



Lina Kathryn Parra R.
Ingeniera Civil

Esp. en Aguas y Saneamiento Ambiental

**DIAGNOSTICO TÉCNICO DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL
BARRIO SANTA BARBARA DEL MUNICIPIO PURIFICACIÓN – TOLIMA PARA EL
PROYECTO DENOMINADO “REPOSICIÓN Y MEJORAMIENTO DEL
ALCANTARILLADO SANITARIO EN LOS BARRIOS VILLA DEL CARMEN, OSPINA
PEREZ Y SANTA BARBARA DEL MUNICIPIO DE PURIFICACIÓN - TOLIMA”**

MEMORIAS DE CÁLCULO

DISEÑO

LINA KATHERYN PARRA RODRIGUEZ

T.P 70202-273409 TLM

INGENIERA CIVIL

PURIFICACION, TOLIMA

NOVIEMBRE 2020

Contenido

1. INTRODUCCIÓN	3
2. JUSTIFICACIÓN	5
3. DIAGNOSTICO PROBLEMÁTICA ACTUAL	6
4. Rehabilitación de alcantarillados.....	6
4.1 Deficiencias en los sistemas de alcantarillado.....	7
4.2.1 Apertura de Zanja:	10
4.2.2 Rotura de la tubería (Pipe bursting):.....	10
4.2.3 Inserción de Revestimiento simple (Sliplining)	11
4.2.4 Inserción de revestimiento en espiral (Spiral Wound Lining)	11
4.2.5 Inserción de tuberías con sección transversal modificada	12
4.2.6 Tuberías curadas en el sitio.....	12
4.2.7 Reducción calórica del diámetro (Swagelining):	13
4.2.8 Reducción física del diámetro (Rolldown)	13
4.2.9 Sellado de fugas e infiltraciones (Point Repairs).....	14
5. Generación de la alternativa técnicamente viable	14
5.1 Selección de la alternativa definitiva.....	15
6. LOCALIZACION DEL PROYECTO	16
6.1 DESCRIPCIÓN FÍSICA.....	16
6.2 ASPECTOS BIOFÍSICOS	16
7. DETERMINACION DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL PROYECTO.	17
8. SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO	21
8.1 POBLACION OBJETO DEL PROYECTO	21
8.2 DOTACION NETA	21
9. SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL	28
10. Bibliografía.....	29

1. INTRODUCCIÓN

La vida útil de un sistema de alcantarillado depende de dos variables, una es la rapidez con la que se alcanza la capacidad hidráulica, y otra la manera como agentes externos deterioran su capacidad estructural. Una vez que cualquier tramo o red de alcantarillado ha dejado de cumplir con estos indicadores de desempeño mínimos que se asocian a un sistema “saludable”, causando problemas ambientales, hidráulicos y estructurales, es necesario iniciar un proyecto de rehabilitación.

Los problemas estructurales están relacionados con el proceso de deterioro de los materiales los cuales son detonados por la influencia de agentes externos. Los problemas hidráulicos se relacionan con la capacidad residual cada vez menor que le queda al sistema por el aumento de los aportes de caudal y por la ganancia de rugosidad al sufrir obstrucciones o deterioro. Los problemas ambientales se relacionan principalmente con los impactos externos causados por las fallas en los alcantarillados y por la contaminación del agua residual en cuerpos de agua naturales; entre ellos se encuentran las inundaciones y las ex filtraciones. (Vergara, 2008)

El manual *Sewerage Rehabilitation Manual (SRM)* busca establecer la determinación sistemática de los problemas que se generan en el sistema de alcantarillado, identificando y desarrollando soluciones integrales que sean factibles tanto técnica como económicamente teniendo en cuenta la disponibilidad de recursos, proponiendo una serie de secuencias o etapas que se pueden evidenciar en la imagen No. 01. (Vergara, 2008). El SRM plantea 4 secuencias o etapas para los proyectos de rehabilitación que se explicarán a continuación (Vergara, 2008):

- La *etapa de inspección* considera que en la empresa prestadora del servicio existe una base de datos del alcantarillado y que continuamente se realiza, a partir de dicha inspección, una evaluación de la condición actual del alcantarillado, con base en aspectos hidráulicos, ambientales y estructurales directamente relacionados con indicadores de operación del sistema.
- La segunda fase es la *etapa de evaluación*, la cual utiliza la información relevante de las tuberías más deterioradas o aquellas que requieran la mayor atención por diferentes aspectos operacionales y desarrolla las evaluaciones que se requieran de para el caso en específico ya sea con respecto a aspectos hidráulicos, ambientales y/o estructurales. Finalmente, en este ítem se identifican las causas de los problemas y las necesidades que necesitan ser suplidas.
- En la tercera fase o *etapa de desarrollo de solución* se comparan las necesidades del sistema con los proyectos de rehabilitación técnicamente factibles y luego de una comparación de las alternativas se determina aquella que se considera la más adecuada y definitiva.
- Finalmente se lleva a cabo la *etapa de implementación y monitoreo*, donde se realiza



Lina Kathryn Parra R.
Ingeniera Civil

Esp. en Aguas y Saneamiento Ambiental

el proceso de ejecución de las obras que se requieren y se actualiza la condición de los tramos de red en la base de datos.

