pública

“De acuerdo con la modernización del sistema de salud se ha generado un incremento en la cobertura de la prestación del servicio y promovido una reducción sustancial de la mortalidad infantil y disminución tendencial de la natalidad en el municipio. Se ha consolidado el hospital regional “Pedro León Álvarez Díaz” como un hospital del nivel dos ha permitido controlar enfermedades como las Infecciones Respiratorias Agudas - IRA -, ERA, y dengue [9]”.

3.1.5.4 Educación

“El Municipio de La Mesa, presenta una cobertura de educación en su área urbana superior al 95%, pero el área rural no supera el 50% de la población en edad escolar. El nivel con mayor cobertura educativa es la primaria, con una situación similar para el sector urbano en el nivel secundaria, los niveles de preescolar y media técnica tienen coberturas muy bajas tanto en lo rural como urbano [9]”.

De acuerdo con el Plan Educativo 2012-2016 el Municipio cuenta con 29 instituciones educativas públicas y privadas ubicadas tanto en el sector urbano como en el rural.

3.1.5.5 Servicios públicos

Actualmente la inspección de San Javier cuenta con servicios de Energía, Acueducto y alcantarillado, gas y aseo.

Datos principales del área de prestación del servicio de alcantarillado

Área de prestación del servicio objeto de análisis del PSMV: “La Inspección de San Javier del Municipio de La Mesa cuenta con 59% de cobertura de alcantarillado, el área de prestación de servicio 20,25 Ha

Prestador del servicio de alcantarillado: AGUAS DEL TEQUENDAMA S.A E.S. P

Fuentes de abastecimiento de agua potable: La captación es por gravedad desde la fuente superficial de la quebrada La Honda y la cuenca hidrográfica receptora de los vertimientos es la cuenca hidrográfica del río Bogotá subcuenca del río Apulo [9]”.

Acueducto: La inspección San Javier se abastece del acueducto de La Mesa sin embargo algunos sectores del casco urbano se abastecen de acueductos veredales.

Se cuentan con registros del año 2010 de consumo que fueron 46 255 m³

“El Municipio de La Mesa se abastece mediante un sistema que capta agua de la Quebrada La Honda, en cercanías del casco urbano del Municipio de Tena. Dicha fuente no garantiza el abastecimiento continuo de agua para el sistema de acueducto del casco urbano de La Mesa. La captación de esta quebrada, se realiza mediante una bocatoma de fondo de 60 lt/s de capacidad, de sección circular de Ø 400 mm (16”) con muro vertedero transversal. La captación abastece además de La Mesa a Anapoima. Aguas abajo de esta captación, existe una bocatoma lateral exclusiva de La Mesa, de 40 lt/s. [9]”

3.2 DEMOGRAFÍA

3.2.1 Estudio de la población

Frente a la falta de información proveniente de censos de población local o municipal en el PSMV de la inspección de San Javier se tomaron los suscriptores del acueducto durante los años 2013, 2014, 2015 y 2016 y junto a la densidad poblacional establecida por el DANE se determinó el número de habitantes y se continuo con la realización de la proyección de la población

*La información de los suscriptores fue certificada por la Empresa de Servicios Públicos Aguas del Tequendama S.A. – E.S.P

En la Tabla 10 se muestra la evolución de los suscriptores de acueducto entre los años 2013 y 2016.

AÑO	POBLACIÓN
2013	762
2014	788
2015	794
2016	807

Tabla 10: Suscriptores servicio de acueducto

Fuente: PSMV Inspección San Javier, Municipio de La Mesa, Cundinamarca.2016

“Dentro del *plan de desarrollo municipal 2008- 2012* se indica que el Municipio presenta una tasa de crecimiento un poco menor que la calculada para Cundinamarca, pero mayor que la tasa media a nivel nacional. Lo que infiere que en mediano y largo plazo la dinámica poblacional es positiva para el municipio, lo

que también coincide con el PMAA (Plan maestro de acueducto y alcantarillado) en donde indican que la tendencia del comportamiento poblacional del municipio es creciente [8]”.

“Para el análisis de la población flotante de acuerdo con el PMAA (Plan maestro de acueducto y alcantarillado), y certificado por la Empresa de Servicios Públicos Aguas del Tequendama S.A. – E.S.P se especifica que de acuerdo a su fortaleza turística el porcentaje de población flotante es del 30% [8]”.

Periodo de diseño: El periodo de planteamiento debe fijar las condiciones básicas del proyecto, el artículo 40 de la resolución 330 del 2017 establece que: “Para todos los componentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo, se adopta como período de diseño 25 años [7]”.

Nivel de complejidad del sistema

De acuerdo a lo establecido en el Título A, tabla A.3.1 del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000, La Mesa, Cundinamarca es Nivel medio - alto de Complejidad, por lo que para la Inspección de San Javier se asume este nivel de complejidad.

Nivel de Complejidad del Sistema	Población en la zona urbana ² (habitantes)	Capacidad económica de los suscriptores ³
Bajo	< 2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	> 60000	Alta

Tabla 11: Asignación del nivel de complejidad del sistema

Fuente: Reglamento Técnico de Aseo y Saneamiento Básico, Título A- RAS 2000.

De acuerdo con el RAS 2000 – Título B, el Método de proyección de la población depende del Nivel de Complejidad del Sistema y se encuentran establecidos en la Tabla 12.

<i>Método</i>	<i>Nivel de complejidad del sistema</i>			
	Bajo	Medio	Medio alto	Alto
Aritmético, geométrico y exponencial	X	X		
Aritmético + geométrico + exponencial + otros			X	X
Por componentes			X	X
Detallar por zonas y detallar densidades			X	X

Tabla 12: Métodos de cálculos permitidos según el nivel de complejidad del sistema.

Fuente: Reglamento Técnico de Aseo y Saneamiento Básico, Título B - RAS 2000.

Teniendo en cuenta lo anterior se debe determinar la proyección de la población por los métodos aritmético, geométrico y exponencial.

Método Aritmético

Este dado por la ecuación

$$P(f) = P(uc) + \frac{P(uc) - P(ci)}{T(uc) - T(ci)} * (T(f) - (T(uc)))$$

Ecuación 3: Método aritmético para la proyección de población

Dónde:

P(f): Población (hab) correspondiente al año para el que se quiere proyectar la población

P(uc): Población (hab) correspondiente al último año censado con información.

P(ci): Población (hab) correspondiente al censo inicial con información.

T(uc): Año correspondiente al último año censado con información

T(ci): Año correspondiente al censo inicial con información.

T(f): Año al cual se quiere proyectar la información.

El método aritmético para la estimación de poblaciones futuras corresponde a una regresión en línea recta en la que “m” como constante es la pendiente correspondiente con la tasa de crecimiento del último periodo censado.

$$m = \frac{P(uc) - P(ci)}{T(uc) - T(ci)}$$

Ecuación 4: Constante para la proyección método aritmético

$$m = \frac{788 - 762}{2014 - 2013} = 26,00$$

$$m = \frac{794 - 788}{2015 - 2014} = 6,00$$

$$m = \frac{807 - 794}{2016 - 2015} = 13,00$$

En la Tabla 13 se relaciona la población en los últimos cuatro años encontrada por medio de los suscriptores del acueducto y la constante (pendiente) respectiva obtenida anteriormente.

AÑO	POBLACIÓN	CONSTANTE
2013	762	
2014	788	26,000
2015	794	6,000
2016	807	13,000

Tabla 13: Constante “m” de la proyección de la población por el método aritmético.

Fuente: Elaboración propia

Se realizan los cálculos aplicando la formula y teniendo en cuenta las constantes determinadas anteriormente de la siguiente forma:

Para el año 1:

$$P(f) = P(uc) + \frac{P(uc) - P(ci)}{T(uc) - T(ci)} * (T(f) - (T(uc)))$$

$$P(f) = P(uc) + m * (T(f) - (T(uc)))$$

$$P(f) = 807 + 26 * (2017 - 2016)$$

$$P(f) = 833 \text{ hab}$$

Se realiza el mismo procedimiento para los siguientes años hasta el año 25 (2046) y para cada constante “m”.

En la Tabla 14 se muestran los valores proyectados de población (habitantes) por el método aritmético en cada año y por cada constante “m” obtenida anteriormente, la última fila corresponde al promedio de habitantes proyectados en cada año.

PROYECCION DE LA POBLACION POR EL MÉTODO ARITMÉTICO				
AÑO	26,000	6,000	13,000	PROMEDIO
2016	807	807	807	807
2017	833	813	820	822
2018	859	819	833	837
2019	885	825	846	852
2020	911	831	859	867
2021	937	837	872	882
2022	963	843	885	897
2023	989	849	898	912
2024	1015	855	911	927
2025	1041	861	924	942
2026	1067	867	937	957
2027	1093	873	950	972
2028	1119	879	963	987
2029	1145	885	976	1002
2030	1171	891	989	1017
2031	1197	897	1002	1032
2032	1223	903	1015	1047
2033	1249	909	1028	1062
2034	1275	915	1041	1077
2035	1301	921	1054	1092
2036	1327	927	1067	1107
2037	1353	933	1080	1122
2038	1379	939	1093	1137
2039	1405	945	1106	1152
2040	1431	951	1119	1167
2041	1457	957	1132	1182
2042	1483	963	1145	1197
2043	1509	969	1158	1212
2044	1535	975	1171	1227
2045	1561	981	1184	1242
2046	1587	987	1197	1257

Tabla 14: Proyección de la población por el método aritmético

Fuente: Elaboración propia

Método Geométrico

Está dado por la ecuación:

$$P(f) = P(uc) * (1 + r)^{T(f)-T(uc)}$$

Ecuación 5: Método geométrico para proyección de población

Dónde:

P(f): Población (hab) correspondiente al año para el que se quiere proyectar la población

P(uc): Población (hab) correspondiente al último año censado con información

P(ci): Población (hab) correspondiente al censo inicial con información

T(uc): Año correspondiente al último año censado con información

T(ci): Año correspondiente al censo inicial con información.