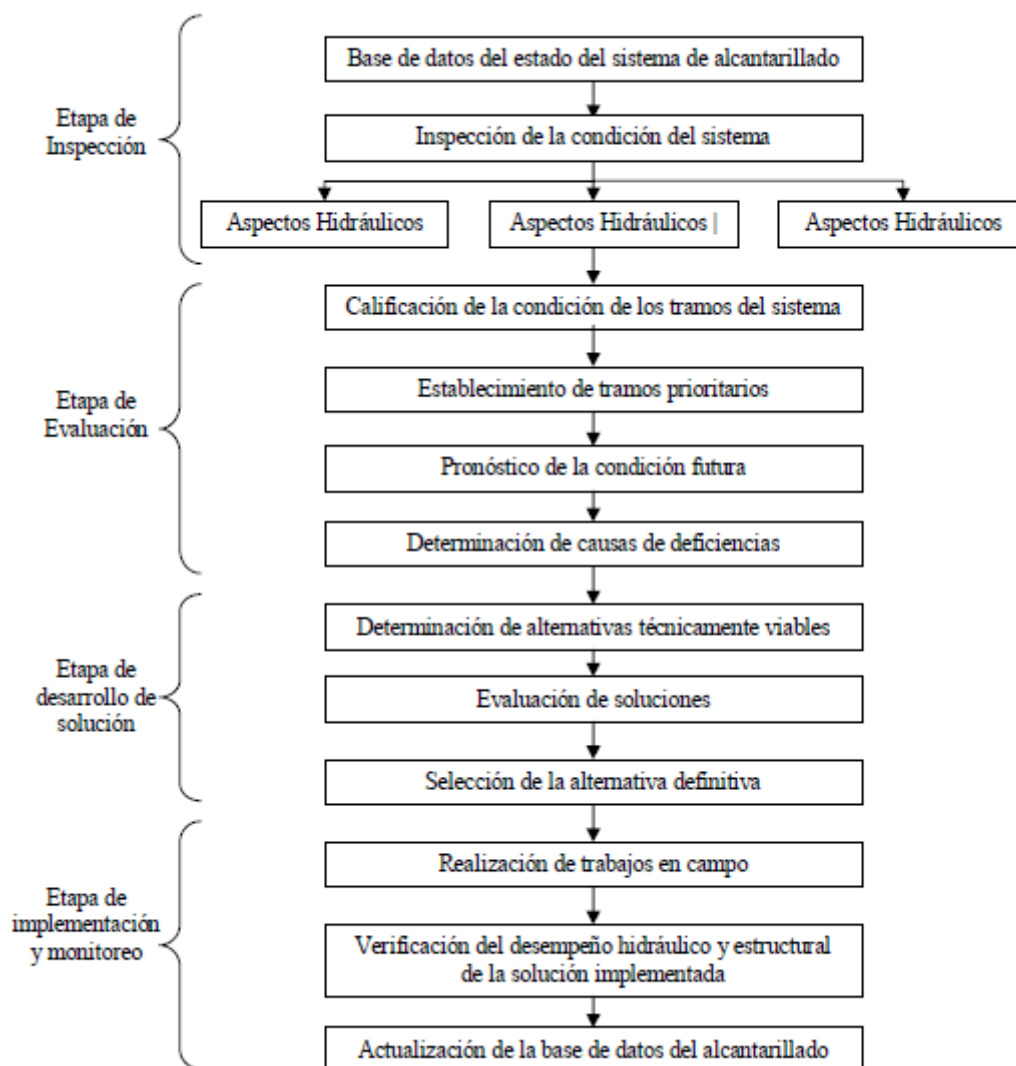


Imagen No. 01 Secuencia de etapas que involucran los proyectos de rehabilitación de alcantarillados de acuerdo con el Sewerage Rehabilitation Manual. Adaptado de (Vergara, 2008)

El presente proyecto busca plantear principalmente la mejor alternativa teniendo en cuenta los criterios técnicos y de prestación de servicio, y tomando como base las alternativas técnicas viables, para la rehabilitación u optimización de los tramos de redes del sistema de alcantarillado sanitario de la Cra 8 con Avenida Rejeros cerca al Hospital en el barrio SANTA BÁRBARA, Av. Rejeros en el Barrio OSPINA PÉREZ y en el Barrio VILLA DEL CARMEN, en el municipio Purificación, departamento del Tolima.

2. JUSTIFICACIÓN

Este informe se realiza teniendo en cuenta la necesidad presentada en los sectores de la Cra 8 con Avenida Rejeros cerca al Hospital en el barrio SANTA BÁRBARA, Av. Rejeros en el Barrio OSPINA PÉREZ y en el Barrio VILLA DEL CARMEN, en el municipio Purificación, departamento del Tolima, del cambio u optimización de las redes del sistema de alcantarillado sanitario, para lo que la ALCALDÍA MUNICIPAL DE PURIFICACIÓN, la SECRETARIA DE PLANEACIÓN y PURIFICA E.S.P. plantean un proyecto cuyo objeto es la **“REPOSICIÓN Y MEJORAMIENTO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO EN LOS BARRIOS VILLA DEL CARMEN, OSPINA PEREZ Y SANTA BARBARA DEL MUNICIPIO DE PURIFICACIÓN - TOLIMA”**; dentro del cual se encuentran estipuladas las especificaciones requeridas para la ejecución de esta obra, teniendo en cuenta las características propias de cada sector.

El propósito de este estudio e informe es determinar el estado actual de las redes de alcantarillado sanitario existentes en el barrio Villa del Carmen del municipio de Purificación Tolima, con el fin de proponer la optimización de las redes y de esta manera mejorar los estándares de continuidad, calidad, cantidad y cobertura en la prestación del servicio de alcantarillado para la comunidad de los sectores beneficiados, dando solución a la problemática actual que se presenta y que afecta a los habitantes de dichos barrios, por ende contribuyendo al mejoramiento de la calidad de vida de las personas que allí habitan.

En este documento se mencionarán las normas y parámetros tenidos en cuenta para realizar las memorias de cálculo de los diseños de las redes del sistema de alcantarillado sanitario a optimizar. Estos diseños, se realizaron en base de los parámetros, recomendaciones y normas técnicas establecidas en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000 y RAS 2016, emitidas por el Ministerio de Desarrollo Económico, actualmente, modificadas parcialmente mediante RESOLUCIÓN 2320 DE 2009 del 27 de noviembre y RESOLUCIÓN 0330 DE 2017 del 08 de Junio, por EL MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL.

Para el diseño de las redes de distribución del sistema de acueducto se determinan y calculan las especificaciones hidráulicas, con base en el TITULO B “SISTEMAS DE ACUEDUCTO” del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2016. Y para cálculos de las redes colectoras del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial se siguieron los parámetros establecidos en el TITULO D “SISTEMAS DE RECOLECCION Y EVACUACION DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS Y PLUVIALES”.

3. DIAGNOSTICO PROBLEMÁTICA ACTUAL

El barrio SANTA BARBARA, objeto de este estudio, es uno de los barrios más antiguos del Municipio, por tal razón, las redes del sistema de alcantarillado sanitario tienen más de 20 años de instaladas, adicionalmente, se encuentran en material de cemento (permitido normativamente en la época en la que se instaló) y debido a esto presenta un estado de deterioro crítico afectando los estándares de cantidad, continuidad, cobertura y calidad en la prestación del servicio de alcantarillado y causando diferentes problemáticas, tales como: obstrucción de la red en algunos tramos, aplastamiento de la tubería, pérdida o desgaste generando filtraciones de aguas negras y por ende socavación del terreno y colapso y hundimiento de la placa de pavimento, devolución de aguas residuales y/o aguas negras en la parte interna y externa de las viviendas y a su vez contaminación por malos olores y exposición a enfermedades por presencia de plagas y/o vectores, ocasionando inconformidad total por la comunidad afectada, manifestada mediante diferentes quejas y/o peticiones ante la empresa prestadora del servicio y ante la alcaldía municipal.

Por lo anterior, se hizo necesario determinar el estado actual de las redes existentes en este sector, verificando técnicamente las estructuras que componen el sistema de alcantarillado sanitario: pozos de inspección y tuberías (diámetro, pendiente, profundidad y material), con el fin de realizar los estudios y diseños necesarios para el proyecto **“REPOSICIÓN Y MEJORAMIENTO DEL ALCANTARILLADO SANITARIO EN LOS BARRIOS VILLA DEL CARMEN, OSPINA PEREZ Y SANTA BARBARA DEL MUNICIPIO DE PURIFICACIÓN – TOLIMA”**, dando solución de esta manera a la problemática presentada en los diferentes sectores, garantizando el cumplimiento de los parámetros establecidos para el diseño de las redes de sistemas de alcantarillado en la resolución 0330 del 2017, contribuyendo con el progreso y desarrollo del municipio, brindando una calidad en la prestación de los servicios, disminuyendo el riesgo de enfermedades y por ende contribuyendo al mejoramiento de la calidad y dignidad de vida de los habitantes.

4. REHABILITACIÓN DE ALCANTARILLADOS

Todos los sistemas de acueducto y alcantarillado, y toda infraestructura en general, que se construye o instala dentro del ejercicio de la ingeniería, se deteriora con el paso del tiempo y requiere un consecuente proceso de mantenimiento y reparación. El sistema de alcantarillado no es excepto de lo anteriormente mencionado e incluso tiende a ser olvidado ya que es un sistema que está fuera de la vista de las personas. Si las reparaciones no se llevan a cabo a tiempo se recorta la vida del sistema con el riesgo de una situación de colapso peligrosa (Geoffrey, 2002).

De acuerdo a lo mencionado en el anterior inciso, es de gran importancia, incluir un control y planeación de mantenimiento de la infraestructura de los sistemas de alcantarillado sanitario, durante el periodo de vida útil, y hasta que definitivamente sea necesario realizar

una optimización o remplazo. Este continuo monitoreo e inspección en el sistema de alcantarillado, además es necesario con el fin de llevar un control del desempeño hidráulico y estructural de los elementos, permitiendo a la empresa prestadora del servicio aplicar las respectivas acciones correctivas ante las diferentes fallas que puedan presentarse, y evitar un colapso total del sistema.

El concepto general que enmarca dichas acciones correctivas que mantienen el funcionamiento dentro de un adecuado desempeño al sistema de alcantarillado se conoce como *Rehabilitación*. Es un proceso cíclico que incluye todo mantenimiento, renovación o reemplazo que se realice mientras éste exista. (Buttler David, 2004)

Un tramo o sector de redes pertenecientes al sistema de alcantarillado puede llegar a presentar fallas y deficiencias debidas a un gran número de factores que dependen principalmente de las condiciones de uso e instalación específicas de cada tramo de tuberías.

4.1 Deficiencias en los sistemas de alcantarillado

Los problemas presentados en las tuberías e infraestructura de los sistemas de alcantarillado, son algo inevitable, ya que la vida útil de estos sistemas se cumple en base a dos aspectos principales: capacidad hidráulica y estructuras.

Todo proyecto de rehabilitación, como ya se mencionó anteriormente, inicia con una etapa de inspección y monitoreo del sistema, en la cual se recopila toda la información pertinente que permita establecer un diagnóstico acertado de la falla o problema que está presentando el sistema de alcantarillado. Durante esta etapa, se realiza un análisis hidráulico y una investigación estructural complementada con los aspectos ambientales inherentes a la presente problemática. La inspección del sistema puede ser realizada a través de instrumentos como Circuito Cerrado de Televisión (CCTV) con el cual es posible identificar deficiencias como:

- Fisuras longitudinales y circunferenciales
- Colapsos
- Bloques desplazados
- Tuberías rotas
- Juntas desplazadas o defectuosas
- Evidencias de abrasión o corrosión
- Sedimentación
- Incrustaciones
- Pérdidas de material como mortero en algunos casos
- Deformaciones
- Infiltraciones

- Grado de penetración de conexiones laterales

Durante el proceso de inspección y/o análisis hidráulico: se debe realizar un diagnóstico y estudio del desempeño y capacidad hidráulica del sistema, involucrando una modelación hidráulica, con el fin de identificar las fallas o problemáticas en tramos susceptibles a inundaciones, infiltraciones o fugas. Esta inspección, nos permite tomar decisiones con respecto a la necesidad de maximizar los diámetros para aumentar la capacidad existente.

Por otra parte, el análisis o inspección ambiental, permite realizar un diagnóstico ambiental con el fin recolectar datos y construir modelos de impacto y calidad, para identificar los posibles problemas ambientales y de salud sobre las personas del sector donde se esté presentando alguna falla. Y la inspección estructural, permite determinar la probabilidad de falla de colapsa en las tuberías y estructuras (pozos, alcantarillas, cámaras de caída) del sistema. Mediante esta inspección, es posible analizar los tramos críticos y priorizarlos.

De la etapa de inspección y monitoreo, mediante la cual podemos establecer la priorización de los tramos que requieren una mayor atención y pronta solución a la problemática, y mediante la cual podemos establecer y planear las posibles alternativas de solución para las diferentes deficiencias y afectaciones del sistema. Entre las diferentes opciones para la rehabilitación de un sistema de alcantarillado encontramos (Buttler David, 2004) :

- *Reemplazar*, que es la rehabilitación de una tubería existente por medio de instalación de una línea nueva, sin tener en cuenta alguna función de la tubería original. El reemplazo prácticamente consiste en realizar un nuevo proceso constructivo y permite por lo tanto mantener o aumentar la capacidad de la tubería. En la mayoría de los casos se aplica a tuberías que ya han cumplido su vida útil.
- *Renovar*, que es la rehabilitación de una tubería por medio de la instalación de una nueva línea, incorporándole al material original la función de tubo huésped. Principalmente lo que se busca con procesos de renovación es mantener las capacidades hidráulicas de la línea existente.
- *Mantener*, que es simplemente un proceso que no implica la inserción de un material nuevo adicional a la tubería existente. Principalmente en este ítem se enmarcan los procesos de limpieza.
- *Reparar*, que es la rehabilitación de una tubería existente por medio de la instalación de un material adicional, esta vez aplicado localmente.

La elección de la mejor alternativa de rehabilitación de alcantarillados requiere un claro entendimiento de todos los factores asociados con las condiciones específicas de cada proyecto, que no son solamente dependiente de la construcción o de la obra como tal, sino también tienen que ver con aspectos tales como, población o sociedad involucrada, desviación del tráfico, interrupción de operaciones comerciales, por generación de ruido,

todos estos aspectos deben tenerse en cuenta al momento de elegir la alternativa de rehabilitación de los tramos del sistema.

4.2 Tecnologías de rehabilitación de alcantarillados

Las tecnologías de rehabilitación de redes, ya sea de acueducto o de alcantarillado, han recibido gran atención en las últimas décadas en búsqueda de menores impactos en superficie y mayor rendimiento en los trabajos de campo. El reemplazo a través de apertura de zanja dejó de ser la única opción hace mucho tiempo.