T(f): Año al cual se quiere proyectar la información

Donde r es la tasa de crecimiento anual en forma decimal y se determina como se muestra a continuación:

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

Ecuación 6: Tasa de crecimiento método aritmético

$$r = \left(\frac{788}{762} \right)^{\frac{1}{(2014-2013)}} - 1 = 0,0341$$

$$r = \left(\frac{794}{788} \right)^{\frac{1}{(2015-2014)}} - 1 = 0,0076$$

$$r = \left(\frac{807}{794} \right)^{\frac{1}{(2016-2015)}} - 1 = 0,0341$$

En la Tabla 15 se relaciona la población en los últimos cuatro años encontrada por medio de los suscriptores del acueducto y la tasa de crecimiento respectiva obtenida anteriormente.

AÑO	POBLACIÓN	TASA DE CRECIMIENTO
2013	762	
2014	788	0,0341
2015	794	0,0076
2016	807	0,0164

Tabla 15: Tasa de crecimiento para la proyección de población por el método geométrico.

Fuente: Elaboración propia

Se realiza los cálculos aplicando la formula y teniendo en cuenta las tasas de crecimiento determinadas anteriormente de la siguiente forma:

Para el año 1:

$$P(f) = P(uc) * (1 + r)^{T(f)-T(uc)}$$

$$P(f) = 807 * (1 + 0,0341)^{2017-2016}$$

$$P(f) = 807 * 1,0341$$

$$P(f) = 835 \text{ hab}$$

Se realiza el mismo procedimiento para los siguientes años hasta el año 25 (2046) y para cada tasa de crecimiento.

En la Tabla 16 se muestran los valores proyectados de población (habitantes) por el método geométrico en cada año y por cada tasa de crecimiento obtenida anteriormente, la última fila corresponde al promedio de habitantes proyectados en cada año.

PROYECCION DE LA POBLACION POR EL MÉTODO GEOMÉTRICO				
AÑO	0,0341	0,0076	0,0164	PROMEDIO
2016	807	807	807	807
2017	835	813	820	823
2018	863	819	834	839
2019	892	826	847	855
2020	923	832	861	872
2021	954	838	875	889
2022	987	845	890	907
2023	1020	851	904	925
2024	1055	857	919	944
2025	1091	864	934	963
2026	1128	870	950	983
2027	1167	877	965	1003
2028	1207	884	981	1024
2029	1248	890	997	1045
2030	1290	897	1013	1067
2031	1334	904	1030	1090
2032	1380	911	1047	1113
2033	1427	918	1064	1136
2034	1476	925	1082	1161
2035	1526	932	1099	1186
2036	1578	939	1117	1211
2037	1632	946	1136	1238
2038	1688	953	1154	1265
2039	1745	961	1173	1293
2040	1805	968	1192	1322
2041	1866	975	1212	1351
2042	1930	983	1232	1381
2043	1996	990	1252	1413
2044	2064	998	1273	1445
2045	2134	1005	1293	1478
2046	2207	1013	1315	1511

Tabla 16: Proyección de la población por el método geométrico.

Fuente: Elaboración propia

Método exponencial

Está dado por la ecuación:

$$P(f) = P(uc) * e^{k*(T(f)-(T(ci)))}$$

Ecuación 7: Método exponencial para proyección de población

Dónde:

P(f): Población (hab) correspondiente al año para el que se quiere proyectar la población

P(cp): Población del censo posterior

P(ca): Población del censo anterior

P(uc): Población (hab) correspondiente al último año censado con información

T(cp): Año correspondiente al último año censado con información

T(ca): Año correspondiente al censo anterior

T(f): Año al cual se quiere proyectar la información

T(ci): Año correspondiente al censo inicial con información

Ln: Logaritmo natural.

Donde k es la tasa de crecimiento de la población la cual se calcula de la siguiente forma:

$$k = \frac{\ln P(cp) - \ln P(ca)}{T_{cp} - T_{ca}}$$

Ecuación 8: Tasa de crecimiento método exponencial

$$k = \frac{\ln(788) - \ln(762)}{2014 - 2013} = 0,0336$$

$$k = \frac{\ln(794) - \ln(788)}{2015 - 2014} = 0,0076$$

$$k = \frac{\ln(807) - \ln(794)}{2016 - 2015} = 0,0162$$

En la Tabla 17 se relaciona la población en los últimos cuatro años encontrada por medio de los suscriptores del acueducto y la tasa de crecimiento respectiva obtenida anteriormente.

AÑO	POBLACIÓN	TASA DE CRECIMIENTO (K)
2013	762	
2014	788	0,0336
2015	794	0,0076
2016	807	0,0162

Tabla 17: Tasa de crecimiento para proyección de la población por el método exponencial

Fuente: Elaboración propia

Se realiza los cálculos aplicando la formula y teniendo en cuenta las tasas de crecimiento (k) determinadas anteriormente de la siguiente forma:

Para el año 1:

$$P(f) = P(uc) * e^{k*(T(f)-(T(ci)))}$$

$$P(f) = 807 * e^{(0,0336*(2017-2016))}$$

$$P(f) = 807 * e^{(0,0336)}$$

$$P(f) = 835 \text{ hab}$$

Se realiza el mismo procedimiento para los siguientes años hasta el año 25 (2046) y para cada tasa de crecimiento (k).

En la Tabla 18 se muestran los valores proyectados de población (habitantes) por el método exponencial en cada año y por cada tasa de crecimiento obtenida anteriormente, la última fila corresponde al promedio de habitantes proyectados en cada año.

MÉTODO EXPONENCIAL				
AÑO	0,0336	0,0076	0,0162	PROMEDIO
2016	807	807	807	807
2017	835	813	820	823
2018	863	819	834	839
2019	893	826	847	855
2020	923	832	861	872
2021	955	838	875	889
2022	987	845	889	907
2023	1021	851	904	925
2024	1056	858	919	944
2025	1092	864	934	963
2026	1129	871	949	983
2027	1168	877	964	1003
2028	1208	884	980	1024
2029	1249	891	996	1045
2030	1292	898	1012	1067
2031	1336	904	1029	1090
2032	1381	911	1046	1113
2033	1429	918	1063	1137
2034	1478	925	1080	1161
2035	1528	932	1098	1186
2036	1580	939	1116	1212
2037	1634	947	1134	1238
2038	1690	954	1153	1265
2039	1748	961	1171	1293
2040	1808	968	1190	1322
2041	1869	976	1210	1352
2042	1933	983	1230	1382
2043	1999	991	1250	1413
2044	2068	998	1270	1445
2045	2138	1006	1291	1478
2046	2211	1014	1312	1512

Tabla 18: Proyección de la población por el método exponencial

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de los tres diferentes métodos utilizados para la proyección de la población.

POBLACIÓN			
AÑO	MÉTODO ARITMETICO	MÉTODO GEOMETRICO	MÉTODO EXPONENCIAL
2016	807	807	807
2017	822	823	823
2018	837	839	839
2019	852	855	855
2020	867	872	872
2021	882	889	889
2022	897	907	907
2023	912	925	925
2024	927	944	944
2025	942	963	963
2026	957	983	983
2027	972	1003	1003
2028	987	1024	1024
2029	1002	1045	1045
2030	1017	1067	1067
2031	1032	1090	1090
2032	1047	1113	1113
2033	1062	1136	1137
2034	1077	1161	1161
2035	1092	1186	1186
2036	1107	1211	1212
2037	1122	1238	1238
2038	1137	1265	1265
2039	1152	1293	1293
2040	1167	1322	1322
2041	1182	1351	1352
2042	1197	1381	1382
2043	1212	1413	1413
2044	1227	1445	1445
2045	1242	1478	1478
2046	1257	1511	1512

Tabla 19: Proyección de la población de la Inspección de San Javier

Fuente: Elaboración propia

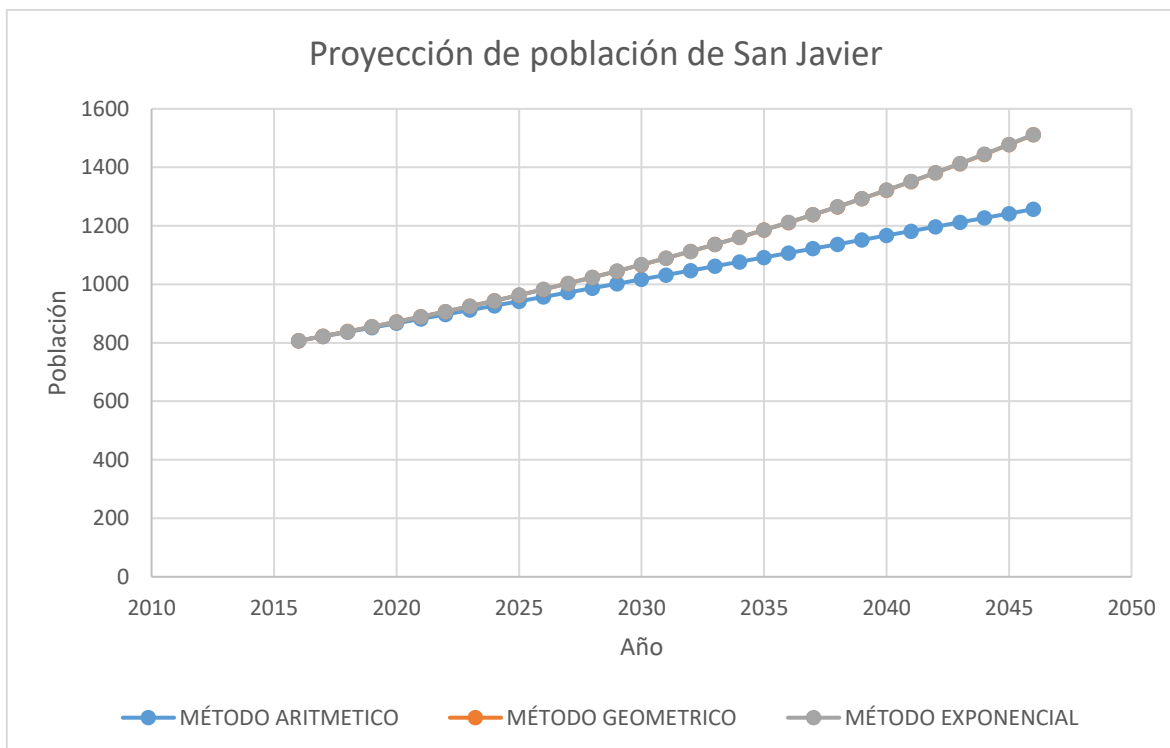


Ilustración 7: Grafico comparativo de los tres métodos para el cálculo de proyección de población

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Ilustración 7 y en los valores obtenidos de proyección de población por el método geométrico y por el método exponencial sus valores corresponden exactamente a los mismos, es por esto que en la gráfica se superponen sus líneas.

Una vez analizada la información se selecciona la proyección de población estimada por el método geométrico esto debido a las características que presenta la inspección de San Javier, “el método geométrico es útil en poblaciones que muestren una importante actividad económica, que genera un apreciable desarrollo y que poseen importantes áreas de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades.[6]

Se presenta la proyección de la población adicionando en un 30% para considerar la población flotante, de acuerdo con el Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado.

Año	Población	Población + población flotante
2016	807	1049
2017	823	1069
2018	839	1090
2019	855	1112
2020	872	1134
2021	889	1156
2022	907	1179
2023	925	1203
2024	944	1227
2025	963	1252
2026	983	1278
2027	1003	1304
2028	1024	1331
2029	1045	1359
2030	1067	1387
2031	1090	1416
2032	1113	1446
2033	1136	1477
2034	1161	1509
2035	1186	1541
2036	1211	1575
2037	1238	1609
2038	1265	1645
2039	1293	1681
2040	1322	1718
2041	1351	1756
2042	1381	1796
2043	1413	1836
2044	1445	1878
2045	1478	1921
2046	1511	1965

Tabla 20: Proyección de la población más población flotante de la inspección de San Javier.

Fuente: Elaboración propia

Es así que de acuerdo con la Tabla 26 la Inspección de San Javier para el año 2016 cuenta con 1049 habitantes y para el año 2046 contará con 1965 habitantes, esto contemplando la población flotante.

3.3 Levantamiento de sistema de alcantarillado sanitario

De acuerdo al objetivo principal del proyecto y para la realización del diagnóstico del sistema actual de alcantarillado sanitario de San Javier vamos a tener en cuenta los parámetros descritos en el reglamento del RAS 2000 y la resolución 0330 del 2017 esto con el fin de evaluar las condiciones de la infraestructura existente.

Para la descripción del sistema de alcantarillado sanitario de la inspección de San Javier se recopiló información de entidades municipales tales como; el plan de saneamiento y manejo de vertimientos del año 2016, el plan de acueducto y alcantarillado 2011 así como información de la CAR, la alcaldía Municipal de La Mesa y la Empresa Regional de Aguas Tequendama.

3.3.1 Cálculo hidráulico de la red de alcantarillado Sanitario de San Javier

Se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones para la realización del cálculo:

1. Los cálculos hidráulicos fueron realizados en base a los parámetros del RAS 2000 y la resolución 0330 del 2017.
2. El plano de la red actual de alcantarillado sanitario de la inspección de San Javier y el plano de las áreas aferentes se encuentra anexo al presente documento como anexo 01
3. Los formatos de las hojas de cálculo fueron extraídos del “manual de PAVCO”. [13].

Para empezar, se debe tener en cuenta los datos de contribuciones unitarias de la zona, en el cuadro superior central de la hoja en las columnas U, V y W

Columna U V y W- Contribuciones o aportes

Aporte aguas residuales comerciales – (Qc) (lt/s/ha)

Debe estar justificado con un estudio detallado, basado en consumos netos, densidades de población y coeficientes de retorno mayores que los de consumo doméstico. Debido a que no existe zona comercial en el lugar, no se tendrá en cuenta este valor

Aporte aguas residuales institucionales – (Qins) (lt/s/ha)

Se encuentran los aportes de instituciones tales como escuelas, colegios, universidades, centros de salud, hospitales, hoteles y otros establecimientos que requieren un tratamiento especial. El valor para este caudal no es representativo, no se tendrá en cuenta

Aporte aguas residuales industriales – (Qin) (lt/s/ha)

Debe evaluarse de acuerdo al tipo y tamaño de la industria, así como de los procesos de tratamiento de aguas, reutilización de la misma y tecnología empleada para reducir el impacto ambiental. Debido a que no existe zona industrial, no se tendrá en cuenta este valor.

Aporte doméstico (lt/s) (lt/s/ha)

Corresponde al aporte unitario de aguas residuales obtenidas por la siguiente ecuación:

$$Qd = \frac{CR * P * C}{86400}$$

Ecuación 1: Aporte domestico de aguas residuales.

Dónde:

C: consumo o dotación neta (lt/hab/día)

P= población de tramo (hab)

CR= Coeficiente de retorno

Se calcula con un coeficiente de retorno del consumo de agua potable, que depende del nivel de complejidad. La tabla tiene por defecto un coeficiente de 0,85. Este coeficiente se multiplica con los datos de dotación (d per cápita) y la densidad de población (Dpob).

Columna AB Dotación o consumo (d percapita) (lt/hab/día)

Corresponde a la dotación neta máxima, de acuerdo con el nivel de complejidad del casco urbano del Municipio de La Mesa, para la Inspección de San Javier se asume una dotación neta máxima de (135 l/hab-día) teniendo en cuenta que la cabecera del Municipio pertenece a un nivel de complejidad medio alto y pertenece a un clima cálido.

Caudal de infiltración (lt/s/ha)

El criterio definido por la norma debe hacerse en lo posible a partir de aforos en el sistema, en horas cuando el consumo de agua es mínimo, y de consideraciones sobre la naturaleza y permeabilidad del suelo, la topografía de la zona y su drenaje, la cantidad y distribución temporal de la precipitación, la variación del nivel freático con respecto a las cotas clave de los colectores, las dimensiones, estado y tipo de colectores, los tipos, número y calidad constructiva de uniones y juntas, el número de pozos de inspección y demás estructuras, y su calidad constructiva. En ausencia

de medidas directas o ante la imposibilidad de determinar el caudal por infiltración, el aporte puede establecerse con base en los valores de la tabla D.3.7 del RAS 2000, en donde el valor inferior del rango dado corresponde a condiciones constructivas más apropiadas, mayor estanqueidad de colectores y estructuras complementarias, y menor amenaza sísmica. La categorización de la infiltración en alta, media y baja se relaciona con las características topográficas, de suelos, niveles freáticos y precipitación. Para la inspección de San Javier se estimó un coeficiente de (0,2 lt/s/ha)

Nivel de complejidad del sistema	INFILTRACIÓN		
	Alta (L/s/ha)	Media (L/s/ha)	Baja (L/s/ha)
Bajo y medio	0.15 - 0.4	0.1 - 0.3	0.05 - 0.2
Medio alto y alto	0.15 - 0.4	0.1 - 0.3	0.05 - 0.2

Tabla 21: Aporte de infiltración
Fuente: Resolución 0330 del 2017

Caudal por conexiones erradas (lt/s/ha)

El criterio definido por la norma establece que para poblaciones que disponen de un sistema de alcantarillado pluvial, el valor de conexiones erradas puede variar entre 0,1 lt/s/ha hasta 0,2 lt/s/ha, tomado el valor máximo en poblaciones pequeñas en donde las medidas de control pueden no ser eficientes, en caso de no existir un alcantarillado pluvial el aporte de conexiones erradas puede ser superior a los 2 lt/s/ha. Para la inspección de San Javier se estimó un caudal por conexiones erradas de 2 lt/s*ha

Columna A B y C - Tramo

Estas casillas se identifican cada uno de los tramos.

En la columna inicial se asignó un **1** indica que es un tramo inicial, en los otros tramos esta columna se dejó vacía.

La columna B (“DE”) es el número o letra de identificación del pozo inicial y en la columna C (“A”) la información del pozo final del tramo.

Columna D- M- Área tributaria (Ha)

Área propia: Es el valor del área aportada por el tramo en hectáreas (Ha), para cada uno de los tipos de áreas: Comercial, industrial, Institucional y vivienda. Como para la inspección de San Javier los aportes comerciales industriales e institucionales no son representativos estas celdas se dejaron vacías.

Otras: Son áreas aportadas por otros tramos que llegan al tramo en cuestión. Está formulado para que tome el valor del área acumulada del tramo anterior.

Área Acumulada: Es la suma del área propia + otras.

Columna N - Población (hab)

Esta fue calculada a partir de los datos que deben ser suministrados en la tabla superior derecha de la hoja de cálculo en las columnas AC y AD: datos de población, número de habitantes por vivienda (# hab / viv), para la inspección de San Javier se estimó este valor como 3. El número de estas por unidad de área (D viv) o densidad de población se estimó como 10.