Este aumento de la conciencia ambiental, ha generado que se desarrollen tecnologías alternativas a los sistemas convencionales de construcción, renovación, reemplazo y sellado de fugas con mínima excavación y afectación de superficie. A este grupo de técnicas se les ha denominado *Tecnologías sin zanja* o *Trenchless Technologies* (NASTT, 2006).

Al enfocarse en las tecnologías de rehabilitación es posible establecer una clasificación general como la que se muestra en la imagen No.02 en ella se refleja la experiencia en el tema desarrollada dentro del Centro de Investigaciones en Acueductos y Alcantarillados de la Universidad de Los Andes. Adicionalmente es posible notar en la misma figura como las labores rutinarias de inspección y limpieza acompañan a cada una de las labores de rehabilitación. (Vergara, 2008)

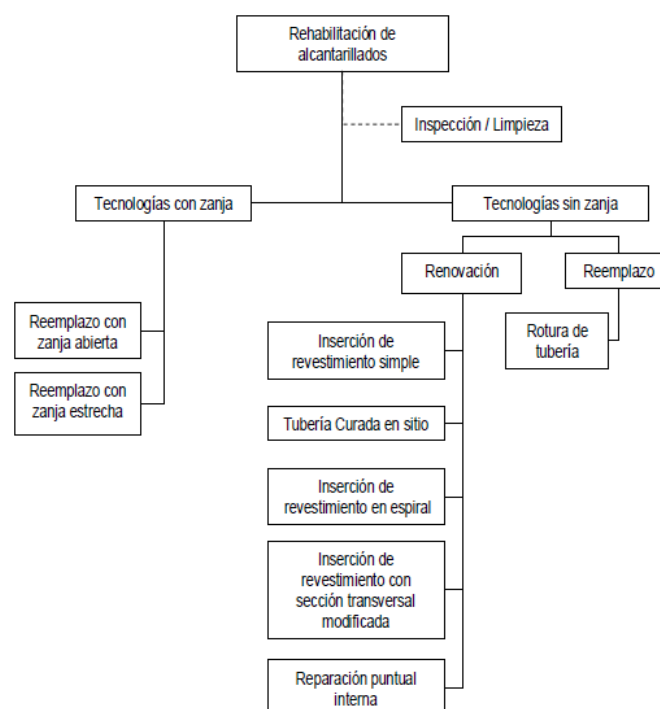


Imagen No. 02. Tecnologías de rehabilitación de Alcantarillados. Tomado de (Vergara, 2008)

4.2.1 Apertura de Zanja:

La rehabilitación con apertura de zanja consiste en la excavación vertical a lo largo de la línea de alcantarillado para formar una zanja, retirando la tubería existente y colocando nuevos tubos en la zanja y recuperando las capas de relleno alrededor de la instalación y la superficie de la excavación. Es aplicable a un amplio rango de tuberías y profundidades, y es el método más comúnmente utilizado en proyectos de media y baja escala (Butler, 2004).

Este método es el método más empleado en nuestro país, especialmente en municipios donde aún no contamos con la facilidad para acceder a otro tipo de tecnología. Es generalmente realizado por las empresas prestadoras del servicio o por personas contratadas directamente por ellos o por la entidad municipal.

El costo directo de la rehabilitación de redes por apertura de zanja depende mucho de la profundidad de instalación, la existencia de nivel freático y las condiciones de la superficie principalmente las características del pavimento. (Vergara, 2008)

4.2.2 Rotura de la tubería (Pipe bursting):

Esta tecnología consiste en remover la tubería existente al mismo tiempo que se instala la nueva línea de igual o mayor diámetro en su lugar por medio de destrucción neumática, expansión hidráulica o halado estático. Puede instalarse con éxito para los tramos de tubería típicos que miden entre 90 y 120 metros con diámetros nominales entre 100 mm y 1300 mm (4" a 54") por destrucción neumática (NASTT, 2006).

Esta técnica compite con la zanja abierta cuando hay pocas conexiones laterales ya que las destruye a su paso y se requiere volver a realizarlas. Al compararse con el resto de tecnologías sin zanja las ventajas aparecen cuando se requiere aumentar el diámetro nominal de la tubería antigua, ya que permite un crecimiento en un 150%. (Vergara, 2008)

El uso de bentonita para lubricación puede requerirse en la medida en que las características del suelo y el diámetro de instalación lo necesiten. Los materiales que son susceptibles de ser destruidos son hierro dúctil, acero, polietileno de alta densidad, PVC, concreto simple, concreto reforzado, asbesto cemento y arcilla. Por otra parte, los materiales que pueden ser utilizados para el reemplazo son polietileno de alta densidad, arcilla, acero, materiales poliméricos, fibra de vidrio, concretos y PVC. (Vergara, 2008)

De todos los materiales aplicables el de mayor uso es el polietileno por su flexibilidad y bajo peso. En la preparación de proyectos de rotura de tubería es necesario realizar las labores de inspección para encontrar inconvenientes que limiten o hagan técnicamente inviable la aplicación del método como por ejemplo la existencia cercana de redes de servicio que

puedan ser afectadas por el rompimiento o la presencia de demasiadas conexiones domiciliarias. (Vergara, 2008)

Es necesario diseñar las excavaciones de entrada y salida así como también los puntos de reconexiones laterales. La longitud y profundidad de excavación debe ser diseñada de acuerdo con la capacidad de flexión de la tubería instalada, una tubería menos flexible necesitará más longitud. En la Figura 3-5 se muestra las recomendaciones que se siguen para instalar tuberías de polietileno. Los sistemas de bombeo de desvío del flujo deben ser diseñados de acuerdo con el caudal que maneja el sistema en el momento de los trabajos.

4.2.3 Inserción de Revestimiento simple (Sliplining)

La inserción de revestimiento simple es un método de renovación con poca excavación, cuya cantidad del material removido depende del tamaño del diámetro a instalar y del espacio disponible para el procedimiento. Consiste en la inserción de una nueva tubería dentro de otra existente de diámetro mayor. El espacio intermedio entre las tuberías es rellenado anularmente con mortero o epóxicos para prevenir infiltraciones y lograr la integridad estructural. (Vergara, 2008)

El proceso puede completarse por técnicas de halado y/o empuje ya sea para el tramo continuo o por instalación de segmentos. La técnica es aplicable a diámetros hasta de 1600 mm (63") en el proceso continuo y en la variación por segmentos hasta 4000 mm (158"). La técnica segmentada puede prepararse especialmente para alcantarillas (Culverts) de cualquier geometría. La tecnología es ventajosa con respecto a la zanja cuando logra velocidades de instalación superiores a la excavación lineal y cuando los grandes volúmenes de excavación se dificultan. (Vergara, 2008)

Un factor que afecta en gran magnitud el costo de la inserción de revestimiento simple es el alineamiento de la tubería huésped. Si el alineamiento es recto sobre una gran longitud es necesario utilizar menos puntos de inserción entre las cámaras de inspección y el precio por metro lineal de la instalación disminuye. La adición de nuevos puntos de inserción aumenta los costos. (Vergara, 2008)

El procedimiento de inserción de revestimiento simple comprende una serie de pasos como: inspección de la tubería existente, limpieza de la misma, preparación de la tubería a instalar, inserción del nuevo material, recuperar conexiones laterales y estabilizar el espacio anular. (Vergara, 2008)

4.2.4 Inserción de revestimiento en espiral (Spiral Wound Lining)

Esta técnica utiliza fibras plásticas o de acero, colocadas en espiral o helicoidalmente para formar una nueva línea de tubería en el sitio. Luego de la colocación y verificación de la ubicación de las fibras se rellena el espacio anular entre tuberías. (Vergara, 2008)

La maquinaria utilizada en esta técnica varía dependiendo si el tamaño del tubo huésped permite o no la entrada de personal. Permite la instalación de variadas formas y tamaños de tuberías de aguas residuales o lluvias; cuando se utiliza en tuberías de alcantarillado es posible rehabilitar líneas de hasta 800 mm de diámetro mientras que cuando se reparan culverts el resultado es muy factible obtener resultados favorables al rehabilitar medidas de hasta 2500 mm. Posee un rendimiento elevado ya que no requiere traslado ni almacenamiento de los tubos en la zona de obra. (Vergara, 2008)

El proceso de realización del proyecto en obra es similar a la inserción de revestimiento simple aunque puede llegar a tener la ventaja de que si existe algún inconveniente durante el proceso de unión de las fibras es posible recuperarla y empezar de nuevo. (Vergara, 2008)

4.2.5 Inserción de tuberías con sección transversal modificada

Existen inserciones de revestimiento que buscan un ajuste perfecto entre la tubería antigua y la nueva deformando sustancialmente el nuevo material antes de colocarlo para que una vez en la posición deseada recupere su forma y se adapte a la tubería huésped. La deformación y recuperación puede lograrse por procesos físicos o químicos. (Vergara, 2008)

En esta tecnología las deformaciones se logran por procesos físicos o pueden aprovecharse las capacidades especiales de las tuberías termoplásticas. Según la norma ASTM-F412 un material termoplástico es aquel que puede ser repetidamente ablandado con calor y endurecido con enfriamiento a través de un rango característico de temperaturas y que en estado blando puede ser moldeado de diferentes formas (NASTT, 2006).

Las principales formas en que se inserta el revestimiento corresponden a “U”, “C” y “H”. Luego, lo más común es usar calor o presión para restaurar la forma del conducto y la circulación del flujo. Los diámetros en que se encuentran disponibles varían entre 75 mm y 750 mm (3” y 30”). Es competitiva frente a otras tecnologías de inserción de revestimiento debido a que no requiere sellado anular, pero está limitada a tuberías circulares.

Los costos de la inserción de revestimiento con sección transversal modificada dependen principalmente de la longitud de instalación, a mayor longitud menor precio unitario. Al igual que los demás métodos la instalación incluye inspección, limpieza, reconexión y bombeo de aguas (bypass)

4.2.6 Tuberías curadas en el sitio

Este proceso consiste principalmente en introducir una bolsa impregnada de resinas plásticas dentro de la línea de alcantarillado deteriorada; tales resinas sufren toda una reacción química activada por fuentes de calor que convierten el revestimiento en un tubo estructuralmente resistente luego de un proceso de curado de varias horas. (Vergara, 2008)

Existen dos maneras principales de introducir el revestimiento con resina impregnada: la primera consiste en inversión con agua y la segunda en halado en sitio con sistemas de cables. El halado con cables se utiliza en aquellos casos en que la inversión no es técnica ni económicamente factible. El proceso de curado puede realizarse calentando agua o variablemente con adición de vapor o uso de luz ultravioleta. El proceso de CIPP logra recuperar tuberías hasta de 2700 mm (108").

Antes de realizar el proceso de rehabilitación es necesario recolectar toda la información que permita realizar el mejor trabajo posible, especialmente en lo que tiene que ver con las conexiones laterales activas. En algunos casos puede no requerir excavación para ingresar el revestimiento si la cámara de inspección lo permite.

4.2.7 Reducción calórica del diámetro (Swagelining):

Este método consiste en la inserción de una nueva tubería de polietileno de alta o media densidad, dentro de otra línea de alcantarillado existente. La nueva tubería es calentada y luego introducida en una matriz que reduce el diámetro por una reacción con el material. Luego se aprovecha la propiedad de memoria de los materiales poliméricos y cuando el material se enfría se recupera el tamaño original del revestimiento insertado. La reducción del diámetro que se logra con el proceso químico es aproximadamente del 7% al 15%. (Vergara, 2008)

El proceso es completado por procesos de halado y resultado es una nueva línea de alcantarillado perfectamente ajustada a la original. Es aplicable a diámetros hasta de 600 mm (24"). Entre las desventajas del proceso se encuentra que sólo es aplicable a secciones circulares y ofrece dificultad al hacer los cortes finales. (Vergara, 2008)

4.2.8 Reducción física del diámetro (Rolldown)

Como técnica alternativa a la reducción calórica del diámetro existe la reducción en frío. Esta técnica es usada principalmente para tuberías de agua potable aunque se puede emplear para diámetros de alcantarillado hasta de 600 mm (24"). (Vergara, 2008)

Es similar a la reducción química sólo que en este caso la tubería es deformada en frío con ayuda de una garganta conformada por un par de rodillos adaptados al diámetro que se quiere lograr (Ver Figura 3-12). La reducción que se logra es de aproximadamente 10%. Es un procedimiento poco utilizado en alcantarillados debido a sus limitaciones de diámetro, pero por otro lado, compite con la técnica de apertura de zanja por la reducción en la cantidad de excavación. (Vergara, 2008)

4.2.9 Sellado de fugas e infiltraciones (Point Repairs)

Existen casos en los proyectos de rehabilitación de alcantarillados en que las fallas, fugas e infiltraciones pueden ser controladas por reparaciones localizadas de la estructura de la tubería y/o sus empalmes. Las reparaciones puntuales involucran distintos tipos de procedimientos; entre ellos se encuentran el lechado y sellado de juntas, la aplicación de mortero por rocío, la instalación de anillos estructurales, la reparación robotizada y el curado puntual en sitio. (Vergara, 2008)

La aplicación de las reparaciones puntuales depende del procedimiento utilizado. La reparación de juntas por lechadas epóxicas es posible para cualquier diámetro mientras sea posible la entrada de personal. Las reparaciones con robots que sellan fugas y exfiltraciones con la adición de resinas epóxicas y/o mortero puede emplearse en tramos hasta de 760 mm (30") de diámetro. Los anillos estructurales han demostrado un buen comportamiento para diámetros hasta de 600 mm (24"). La recuperación de líneas de alcantarillado por rocío de mortero es adaptable a diámetros hasta de 4500 mm (180").