Columna O- Caudal medio diario (Lt/s)

Se calculó el caudal real a partir de las áreas acumuladas y las contribuciones unitarias de las áreas acumuladas Industrial, institucional y de vivienda, en este caso únicamente de acuerdo al área de vivienda.

$$Q_{md} = Q_d + Q_{inst} + Q_{com} + Q_{ind}$$

Ecuación 9: Caudal medio diario

Columna P- Factor de mayoración

Este valor tiene en cuenta las variaciones en el consumo de agua por parte de la población. El valor de este factor disminuye a medida que el número de habitantes aumenta. Este valor se calcula en función del número de habitantes

Se estimó el factor de mayoración por medio de la ecuación de Harmon (para poblaciones entre 1000 y un millón de habitantes) que se menciona a continuación

$$F.M = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

Ecuación 10: Factor de mayoración

Donde P= Población (hab)

Columna Q- Caudal máximo horario- (Qmh) (lt/s)

Se estimó a partir del caudal medio diario, mediante el uso del factor de mayoración, F.

$$Q_{mh} = Q_{md} * F.M$$

Ecuación 11: Caudal máximo horario

Donde:

Q_{mh} = Caudal máximo horario (lt/s)

Q_{md} = Caudal medio diario (lt/s)

F.M= Factor de mayoración

Columna R y S- Caudales por conexiones erradas e infiltración (QCE y QINF):

Se calcularon a partir de las áreas tributarias y las contribuciones definidas anteriormente.

Columna T- Caudal de diseño (Q_d) (lt/s)

El caudal de diseño corresponde a la sumatoria del caudal máximo horario acumulado de cada tramo y a los caudales por infiltración y por conexiones erradas. Cuando el caudal de diseño calculado en el tramo es inferior a 1,5 l/s, debe adoptarse este valor como caudal de diseño.

$$Q = Q_{mh} + Q_{infiltraciones} + Q_{conexiones\ erradas}$$

Ecuación 12: Caudal de diseño

Columna U- Longitud (m)

Corresponde a la longitud horizontal de cada tramo del centro del pozo inicial al centro del pozo final.

Columna V-Pendiente (%)

Corresponde al desplazamiento vertical por cada unidad de distancia horizontal entre el pozo de inspección al inmediatamente siguiente de acuerdo a la dirección del flujo.

Columna W- Diámetro Nominal (mm)

El diámetro nominal de tuberías para alcantarillado PAVCO, por defecto se tomó el diámetro mínimo que, según RAS 2000, es de 200 mm S8, este diámetro es modificado cuando $q/Q > 0.85$, aumentando así al diámetro comercial siguiente.

Columna X- Diámetro Interior (m)

Es el diámetro interior del diámetro nominal elegido.

Columna Y – N° de tubería

Corresponde al coeficiente de rugosidad de Manning de acuerdo al material de la tubería, Para tuberías de gres el coeficiente es de 0.013 y de PVC es de 0.010.

Columna Z - Velocidad a tubo lleno (V) (m/s)

Corresponde a la velocidad del agua cuando el tubo se encuentra lleno, es decir que $q/Q = 1$. Es calculada con la fórmula de Manning suponiendo que el flujo del alcantarillado es uniforme:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Ecuación 13: Velocidad a tubo lleno

Donde:

n: Coeficiente de Manning,

R: Radio Hidráulico (m)

S: Pendiente (%)

Columna AA- Caudal a tubo lleno (Q) (lt/s)

Corresponde a la capacidad máxima de la tubería calculada para la sección de flujo máxima. Es calculada de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Q = V * A = V * \pi * \frac{D^2}{4} * 1000$$

Ecuación 14: Caudal a tubo lleno

Donde:

V: Velocidad a tubo lleno (m/s)

A: Área del tubo lleno (m²)

D: Diámetro del tubo lleno (m)

Columna AB- Relación q/Q

Es la relación entre el caudal real de diseño (q) y el caudal a tubo lleno.

Columna AC- Velocidad real (v) (m/s)

Es la velocidad del agua con el caudal real de diseño. Se debe verificar que la velocidad no sea menor de 0.75m/s para evitar sedimentación ni mayor de 10 m/s para evitar la abrasión según los numerales D4.3.11 del RAS 2000.

Columna AD- Altura lámina de agua (Y) (m)

Es la altura real del agua en el tubo medida desde la batea interna.

Columna AE-Relación (Y/d)

Es la relación de la altura de la lámina de agua y el diámetro interno del tubo y debe ser menor o igual al 100%.

Columna AF- Froude (F): Determina si el flujo es crítico, subcrítico o supercrítico:

$$NF = \sqrt{\frac{V}{g * H}}$$

Ecuación 15: Número de Froude

Donde:

V: Velocidad real en la sección del flujo (m) (columna AS)

g: Gravedad específica.

H: Profundidad hidráulica en la sección de flujo (m) (columna AV)

De acuerdo a los valores obtenidos se obtiene el margen de flujo

Esto se calcula para verificar que el régimen de flujo del agua que pasa por la tubería no es crítico y así evitar problemas en la operación.

Columna AG esfuerzo cortante medio T (N/m³)

En cada tramo se verifica el comportamiento auto limpiante del flujo, para lo cual es necesario utilizar el criterio de esfuerzo cortante medio, se establece entonces que el valor del esfuerzo cortante medio sea mayor o igual a 1,5 N/m³

$$T = \gamma * R * S$$

Ecuación 16: Esfuerzo cortante medio

Donde:

T: Esfuerzo cortante medio (kg/m²)

Y: Peso específico del agua: 9,81 (kN/m³)

R: Radio hidráulico para la sección de flujo (m)

S: Pendiente del tramo (m)

Existe una tabla auxiliar entre las **columnas AJ y AQ**, para el cálculo del radio hidráulico en función del ángulo θ

$$\theta = \pi + 2 \arcsen \frac{Yn - d/2}{d/2}$$

$$R = \frac{1}{4} \frac{(\theta - \sen\theta)}{\theta d} d^2 = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{\sen\theta}{\theta} \right) d$$

Ecuación 17: Radio hidráulico de la tubería

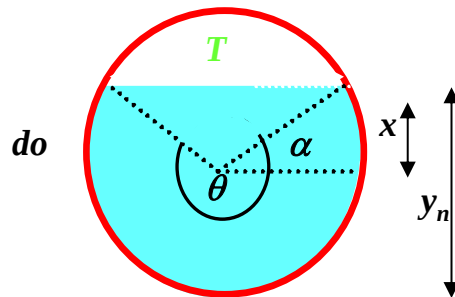


Ilustración 8: Grafico para el cálculo del radio hidráulico en una tubería

Teniendo en cuenta las siguientes relaciones se verifica que estos valores cumplan los parámetros mínimos y/o máximos admisibles según el reglamento RAS 2000 y la Resolución 0330 del 2017 que se describen a continuación:

- La velocidad mínima debe ser de 0.45m/s y la velocidad máxima de 5 m/s, aunque el RAS 2000 (B.3.2.8) permite que valores mayores sean justificados.
- Las tuberías deben trabajar a velocidades hasta de 10 m/s.
- La relación q/Q debe ser menor o igual a 0,85
- La relación Y/d debe ser menor o igual al 85%
- El esfuerzo cortante debe ser mayor igual de 0.15 kg/m².

PERFIL

Para el diseño del perfil se comienza seleccionando el tipo de cota para realizar los respectivos cálculos, en este caso se seleccionó la cota clave.

Columna E y F- Cota clave

Corresponde a la cota clave de la tubería cuando sale (superior) y llega (inferior) a la cámara o pozo.

Columna G y H - Cota Rasante

Corresponde a la cota del terreno de cada pozo de la red de alcantarillado, obtenida de acuerdo a el plano de redes.

Columna I – Tipo de rasante

Se introdujo este dato con un número entero entre 1 y 4 de acuerdo al tipo de rasante de cada tramo en la celda se despliega un cuadro con las siguientes opciones:

1: Pavimento

2: Afirmado

3: Andén

4: Zona Verde.

Para los tramos actuales de la red de alcantarillado sanitario de la inspección de san Javier se toma la opción 1- (pavimento).

Columna J y K – Recubrimiento (m)

Corresponde a la profundidad a la que está enterrada la tubería (profundidad a la clave) y debe estar entre 5 m (máximo) y 0.90 m (recomendado) dependiendo del tipo de rasante. Esta celda se resalta si el valor no es adecuado.

Columna L - Pozo repetido:

Esta celda informa con el número 1 si al pozo inicial está llegando más de un tramo.

Columna M y N - Cota Batea

Es la batea de la tubería cuando sale (superior) y llega (inferior) a la cámara o pozo.

Columna O - Cabeza de energía (m)

Corresponde a la cabeza de energía de cada tramo de acuerdo a la siguiente formula

$$\left(\frac{v^2}{2g} \right)$$

Ecuación 18: Cabeza de energía

Columna P -Energía Específica (m)

Corresponde a la cabeza de energía + la altura de la lámina de agua.

Columna Q- Alineamiento (%)

Corresponde a la pendiente del terreno en %, calculada como:

$$\frac{Cota\ rasante\ Sup - Cota\ rasante\ Inf}{Distancia} * 100$$

Ecuación 19: Porcentaje de alineamiento en una tubería

Pérdidas de energía: Corresponden a las pérdidas en el colector principal por efectos de la unión con otros o por cambios de dirección. Para esto se calcula una cota clave sugerida.

- Régimen de flujo subcrítico

Columna S: Pérdida de energía por cambio de dirección del colector principal (HC):

Según la relación rc/θ , donde rc es el radio de curvatura y θ el diámetro.

Columna U: Caída en la batea de la estructura (Hp): Es la diferencia de las cotas de energía del colector de salida y el colector principal que llega.

Pérdida de energía por intersección (He)

Diferencias de energías (HE):

Diferencia entre las energías específicas del colector salida y del colector principal que llega a la estructura pozo.

$$Hp = HC - He$$

$$He = HE + 0,2(Hv2 + Hv1)$$

Ecuación 20: Diferencia de energía

- Régimen supercrítico

Dependiendo del caudal y el diámetro de la tubería de salida puede o no sumergirse la entrada de esta, y dependiendo de la situación el comportamiento hidráulico y por ende el cálculo es diferente. Cuando la entrada no se sumerge se puede usar la ecuación:

$$\frac{H_w}{\Phi} = K * \left(\frac{H_c}{\Phi} + \frac{H_e}{\Phi} \right)$$

Válida para valores de

$$\frac{Q_d}{\Phi^2 \sqrt{\Phi g}} < 0,62$$

Donde,

Hc: Energía específica para las condiciones de flujo crítico

$$He = Ye + \frac{V_c^2}{2g}$$

He: Incremento de la cabeza debido a las pérdidas y que empíricamente se ha encontrado igual a:

$$\frac{H_e}{\Phi} = 0.589 \left(\frac{Q_d}{\Phi^2 \sqrt{\Phi g}} \right)^{2,67}$$

K: Coeficiente que depende de la relación entre el diámetro del pozo y el diámetro de la tubería.

$$K = 1,2 \text{ para } \frac{\text{Diámetro Pozo}}{\text{Diámetro Tubería}} > 2,0 \text{ y } K = \frac{\text{Diámetro Pozo}}{\text{Diámetro Tubería}} > 1,3$$

Cuando la entrada se sumerge la ecuación ajustada al fenómeno es:

$$\frac{H_w}{\Phi} = K$$

$$\frac{H_w}{\Phi} = K \left[0,70 + 1,91 \left(\frac{Q_d}{\Phi^2 \sqrt{\Phi g}} \right)^2 \right] \text{ cuando } \frac{Q_d}{\Phi^2 \sqrt{\Phi g}} > 0,62$$

En caso de resultar H_e negativo, no se debe tener en cuenta para el cálculo de la caída de la batea de la estructura porque equivaldría a una elevación de la misma del colector de salida con respecto al colector de entrada. Las cotas de energía de los colectores afluentes, serán iguales o mayores a la cota de energía del colector de salida del pozo, una vez restadas las pérdidas.

El plano correspondiente a la red de alcantarillado sanitario actual de la inspección San Javier se anexa a este documento en formato pdf (**Anexo 01**)

El plano correspondiente a las áreas aferentes de la red de alcantarillado de San Javier se anexa a este documento en formato pdf (**Anexo 02**)

Las memorias de cálculo del diseño hidráulico de la red actual se anexan a este documento mediante hoja de cálculo en Excel (**Anexo 03**)

3.4 ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

3.4.1 Descripción del sistema de alcantarillado sanitario

Entidad responsable de servicio

La operación del sistema de alcantarillado se encuentra a cargo de la Empresa de Servicios Públicos AGUAS DEL TEQUENDAMA S.A. E.S.P

Perímetro urbano

Según información obtenida por la Dirección de planeación Municipal de La Mesa, para la zona urbana de la Inspección de San Javier se establece el perímetro urbano de 26,21 Ha. De igual manera se cuenta con un área de prestación de servicio de alcantarillado 20,25 Ha.

Cobertura del Sistema de Alcantarillado

Se establece la cobertura de alcantarillado, mediante el cálculo por el área y por el número de suscriptores.

- **Cobertura por Área**

En cuanto al cálculo de la cobertura de alcantarillado por área, se realizó teniendo en cuenta el perímetro urbano de 26,21 Ha y el área de prestación de servicio de alcantarillado en el casco urbano que es de 20,25 ha

$$\text{Cobertura de alcantarillado por area} = \frac{20,25Ha}{26,21Ha} * 100 = 77,2\%$$

Ecuación 21: Cobertura de alcantarillado

La Inspección de San Javier del Municipio de La Mesa, se establece una cobertura por área de 77,2%

Pero según la información del Plan Maestro de alcantarillado formulado por la empresa de servicios públicos Aguas Tequendama S.A.S ESP “la cobertura real establecida es del **59%** se evalúa el sistema de alcantarillado teniendo en cuenta esta cobertura debido a que luego de realizada la formulación no se ha realizado ni ejecutado obras de expansión ni rehabilitación del sistema (...) Es importante aclarar que la cobertura se llevará al 100% del área de servicio futura, que fue proyectada para la población que contará con prestación de servicio de acuerdo al crecimiento de esta, que equivale al mismo perímetro urbano actual de 26,21 Ha. [8]”.

Aporte industrial y comercial

Para también tener en cuenta en la zona urbana de la inspección de San Javier no se cuenta con usuarios comerciales ni industriales por lo tanto sus aportes no son significativos.

3.4.2 Tipo y elementos del sistema

“El sistema de alcantarillado es de tipo combinado, la cobertura actual es de 59%, el sistema está conformado por una red principal con una longitud de 2600 metros y dos colectores con longitudes de 140 metros y 200 metros.

Las descargas se hacen en la quebrada San Javier, afluente del río Apulo, la inspección San Javier no cuenta con planta de tratamiento de agua residual

Actualmente los suscriptores al sistema de alcantarillado son 352, las acometidas son en tubería de 4 pulgadas que conectan a cajas de Inspección en mampostería. La conexión a la red de alcantarillado se hace en tubería de 6 pulgadas. La red de alcantarillado no incluye interceptores y tampoco se evidencia un emisario final, el último tramo de la red de colectores presenta una longitud aproximada de 42 metros en tubería de gres con diámetro de 10 pulgadas.

De acuerdo con información del Plan de Maestro de Acueducto y Alcantarillado respecto al análisis realizado al catastro de redes, la red de alcantarillado sanitario de San Javier cuenta con una longitud total de 3148,27 metros, constituida por 56 tramos con diámetros que oscilan entre 4 y 12 pulgadas, en el cual predomina la tubería de 8 pulgadas y una longitud de 2954,43 metros lineales y la de 12 pulgadas una longitud de 138,62 metros lineales. [8]”.

En la Tabla 22 se observa la relación de la longitud de las tuberías de acuerdo al diámetro y al tipo de material de cada una de ellas.

DIAMETRO(in)	Gres(m)	PVC(m)	TOTAL (m)
4	47,14	8,08	55,22
8	2954,43		2954,43
12	138,62		138,62
TOTAL	3140,19	8,08	3148,27

Tabla 22: Longitudes de la red de alcantarillado

Fuente: PSMV Inspección San Javier, Municipio de La Mesa, Cundinamarca.2016

“Así mismo la tubería de la red se encuentra constituida por gres con una longitud de 3140,19 metros que equivalen a 99,74% seguido de un 0,26% correspondiente a PVC con una longitud de 8,08 metros. El sistema cuenta con cincuenta y seis (56) pozos de Inspección convencionales en mampostería y dos (2) sumideros de tipo lateral, con rejilla metálica. Este tipo de sistemas se encuentran en normal funcionamiento. [8]”.

Según el PSMV con la información suministrada por la Alcaldía Municipal y Aguas de Tequendama S.A. – E.S.P, se identificaron tres (3) redes de alcantarillado que

realizan la descarga directa a la Quebrada San Javier y a un vallado que se describen a continuación:

Red de alcantarillado No. 1: Comprende el sector vía Matadero - Ferrocarril, con una longitud de tubería de 324,20 m, en diámetro de 8 pulgadas; este vertimiento descarga el agua residual sin ningún tipo de tratamiento a la quebrada San Javier.

Red de alcantarillado No. 2: Comprende el sector vía Plaza de Toros, con una longitud de tubería de 106,70 m, en diámetros que oscilan entre 4 pulgadas y 12 pulgadas, este vertimiento descarga el agua residual sin ningún tipo de tratamiento a un vallado.

Red de alcantarillado No. 3: Comprende el sector El Agua, con una longitud de tubería de 2717,37 metros en diámetros que oscilan entre de 8 pulgadas y 12 pulgadas; este vertimiento descarga el agua residual sin ningún tipo de tratamiento a la quebrada San Javier.

En la Tabla 23 se puede observar la longitud total por cada uno de los tres vertimientos relacionando así mismo el diámetro de la tubería de cada red.

Longitud(m)	Diametro (in)			
	4	8	12	TOTAL
Vertimiento 1	0,00	324,20	0,00	324,20
Vertimiento 2	55,22	0,00	51,48	106,70
Vertimiento 3	0,00	2630,23	87,14	2717,37
TOTAL	55,22	2954,43	138,62	3148,27

Tabla 23: Longitud y cobertura total

Fuente: PSMV Inspección San Javier, Municipio de La Mesa, Cundinamarca.2016

En la Tabla 24 se evidencia los componentes del sistema de la red actual de alcantarillado, así como parámetros de longitud, diámetro y material de cada elemento.

ITEM	N°	Componente del sistema		
		Longitud(m)	Diametro(in)	Material
1	Colectores primarios	93,0	8--12	PVC- Gres
2	Colectores secundarios	2939,29	4--8	Gres
3	Interceptores	.	.	.
4	Emisarios finales	118,98	8--12	Gres

Tabla 24: Componentes del sistema de alcantarillado sanitario

Fuente: PSMV Inspección San Javier, Municipio de La Mesa, Cundinamarca.2016

3.4.3 Sistema de tratamiento de agua residual

Actualmente la inspección San Javier no cuenta con un sistema de tratamiento de agua residual, por esto las diferentes descargas se realizan directamente a la quebrada San Javier por medio de tres emisarios, sin que se realice ningún tipo de tratamiento.

En la Tabla 25 se encuentra el resumen de parámetros generales de la red actual de alcantarillado sanitario de San Javier.

Perimetro Urbano	26,21 Ha
Área de servicio	20,25 Ha
Cobertura del sistema	59%
Tipo de sistema	Combinado
Nivel de Complejidad	Medio- Alto
Población	1049 Habitantes
Numero de suscriptores	352 Suscriptores
Conexiones erradas	2 lt/seg Ha
Aporte Industrial	No es representativo
Aporte comercial	No es representativo
Sistema de tratamiento de aguas	No cuenta

Tabla 25: Descripción resumida del sistema de alcantarillado sanitario de San Javier

Fuente: PSMV Inspección San Javier, Municipio de La Mesa, Cundinamarca.2016

Modificaciones propuestas para el correcto cálculo del diseño hidráulico de la red de alcantarillado sanitario

Después de realizar el diagnóstico e identificar la problemática actual del sistema de alcantarillado sanitario de San Javier de acuerdo a la información general del sistema así como a la información obtenida por medio del cálculo hidráulico de la red actual se proponen algunas alternativas que se mencionan a continuación y que se refuerzan con los anexos 04, 05 y 06 correspondientes a memorias de cálculo hidráulico de la red proyectada de alcantarillado sanitario de San Javier con su respectiva cimentación y cantidades de obra, plano de la red de alcantarillado sanitario proyectado y plano de perfiles de los tramos proyectados respectivamente.