La tecnología de curado en sitio puede adaptarse a tramos de 1 a 3 metros de longitud con diámetros del conducto hasta de 600 mm (24") para solucionar problemas de fugas como también puede ser el caso en que se requiera reparar conexiones domiciliarias.

5. GENERACIÓN DE LA ALTERNATIVA TÉCNICAMENTE VIABLE

Una vez realizado la etapa de inspección y monitoreo de la red y determinado los tramos críticos es necesario establecer si se inicia un proyecto de rehabilitación o no. Si la respuesta es positiva comienza un proceso de generación de alternativas que suplan las necesidades de las tuberías y las habiliten en un nivel de desempeño deseado.

Dependiendo de dichas necesidades se escoge el tipo de proyecto de rehabilitación a realizar ya sea de reparación, renovación o reemplazo.

Las características del sistema son evaluadas de acuerdo con sus atributos hidráulicos y estructurales. Entre los atributos hidráulicos se encuentra el caudal, diámetro, pendientes y rugosidad y entre los estructurales se encuentran las cargas actuantes en el sistema. Al evaluar la funcionalidad se debe establecer si el tramo debe ser reparado o mejorado. En este caso la reparación significa diseñar el proyecto de rehabilitación para alcanzar los parámetros originales de la tubería original. Mejorar implica que los atributos deben ser cambiados para exceder las especificaciones originales de diseño. Determinar la capacidad requerida es determinar si es necesario restaurar todo el tramo de tuberías o sólo una sección longitudinal del mismo. (Vergara, 2008)

Al terminar la evaluación es posible agrupar y caracterizar el conjunto de necesidades del tramo como por ejemplo: el tramo analizado requiere una solución hidráulica relacionada con un aumento de diámetro y de pendiente, mejorando las especificaciones originales para toda la longitud de la línea. Basados en este conjunto de necesidades,



Lina Kathryn Parra R.
Ingeniera Civil

Esp. en Aguas y Saneamiento Ambiental

varias de las alternativas de rehabilitación podrían ser eliminadas permaneciendo como opciones válidas sólo aquellas alternativas disponibles que tenga la capacidad de solucionar las necesidades que se exigen. Es decir, manteniendo la situación del ejemplo anterior, que pueda corregir los defectos de la tubería aumentando el diámetro y la pendiente para todo el tramo de tuberías. Basados en los cruces necesarios para escoger alternativas y/o tecnologías de rehabilitación técnicamente viables. (Vergara, 2008).

5.1 Selección de la alternativa definitiva

Una vez se han cruzado las capacidades de las alternativas disponibles con las necesidades del sistema se deben jerarquizar las opciones de acuerdo con algún procedimiento de comparación. En los proyectos de infraestructura usualmente se evalúan las alternativas de acuerdo con el método de beneficio/costo buscando encontrar la alternativa que logre alcanzar los mayores beneficios por cada unidad de costo invertida. Esta filosofía es conocida como enfoque de eficiencia (Contreras, 2004).

El enfoque de eficiencia presenta dificultades ante la intangibilidad de algunos impactos, o la dificultad de traducir en términos monetarios algunos costos y beneficios. Es por eso que en los últimos años se ha optado por determinar alternativamente a la relación beneficio- costo el análisis multicriterio como sistema de comparación y jerarquización de alternativas mediante un enfoque costo-impacto.

De acuerdo, a lo anteriormente mencionado, y teniendo en cuenta que, en municipios de la región, no se aplican las altas tecnologías de rehabilitación, debido a los altos costos y la poca accesibilidad a estas tecnologías, se selecciona la alternativa de rehabilitación con zanja, proponiendo la optimización de la red de alcantarillado, no sin antes realizar la modelación hidráulica de la tubería propuesta a instalar.

6. LOCALIZACION DEL PROYECTO

El proyecto consta en la optimización de los tramos de aproximadamente 1104m ubicados en el Barrio SANTA BARBARA, en el municipio Purificación, departamento del Tolima.

6.1 DESCRIPCIÓN FÍSICA

El municipio de Purificación se localiza en el departamento del Tolima; las coordenadas geográficas lo sitúan a 3° 51' latitud Norte en consecuencia se encuentra situado en la zona ecuatorial, por lo tanto no hay estacionalidad térmica esto conlleva a que la altitud es el factor más importante en la determinación del clima; su longitud oeste es de 74° 55' al oeste de Greenwich por consiguiente se encuentra a cinco (5) husos horarios más tarde del primer meridiano que se tiene en cuenta para tomar el tiempo.

Purificación es un municipio Colombiano, ubicado en el departamento del Tolima a 202,5 km de Bogotá D.C con dirección suroccidente, y a 96 km de Ibagué, capital departamental.

Bañado por los ríos Cunday, Chenche, Magdalena, Negro y Saldaña. La gran parte de la superficie es llana y ondulado ligeramente en algunos sectores.

La agricultura es la base de la economía y es reconocida especialmente por el arroz; en varias oportunidades ha sido considerada como el mayor productor de este alimento. Además cultiva el ajonjolí, café, plátano, algodón, cacao, legumbres y frutas entre otras.

Extensión total: 422 Km²

Extensión área urbana: 35 Km²

Extensión área rural: 387 Km²

Altitud (msm): 329

Temperatura media: 26 °C

6.2 ASPECTOS BIOFÍSICOS

Los límites del municipio de Purificación son los siguientes:

NORTE: Con el Municipio de Guamo, Suarez, Cunday

ORIENTE: Con el Municipio de Villarica

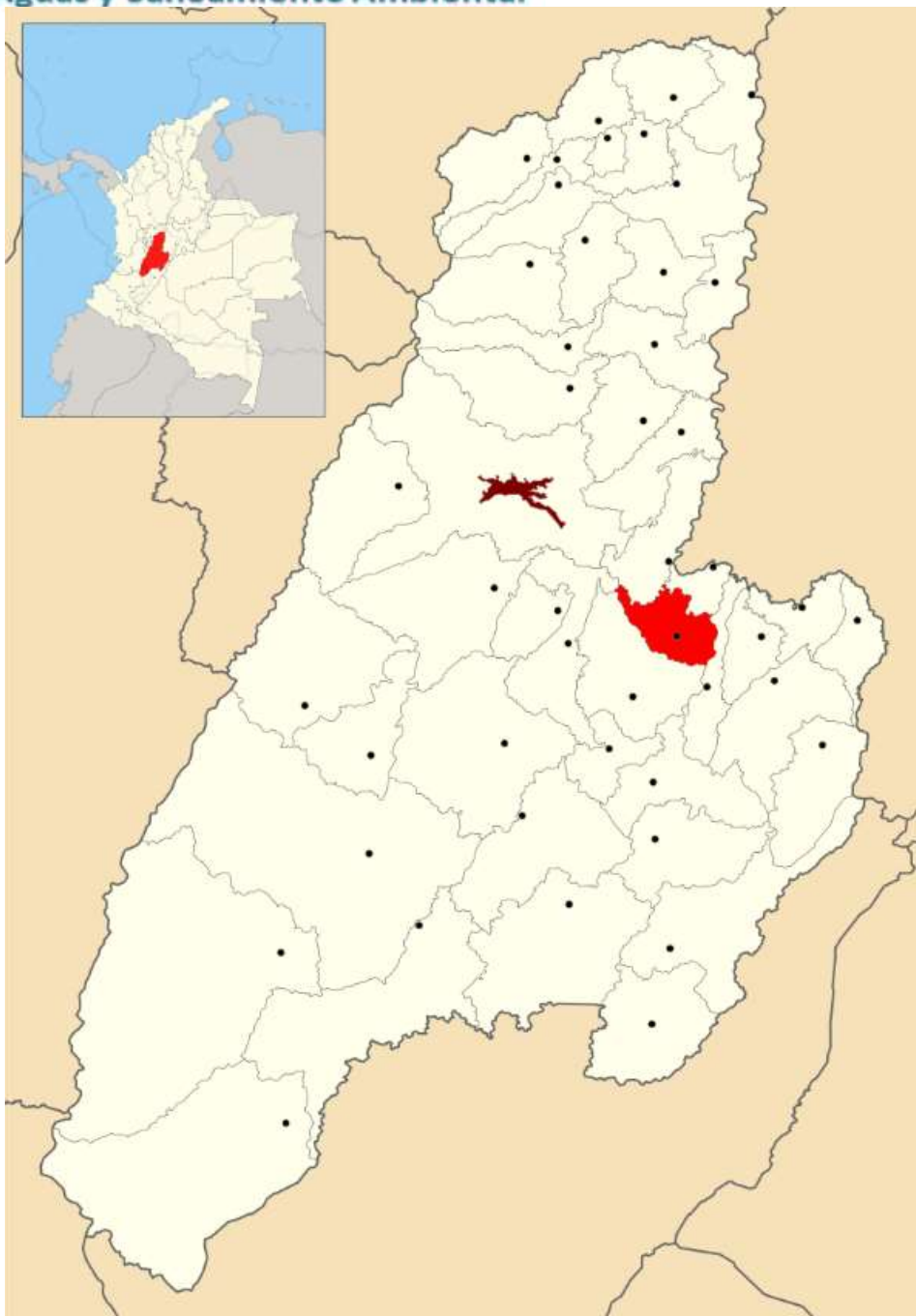
SUR: Con el Municipio de Coyaima y Prado

OCCIDENTE: Con el Municipio de Saldaña.



Lina Kathryn Parra R.
Ingeniera Civil

Esp. en Aguas y Saneamiento Ambiental



7. DETERMINACION DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL PROYECTO.

Para determinar el nivel de complejidad de los sistemas de redes del proyecto se siguieron los parámetros mencionados en el título A, Capítulo A.3 “DETERMINACION DEL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA” DEL RAS2000.

Para el territorio nacional, el RAS 2000 en su Título A, Capítulo 3, establece los siguientes niveles de complejidad:

1. Bajo
2. Medio
3. Medio Alto
4. Alto

Para clasificar o asignar el nivel de complejidad del proyecto se tiene en cuenta el número de habitantes en la zona urbana, su capacidad económica y el grado de exigencia técnica que se requiera para adelantar el proyecto, de acuerdo con lo establecido en la tabla A.3.1 del RAS 2000.

TABLA A.3.1
Asignación del nivel de complejidad

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

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

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

La asignación del nivel de complejidad de todo proyecto, es de obligatorio cumplimiento y debe hacerse según las siguientes disposiciones:

- La población que debe utilizarse para clasificar el nivel de complejidad corresponde a la proyectada en la zona en el periodo de diseño de cada sistema o cualquiera de sus componentes.
- El nivel de complejidad del sistema adoptado debe ser el que resulte mayor entre la clasificación obtenida por la población y la capacidad económica.
- En ningún caso se permite la adopción de un nivel de complejidad del sistema más bajo que el establecido según los anteriores numerales.

Teniendo en cuenta que el proyecto se desarrollará en el municipio del Purificación y según Censos de Población del DANE y proyección de la población por el método aritmético, se tiene lo siguiente:

Tabla. Purificación. Población según zonas. 2011 - 2015



Lina Kathryn Parra R.

Ingeniera Civil

Esp. en Aguas y Saneamiento Ambiental

Población según zonas					
Años	Total	Cabecera	%	Resto	%
2005	27.873	15.648	56,14%	12.225	43,86%
2011	28.747	17.010	59,17%	11.737	40,83%
2012	28.885	17.199	59,54%	11.686	40,46%
2013	29.012	17.369	59,87%	11.643	40,13%
2014	29.154	17.546	60,18%	11.608	39,82%
2015	29.284	17.702	60,45%	11.582	39,55%

Fuente: DANE. Proyecciones de Población con base en el Censo de 2005. Recuperado de DANE 2015.

Proyección de la población por medio del método aritmético.

AÑO	URBANA	RURAL	TOTAL
2019	18523.6	11324.8	29848.4
2020	18729	11260.5	29989.5
2021	18934.4	11196.2	30130.6
2022	19139.8	11131.9	30271.7
2023	19345.2	11067.6	30412.8
2024	19550.6	11003.3	30553.9
2025	19756	10939	30695
2026	19961.4	10874.7	30836.1
2027	20166.8	10810.4	30977.2
2028	20372.2	10746.1	31118.3
2029	20577.6	10681.8	31259.4
2030	20783	10617.5	31400.5
2031	20988.4	10553.2	31541.6
2032	21193.8	10488.9	31682.7
2033	21399.2	10424.6	31823.8
2034	21604.6	10360.3	31964.9
2035	21810	10296	32106
2036	22015.4	10231.7	32247.1
2037	22220.8	10167.4	32388.2
2038	22426.2	10103.1	32529.3
2039	22631.6	10038.8	32670.4
2040	22837	9974.5	32811.5
2041	23042.4	9910.2	32952.6
2042	23247.8	9845.9	33093.7
2043	23453.2	9781.6	33234.8
2044	23658.6	9717.3	33375.9



Lina Kathryn Parra R.
Ingeniera Civil

Esp. en Aguas y Saneamiento Ambiental

La población proyectada en el casco urbano del municipio de Purificación- Tolima, para el año 2.044, se encuentra en el rango 250001 - 60.000 habitantes, por lo anterior se determina un **nivel de complejidad MEDIO ALTO**.

8. SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

8.1 POBLACION OBJETO DEL PROYECTO

La población objeto del proyecto es la del municipio de Purificación, departamento del Tolima, sobre un terreno plano de aproximadamente 422 km² (42200 has).