1. En el tramo 6888-6889 se aumentó la pendiente de 0,03% a 0,50% esto debido a que la velocidad no cumple con el parámetro mínimo que debe ser 0,45 m/s para evitar así la sedimentación en la tubería.
2. Se verificó que todos los tramos cumplieran con el recubrimiento mínimo ($\geq 0,90$ m) esto debido a que a la tubería en los tramos que no cumplen con este parámetro pueden presentar corrosión, erosión y ruptura del material debido a las cargas vivas ejercidas en el terreno, en estos tramos se realizó el cambio de material de tubería por PVC debido a que la tubería de gres ya no es un material aceptado en sistemas de alcantarillado actuales.
3. Se modificó el diseño del tramo 6927-1005 debido a que la condición de flujo en este tramo es de 0,93 siendo esta una condición crítica en la cual no se puede trabajar.

3.5 DESCRIPCIÓN DE LOS VERTIMIENTOS

De acuerdo al PSMV se identificó que el sistema de alcantarillado conduce sus aguas residuales hasta la fuente receptora, en este caso la quebrada de San Javier, se identificó un total de 3 vertimientos que mencionaremos a continuación.

3.5.1 Vertimiento Ferrocarril

“Este vertimiento contempla las aguas residuales de la zona del Ferrocarril y vía Matadero, el emisario final tiene una longitud de tubería de 30,66 metros, con un diámetro de 24” en Novafort; la población que contempla este vertimiento es de 64 habitantes y un aproximado de 20 casas, el área de servicio es de 2,09 hectáreas, se realiza la descarga del agua residual, sin ningún tipo de tratamiento a la quebrada San Javier [8]”.



Ilustración 9: Zona de vertimiento Ferrocarril
Fuente: PSMV Inspección San Javier, Municipio de La Mesa, Cundinamarca.2016.

3.5.2 Vertimiento El Mirador

“Este vertimiento contempla las aguas residuales del sector vía Plaza de Toros, el emisario final tiene una longitud de tubería de 51,48 metros, con un diámetro de 12 pulgadas en concreto; la población que contempla este vertimiento es de 21 habitantes y un aproximado de 7 casas, el área de servicio es de 0,69 hectáreas, se realiza la descarga del agua residual, sin ningún tipo de tratamiento a un vallado [8]”.



Ilustración 10: Zona de vertimiento El Mirador
Fuente: PSMV Inspección San Javier, Municipio de La Mesa, Cundinamarca.2016

3.5.3 Vertimiento Igua

“Este vertimiento contempla las aguas residuales del sector el Igua, el emisario final tiene una longitud de tubería de 33,84 metros, con un diámetro de 8 pulgadas en gres; la población que contempla este vertimiento es de 535 habitantes y un aproximado de 168 casas, el área de servicio es de 17,5 hectáreas, se realiza la descarga del agua residual, sin ningún tipo de tratamiento a la Q. San Javier. [8]”.



Ilustración 11: Zona de vertimiento Igua

Fuente: PSMV Inspección San Javier, Municipio de La Mesa, Cundinamarca.2016

No	Nombre del vertimiento	Descripción de la descarga (material)	Diametro (in)
1	Ferrocarril	Novafor	24
2	El mirador	Concreto	12
3	Igua	Gres	8

Tabla 26: Características de vertimientos existentes

Fuente: PSMV Inspección San Javier, Municipio de La Mesa, Cundinamarca.2016

3.5 CALIDAD DE AGUA

El propósito principal del proyecto es analizar las características del sistema de alcantarillado sanitario de San Javier así como las descargas que realiza de aguas residuales por eso es importante tener en cuenta la calidad de agua de sus fuentes receptoras, es por esto que de acuerdo a normativas vigentes se realizará a continuación un análisis de los parámetros de características del agua para verificar si el valor de estos parámetros se encuentran dentro de los valores permisibles requeridos por las entidades públicas de medio ambiente.

Resolución 631 del 2015

Del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

“La presente Resolución establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles que deberán cumplir quienes realizan vertimientos puntuales a los cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público. Igualmente, se establecen los parámetros objeto de análisis y reporte por parte de las actividades industriales, comerciales o servicios.

Para la aplicación de la presente resolución se adoptan las siguientes definiciones:

Aguas Residuales Domésticas, (ARD): Son las procedentes de los hogares, así como las de las instalaciones en las cuales se desarrollan actividades industriales, comerciales o de servicios y que correspondan a:

1. Descargas de los retretes y servicios sanitarios.
2. Descargas de los sistemas de aseo personal (duchas y lavamanos), de las áreas de cocinas y cocinetas, de las pocetas de lavado de elementos de aseo y lavado de paredes y pisos y del lavado de ropa (No se incluyen las de los servicios de lavandería industrial).

Aguas Residuales no Domésticas, (ARnD): Son las procedentes de las actividades industriales, comerciales o de servicios distintas a las que constituyen aguas residuales domésticas, (ARD)[12]”.

Capítulo V. parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas, (ard) y de las aguas residuales (ard – arnd) de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales.

Artículo 8o. parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas, (ARD) de las actividades industriales, comerciales o de servicios; y de las aguas residuales (ARD y ARND) de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cuerpos de aguas superficiales.

Los vertimientos puntuales de Aguas Residuales Domésticas, (ARD) y de las Aguas Residuales no Domésticas (ARnD), de los prestadores del servicio público de alcantarillado a cumplir, serán los siguientes:

PARÁMETRO	UNIDADES	AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS (ARD) DE LAS SOLUCIONES INDIVIDUALES DE SANEAMIENTO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES O BIFAMILIARES	AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS (ARD), Y DE LAS AGUAS RESIDUALES (ARD – ARnD) DE LOS PRESTADORES DEL SERVICIO PÚBLICO DE ALCANTARILLADO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES, CON UNA CARGA MENOR O IGUAL A 625,00 kg/DÍA DBO5
Generales			
pH	Unidades de pH	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O2	200,00	180,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L O2		90,00
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	100,00	90,00
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	5,00	5,00
Grasas y Aceites	mg/L	20,00	20,00
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L		Análisis y Reporte
Hidrocarburos			
Hidrocarburos Totales (HTP)	mg/L		Análisis y Reporte
Compuestos de Fósforo			
Ortofosfatos (P-PO43-)	mg/L		Análisis y Reporte
Fósforo Total (P)	mg/L		Análisis y Reporte
Compuestos de Nitrógeno			
Nitratos (N-NO3-)	mg/L		Análisis y Reporte
Nitritos (N-NO2-)	mg/L		Análisis y Reporte
Nitrógeno Amoniacal (N-NH3)	mg/L		Análisis y Reporte
Nitrógeno Total (N)	mg/L		Análisis y Reporte

Ilustración 12: Valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas.

Fuente: Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible.

Además de contar con la resolución descrita anteriormente, se cuenta con la guía metodológica para la formulación de planes de saneamiento y manejo de vertimientos de la CAR en la que analizaremos las caracterizaciones de las descargas de agua residual a los cuerpos de agua receptores, antes y después de cada vertimiento. En el siguiente cuadro se describen los parámetros a analizar.

PARAMETRO	UNIDADES
DBO5	mg/lt
DQO	mg/lt
SST	mg/lt
Coliformes totales	NMP/100ml
Coliformes Fecales	NMP/100ml
Oxigeno Disuelto	mg/lt
Ph	UN
Temperatura del agua	mg/lt
Fosforo total	mg/lt
Caudal	lt/s

Tabla 27: Parámetros a caracterizar.

Fuente: Guía para Formulación del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos. CAR 2016.

“De acuerdo con los objetivos de calidad para la Cuenca del Río Bogotá a lograr en año 2020 estipulados en el Acuerdo 43 de 2006, el casco urbano de la Inspección de San Javier en el Municipio de La Mesa se encuentra ubicado en la Cuenca baja del Río Bogotá, en la subcuenca Río Apulo denominada por el Código 2120-02. La Cuenca del Río Apulo está comprendida así:

Subcuenca del Río Curí: Río Curí y sus Afluentes desde su cabecera hasta la desembocadura de la Quebrada Agualauta, corresponden a la **Clase I**, Río Cachipay y sus afluentes desde su cabecera hasta la confluencia con la Río Bajamón, corresponden **Clase I**, Río Bajamón y sus afluentes, corresponden a la **Clase II**, Río Curí y sus afluentes desde la desembocadura de la Quebrada Agualauta hasta su desembocadura en el Río Apulo, corresponden a la **Clase II**.

Subcuenca del Río Apulo: Comprendida por el Río Apulo y sus afluentes, desde su cabecera hasta la desembocadura del Río Curí, corresponden a la **Clase II**.

Subcuenca Apulo Zona Baja: Afluentes del Río Apulo, desde la desembocadura del Río Curí hasta su desembocadura en el Río Bogotá, corresponden a la **Clase II**, Río Apulo, desde la desembocadura del Río Curí hasta su desembocadura en el Río Bogotá, corresponden a la **Clase IV**.

Teniendo en cuenta que los vertimientos de la zona urbana de la Inspección de San Javier del Municipio de La Mesa se descargan directamente a la Quebrada San Javier, perteneciente a la Subcuenca Apulo zona baja, los objetivos de calidad a tener en cuenta son: Para las Quebradas afluentes del Río Apulo **Clase II**, correspondiente a los valores de los usos del agua para consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, uso agrícola con restricciones y uso pecuario [9]”.

Parámetros correspondientes a la clase II

	PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR MÁS RESTRICTIVO
Parámetros Orgánicos	DBO	mg/L	7
	OD	mg/L	>4
	Coliformes Totales	NMP/100 ml	20000
Parámetros Nutrientes	Nitratos	CL 96/50	10
	Nitritos	CL 96/50	10
Sólidos	Sólidos Suspendidos Totales	CL 96/50	10
Parámetros de Interés Sanitario	Arsénico	CL 96/50	0.05
	Bario	CL 96/50	1
	Berilio	CL 96/50	0.1
	Cadmio	CL 96/50	0.01
	Cianuro Libre	CL 96/50	0.2
	Cinc	CL 96/50	2
	Cobre	CL 96/50	0.2
	Compuestos Fenólicos	Mg/L	0.002
	Cromo (Cr+6)	Mg/L	0.05
	Difenil Policlorados	Concentración de Agente Activo	No Detectable
	Mercurio	mg/L	0.002
	Plata	mg/L	0.05
	Plomo	mg/L	0.05
	Selenio	mg/L	0.01
Otros Parámetros de Interés Sanitario	Amoniaco	CL 96/50	1
	Cloruros	mg/L	250
	Cobalto	mg/L	0.05
	Color	Unidades escala Platino-Cobalto	75
	pH	Unidades	5-9

	PARÁMETRO	UNIDADES	VALOR MÁS RESTRICTIVO
	Sulfatos	mg/L	400
	Tensoactivos	mg/L	0.5
	Vanadio	mg/L	0.1

Tabla 28: Parámetros correspondientes a la clase II.

Fuente: Acuerdo 43 de 2006 – Corporación Autónoma Regional – CAR

Características principales de los monitoreos realizados:

Sitios de muestreo	a. Vertimientos originados - Vert. 1 – Ferrocarril. - Vert. 2 – El Mirador. - Vert. 3 – Igua b. Fuentes de agua superficial - Quebrada San Javier aguas arriba y aguas abajo.
Fecha del muestreo	6 y 7 de junio de 2016
Laboratorio	Instituto de Higiene Ambiental S.A.S – Resolución 1883 del 9 de septiembre de 2015.
Medición de caudal	a. Vertimientos originados Volumétrico b. Fuentes de agua superficial Área x Velocidad
Tipo de muestreo	Simple y Compuesto.

Tabla 29: Características principales de los monitoreos realizados.

Fuente: PSMV Inspección San Javier, Municipio de La Mesa, Cundinamarca.2016

Resultados de la caracterización de los vertimientos:

ASPECTO	UNIDAD	VERT. 1	VERT. 2	VERT. 3
Coordenada Norte	-	1005925	1006478	1006438
Coordenada Este	-	957304	957329	957724
Caudal	L/s	0.127	0,024	0,143
DBO ₅	mg/l	113	157	193
DQO	mg/l	256,1	354,5	432,1
SST	mg/l	29,80	27,90	28,90
Coliformes Totales	NMP/100 ml	378x10 ^b	257x10 ^b	285x10 ^b
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	245x10 ^b	136x10 ^b	188x10 ^b
Oxígeno Disuelto	mg/l	0,45	<0,10	<0,10

ASPECTO	UNIDAD	VERT. 1	VERT. 2	VERT. 3
pH	Unidades	6,42	6,55	6,35
Temperatura insitu del agua	°C	16,6	17,1	17
Temperatura ambiente	°C	20±1	20±1	20±1

Tabla 30: Resultados de la caracterización de los vertimientos.

Fuente: PSMV Inspección San Javier, Municipio de La Mesa, Cundinamarca.2016

CARACTERIZACIÓN Q. San Javier				
Cuenca	Baja del Río Bogotá			
Subcuenca	Apulo zona baja			
Fuente hídrica	Quebrada San Javier			
Vertimiento	Vert. No 1 - Ferrocarril			
ASPECTO	UNIDAD	AGUAS ARRIBA	AGUAS ABAJO	OBSERVACIONES
Distancia vertimiento	Km	0.1	0.1	
Coordenada Norte	-	1005907	1005956	
Coordenada Este	-	957314	957298	
Caudal	L/s			
DBO ₅	mg/l	9,70	15,10	
DQO	mg/l	<32	34,30	
SST	mg/l	20,80	21,40	
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	228x10 ³	304x10 ³	
Coliformes Totales	NMP/100 ml	388x10 ³	425x10 ³	
Oxígeno Disuelto	mg/l	4,89	1,45	
pH	-	6,43	6,65	
Temperatura Ambiente	°C	20±1	20±1	
Temperatura agua insitu	°C	18,40	19	

Tabla 31: Resultados caracterización 1 Q. San Javier

Fuente: PSMV Inspección San Javier, Municipio de La Mesa, Cundinamarca.2016

CARACTERIZACIÓN Q. San Javier				
Cuenca	Baja del Río Bogotá			
Subcuenca	Apulo zona baja			
Fuente hídrica	Quebrada San Javier			
Vertimiento	Vert. No 3 - Igua			
ASPECTO	UNIDAD	AGUAS ARRIBA	AGUAS ABAJO	OBSERVACIONES
Distancia vertimiento	Km	0.1	0.1	
Coordenada Norte	-	1006923	1006903	
Coordenada Este	-	957002	956853	
Caudal	L/s			
DBO ₅	mg/l	7,90	8,20	
DQO	mg/l	<32	<32	
SST	mg/l	20,20	21,80	
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	166x10 ³	189x10 ³	
Coliformes Totales	NMP/100 ml	239x10 ³	274x10 ³	
Oxígeno Disuelto	mg/l	0,45	4,99	
pH	-	6,54	6,32	
Temperatura Ambiente	°C	20±1	20±1	
Temperatura agua insitu	°C	18,40	16,9	

Tabla 32: Resultados caracterización 2 Q. San Javier

Fuente: PSMV Inspección San Javier, Municipio de La Mesa, Cundinamarca.2016

Según los monitoreos realizados aguas arriba y aguas abajo a la quebrada San Javier en los tres diferentes puntos de vertimientos y analizando por medio de caracterizaciones a las descargas de agua residual parámetros físico- químicos del agua tales como demanda biológica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), coliformes totales, coliformes fecales, oxígeno disuelto, pH, temperatura del agua y fosforo presentes en los cuerpos de agua receptores, se realizó un análisis de estos resultados comparándolos con los objetivos de calidad para la Cuenca del Río Bogotá propuestos por la CAR a lograr debido a que el casco urbano de la Inspección de San Javier en el Municipio de La Mesa se encuentra ubicado en la Cuenca baja del Río Bogotá, en la subcuenta Río Apulo; además también se analizaron estos resultados con los lineamientos mínimos y/o máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas propuestos por el Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible trayendo como resultado lo siguiente:

No se cumple con los valores de demanda biológica de oxígeno (DBO₅) en ninguno de los tres vertimientos, los valores del oxígeno disuelto (OD), sólidos suspendidos

totales (SST), coliformes totales y coliformes fecales no se encuentran entre los parámetros de calidad de agua permisible en ninguno de los tres vertimientos y finalmente los parámetros de pH, y temperatura se cumplen sin problema en los tres vertimientos.

3.7 DEFINICIÓN DE IMPACTOS POTENCIALES Y DETERMINACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA EXISTENTE EN EL SISTEMA- ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES

Teniendo en cuenta el análisis del cumplimiento de los parámetros en el cálculo hidráulico realizado y la evaluación del sistema de alcantarillado sanitario existente, se identificó la problemática actual del servicio para así proponer recomendaciones que permitan la optimización del sistema actual.

3.7.1 Problemas identificados:

- Según el cálculo hidráulico realizado se encontró lo siguiente:
1. Los siguientes tramos no cumplen con los valores mínimos y/o máximos de recubrimiento permitido, trayendo como posibles consecuencias la corrosión, erosión y rupturas del material debido a las cargas vivas que se ejercen a lo largo de la vida útil del proyecto.

TRAMO		Recubrimiento > 0.90 m	
DE	A	SUP	INF
6889	6922	1,35	0,86
6026	6027	0,70	2,21
6027	1591	0,58	1,39
1591	1592	0,83	0,36
1595	1602	1,06	0,76
1602	1601	0,70	0,76
5050	6932	0,85	3,04
6960	6965	1,28	0,61
6927	1005	0,27	1,47
6927	1006	0,27	1,73
1599	1600	0,89	1,91
1600	5049	1,82	0,58
1606A	1606	1,2	0,76
1606	1605	0,75	1,89
1603	1602	0,86	0,90

Tabla 33: Tramos que no cumplen con parámetros mínimos y/ o máximos de recubrimiento.

Fuente: Elaboración propia

2. El tramo 6888- 6889 no cumple con el parámetro de velocidad mínima de flujo y fuerza tractiva mínima, por lo cual dificulta el debido arrastre de sedimentos del sistema, además de no cumplir con la capacidad autolimpiante de la tubería.
 3. En el tramo 6927-1005 se presenta un flujo crítico, (0,93) se recomienda tener números de Froude por fuera de intervalos de 0,9 a 1,1 para la condición del flujo uniforme.
- No existe cobertura de alcantarillado del 100%: la cobertura actual del alcantarillado es del 59% por lo cual la población restante tiene que utilizar otro tipo de soluciones de carácter individual en las que realizan sus descargas directamente al suelo (por canales en las vías o a vallados).
 - El sistema de alcantarillado es combinado: es posible que la red no sea suficiente para transportar las aguas combinadas trayendo como consecuencia que las redes se colmaten.
 - Falta de mantenimiento a los pozos de inspección: la red en general se encuentra en mal estado por la falta de mantenimiento y reparación de la misma trayendo como consecuencias posibles fugas que afecten el suelo y problemas de carácter hidráulico que impidan la correcta operación del sistema.
 - Aumento de la carga contaminante al no contar con una planta de tratamiento de aguas residuales: la inspección de san Javier en el momento no cuenta con una PTAR es por esto que las descargas se generan directamente a la quebrada san Javier trayendo como consecuencia un impacto significativo en los recursos hídricos, deteriorando así la calidad del agua de la quebrada de San Javier
 - No se cumplen totalmente los parámetros mínimos y/o máximos admisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales domésticas por lo cual la calidad de agua en estos puntos no es la adecuada trayendo como consecuencia el posible deterioro ambiental.

3.8 FORMULACIÓN DE LA RECOMENDACIONES

- En cuanto a los tramos que no cumplen con el recubrimiento mínimo y/o máximo permisible hidráulicamente se recomienda primeramente analizar en la ubicación las cargas vehiculares de acuerdo al tipo de vía y su estado actual y revisar si es viable y rentable realizar un recubrimiento o realizar el cambio de tubería modificando las pendientes para garantizar el cumplimiento de este, esto debido a que en tramos pequeños con bajo flujo vehicular nos es una alternativa económica realizar estos tipo de trabajos de rehabilitación.

Se recomienda el aumento de la pendiente en los tramos 6888- 6889 para que este cumpla con la velocidad y la fuerza mínima tractiva.

En el **anexo 04** se adjunta las memorias de cálculo de la red de alcantarillado “proyectada” en las cual se tuvo en cuenta las recomendaciones anteriores, mostrando así el cumplimiento de todos los parámetros hidráulicos para un correcto diseño, así mismo se anexan los planos con las redes proyectadas del sistema y los planos del perfil de los tramos proyectados (**Anexo 05, anexo 06**)

- En cuanto a la problemática de la baja cobertura actual del sistema de alcantarillado se recomiendo ampliar la red de colectores, el número de pozos de inspección la instalación de acometidas en los predios que no cuentan con conexión, construcción de tramos iniciales, secundarios y construcción del emisario final en el sector de la iglesia y la vía férrea, entre la transversal 4 y la carrera 5ª con calle 6 conectando estos tramos con el pozo de inspección N° 1606A.
- Se recomienda además la planificación y el diseño de obras que permitan la separación del sistema combinado por un sistema de aguas lluvias y otro de aguas negras, esto para minimizar y evitar el desbordamiento de aguas combinadas debido a fuertes lluvias ya que el flujo excede la capacidad hidráulica de la tubería para transportar aguas, además de evitar gases producidos por la descomposición de los materiales solidos lo cuales generan malos olores incomodando y deteriorando la calidad de vida de la comunidad.
- Interceptar el caudal de las descargas de Ferrocarril e Igua y conectarlas su caudal a un emisario final que conduzca el agua a una planta de tratamiento de agua residual (proyectada) ,se recomienda además eliminar el vallado de la descarga del Mirador, conectar el caudal a un emisario final y transportarlo

a una planta de tratamiento de agua residual, ya que este vallado se encuentra en malas condiciones lo cual provoca el estancamiento de la aguas residuales siendo estos focos de vectores y olores molestos generando así problemas de insalubridad.

- El 99 % de las tuberías de la red actual de alcantarillado sanitario es de material de gres, correspondiente a los 3140,19 metros de los 3148,27 metros totales. es importante recalcar que el gres no es un material que se acepte para sistemas de alcantarillado actualmente, pero es importante conocer el funcionamiento y el estado real de cada tramo de tubería por eso se recomienda realizar un análisis en el que se indique si es necesario y rentable realizar el cambio de tubería o algunos pueden ser recalzados ahorrando costos y aprovechando la infraestructura existente del centro poblado de San Javier.
- Se recomienda la construcción y ejecución de una PTAR de bajo costo de inversión y operación y que no requiera un área muy amplia, los tratamientos biológicos de tipo anaerobio son una posibilidad económica y práctica que son considerados para evaluar la problemática de saneamiento hídrico de las comunidades pequeñas en Colombia (municipios). Se sugiere el tratamiento anaerobio tipo UASB se destacan dentro del grupo de proceso convencionales porque han evolucionado en cumplimiento de exigencias ambientales.
- Se recomienda además la realización del saneamiento y descontaminación de la quebrada San Javier afluente del río Apulo, y análisis de caracterización de agua residual semestral.

4. CONCLUSIONES

1. Como resultado alcanzado y dando cumplimiento al objetivo general del proyecto, se realizó el diagnóstico y la evaluación del alcantarillado sanitario de San Javier y se propusieron alternativas y estrategias para la optimización del sistema existente.
2. Como resultado del análisis de la información obtenida de la inspección de San Javier se encontraron deficiencias en los parámetros requeridos de diseño, ya que se encontraron tramos con pendientes muy bajas lo cual no permite el debido arreste de los sólidos y la capacidad autolimpiante

requerida; además varios tramos de la red no cuentan con parámetros de recubrimiento mínimos.

3. La inspección de San Javier no cuenta con datos actualizados del estado de las redes, es importante realizar este tipo de actualizaciones para así mismo realizar planes que permitan el mejoramiento de los sistemas de transporte y evacuación de aguas domésticas.
4. Por medio del análisis de las caracterizaciones de las descargas a los cuerpos de agua receptores de cada vertimiento, se encontró que estas no cumplen con los parámetros o los objetivos de calidad mínimos y/o máximos permisibles de DBO, DQO, coliformes totales y oxígeno disuelto.
5. Según el reconocimiento y las características de cada punto de vertimiento Se evidenció una problemática ambiental considerable debido a la ausencia de una planta de tratamiento de aguas residuales que disminuya el impacto de la quebrada San Javier, por lo cual es recomendable interceptar estas descargas y transportarlas por medio de un emisario final que conduzca a un punto de la futura planta de tratamiento.
6. En la actualidad no se ha eliminado ninguno de los tres vertimientos, el vertimiento Igua se encuentra ubicado en un predio privado por lo que se requiere permisos especiales para la observación de su estado en general.
7. Se entrega al municipio una evaluación del sistema de alcantarillado sanitario actual, así como los respectivos planos de redes hidráulicas y áreas aferentes, además de memorias de cálculo del diseño de los tramos proyectados con su respectiva cimentación y cálculo de cantidades de obra esto con el fin de aportar herramientas para el saneamiento básico de la comunidad.
8. El acceso a la información propia de los municipios es esencial a la hora de realizar proyectos que busquen aportar alternativas a problemáticas ambientales y sociales de una comunidad, por eso es importante que las entidades gubernamentales de la mano de las empresas prestadoras de servicios públicos realicen constantemente actualizaciones respectivas de su información con el fin de que esta sea utilizada para el desarrollo de futuros proyectos similares.

9. El presente proyecto es una herramienta para las empresas encargadas de la prestación del servicio de alcantarillado como aporte a sus estrategias y planes de optimización del servicio, así como también es una herramienta para las entidades municipales de la Mesa Cundimarca que permite evaluar la problemática ambiental de las fuentes hídricas receptoras de las aguas residuales domésticas.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) Villazón, E. (2015). *La infancia, el agua y el saneamiento básico en los planes de desarrollo departamentales y municipales*. Procuraduría general de la nación. https://www.procuraduria.gov.co/portal/media/file/parte1_agua.pdf
- (2) User, S. (2021). *Programa de Cultura del Agua, Participación y Transformación de conflictos relacionados con el recurso hídrico*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-integral-del-recurso-hidrico/gobernanza-del-agua/programa-de-cultura-del-agua-participacion-y-transformacion-de-conflictos-relacionados-con-el-recurso-hidrico>
- (3) Empresas Públicas de Medellín. E. S. P. (2013). *Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín. E. S. P.* https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro_de_documentos/normatividad_y_legislacion/agua/Norma_Disenio_Alcantarillado_2013.pdf
- (4) E. (2021, 13 febrero). *Sistemas de Alcantarillados*. blog ingeniería civil. <https://www.ingenierocivilinfo.com/2010/07/sistemas-de-alcantarillados.html>
- (5) López, R. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Escuela colombiana de ingeniería.
- (6) Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2012). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS : TÍTULO D. Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y aguas lluvias. -- 2da. Ed.* Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico, Universidad de los Andes. Centro de Investigaciones en Acueductos y Alcantarillados. https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/titulo_d.pdf
- (7) Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). *Resolución 0330 del 08 de junio de 2017*. <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/0330-2017.pdf>
- (8) Empresas Públicas de Cundinamarca S.A E.S.P. (2016). *Revisión, Formulación, Ajuste y/o Actualización de los Planes de Saneamiento y Manejo De Vertimientos-PSMV de las áreas urbanas y centros poblados en municipios del departamento de Cundinamarca*. P&P Gestión Integral.

- (9) *Elaboración del Diagnóstico, Prospectiva y Formulación de la cuenca hidrográfica del río Bogotá subcuenca del río Apulo -21 2002*. (2016).
<https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac254af33ad3.pdf>
- (10) Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR. (2016). *Acuerdo número 43 del 17 de octubre de 2006*.
<https://www.car.gov.co/uploads/files/5ada10b9602b4.pdf>
- (11) Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE. (2005). *Boletín censo general (perfil La Mesa- Cundinamarca)*. DANE.
https://www.dane.gov.co/files/censo2005/perfiles/cundinamarca/la_mesa.pdf
- (12) Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Resolución 0631 del 17 de marzo del 2015*.
https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res_631_marz_2015.pdf
- (13) *Ayudas de diseño hidrosanitario*. (2018). Pavco. <https://pavcowavin.com.co/ayudas-de-diseno-hidrosanitario>

6. ANEXOS

Anexo 01: Plano de redes actuales del alcantarillado sanitario de San Javier

Anexo 02: Plano de áreas propias y aferentes del alcantarillado sanitario de San Javier

Anexo 03: Memorias de cálculo hidráulico de la red actual de alcantarillado sanitario de San Javier.

Anexo 04: Memorias de cálculo hidráulico de la red proyectada de alcantarillado sanitario de San Javier con su respectiva cimentación y cantidades de obra.

Anexo 05: Plano de red de alcantarillado sanitario proyectado.

Anexo 06: Plano de perfiles de los tramos proyectados.

Anexo 07: Plano de detalle de pozo de inspección.