Número de Habitantes	33376 Habitantes
Área Tributaria Total	42200 Has
Densidad Poblacional	0.8 Hab/Has

La determinación de las áreas de drenaje a cada colector se realiza con base en el plano topográfico y el trazado de las tuberías; el área tributaria de cada colector se obtiene trazando las bisectrices o diagonales de las manzanas.

8.2 DOTACION NETA

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

8.2.1 Dotación neta por habitante

La dotación neta máxima 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. En todos los casos, se deberá utilizar un valor de dotación que no supere los máximos establecidos en la tabla No.1. (Resolución 0330 del 2017, Artículo 43.)

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

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

De acuerdo a lo anterior y teniendo en cuenta que la altura promedio sobre el nivel del mar del municipio de Purificación es < **1000 msnm**, la dotación neta mínima es de **140 L/hab.día**.

8.3 CONTRIBUCIONES DE AGUAS RESIDUALES

El volumen de aguas residuales aportadas a un sistema de recolección y evacuación está integrado por las aguas residuales domésticas, industriales, comerciales e institucionales.

8.3.1 Domésticas (Q_D)

El aporte doméstico (Q_D), se calcula según la expresión dada en el numeral D.3.3.3.3 del RAS2016

$$Q_D = \frac{C \cdot P \cdot R}{86400}$$

Donde

C: es el consumo medio diario por habitante, es decir, corresponde a la dotación neta o cantidad de agua que el consumidor recibe para satisfacer sus necesidades. En nuestro caso, la dotación neta se estableció como la dotación neta permitida para el nivel de complejidad alto y es de **140 L/hab.día**.

D: es la densidad poblacional

A_{rd} : es el área residencial bruta acumulada de drenaje sanitario.

P: es la población servida y se estima como el producto de la densidad de población (D) y el área residencial bruta acumulada de drenaje sanitario.

R: es el coeficiente de retorno del agua de uso doméstico servida (dotación neta), entregada como agua negra al sistema de recolección y evacuación de aguas residuales.

El coeficiente de retorno (R) se estableció según la Tabla D.3.1 del RAS2016 y el nivel de complejidad del sistema.

Tabla D.3.1 Coeficiente de retorno de aguas residuales domésticas

Nivel de Complejidad del Sistema	Coeficiente de retorno
Bajo y Medio	0,80
Medio Alto y Alto *	0,85

**Puede ser definido por la persona prestadora del servicio público de alcantarillado*

De acuerdo a lo anterior, el aporte doméstico se calcula con la ecuación mencionada anteriormente y sin ser afectado por el área, teniendo el mismo aporte para todos los colectores.

$$Q_D = \frac{R * d_{neta} * P}{86400}$$

$$Q_D = \frac{0,85 * 140 \frac{L}{hab.dia} * 0.8 \frac{hab}{Ha}}{86400}$$

$$Q_D = 0,001 \frac{L}{s.ha}$$

8.3.2 Caudal medio diario de aguas residuales (Q_{MD})

El caudal medio diario de aguas residuales (Q_{MD}) se define según la ecuación dada en el numeral D.3.3.4 del RAS2016

$$Q_{MD} = Q_D + Q_I + Q_C + Q_{IN}$$

Donde:

Q_D : caudal de aguas domésticas

Q_I : caudal de aguas industriales

Q_C : caudal de aguas comerciales

Q_{IN} : caudal de aguas institucionales

De acuerdo a lo anterior y teniendo en cuenta que el proyecto es netamente residencial, solo se considerará el aporte de aguas residuales domésticas.

8.3.3 Conexiones erradas (Q_{CE})

Se consideran los aportes de aguas lluvias al sistema de alcantarillado de aguas residuales, provenientes de malas conexiones de bajantes de tejados y patios, Q_{CE} . Estos aportes son función de la efectividad de las medidas de control sobre la calidad de las conexiones domiciliarias y de la disponibilidad de sistemas de recolección y evacuación de aguas lluvias. La información existente en la localidad sobre conexiones erradas debe utilizarse en la estimación de los aportes correspondientes.

El aporte máximo por conexiones erradas a un sistema de alcantarillado de aguas residuales existente o proyectado debe ser de hasta 0,2 L/s. Ha en el caso de que en el municipio exista un sistema de alcantarillado de aguas lluvias.

Sin embargo, los aportes máximos anteriormente descritos pueden modificarse para propósitos de diseño, siempre que exista un estudio de campo que justifique la estimación



Lina Kathryn Parra R.
Ingeniera Civil

Esp. en Aguas y Saneamiento Ambiental

de los caudales de conexiones erradas establecido por las personas prestadoras del servicio de alcantarillado. Por lo tanto, si la persona prestadora del servicio público de alcantarillado tiene registros de la magnitud de los aportes por conexiones erradas en el sistema de recolección de aguas residuales se permite utilizar dicho valor para el diseño.

Para este caso se adoptó un aporte de conexiones erradas de **0.2 L/s. Ha.**

8.3.4 Infiltración (Q_{INF})

Es inevitable la infiltración de aguas subsuperficiales a las redes de sistemas de alcantarillado sanitario, principalmente freáticas, a través de fisuras en las tuberías, en juntas ejecutadas deficientemente, en la unión de tuberías con cámaras de inspección y demás estructuras. (RAS 2016 NUMERAL D.3.3.3.6)

Según la tabla D.3.3 RAS 2016, se ha estimado un caudal de infiltración de **0,3 L/s.ha**, teniendo en cuenta que los suelos del municipio de Purificación tienen un nivel freático superficial y por ende una capacidad de infiltración alta.

Tabla D.3.3 Aportes por infiltración en redes de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales

Nivel de Complejidad del Sistema	Infiltración alta (L/s.ha)	Infiltración media (L/s.ha)	Infiltración baja (L/s.ha)
Bajo y Medio	0,3	0,2	0,1
Medio Alto y Alto *	0,3	0,2	0,1

**Puede ser definido por la persona prestadora del servicio público de alcantarillado*

8.4 CAUDAL MAXIMO HORARIO (Q_{MH})

Es el caudal base para establecer el caudal de diseño de una red de colectores de un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales. El caudal máximo horario del día máximo se estima a partir del caudal final medio diario, mediante el uso del factor de mayoración F y se define según la ecuación dada en el numeral D.3.3.5 del RAS2016.

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

8.4.1 Factor de Mayoración (F)

El factor de Mayoración para estimar el caudal máximo horario, con base en el caudal medio diario, tiene en cuenta las variaciones en el consumo de agua por parte de la población. Se estableció el factor de mayoración con base en la ecuación de flores ecuación D.3.4 del numeral D.3.3.5.1 del RAS2016.

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

Donde

F: factor de mayoración de Flores

P: población en miles de habitantes

Sin embargo, el máximo valor del factor de mayoración se limitó a 3 de acuerdo con el tamaño de la población servida y según tabla D.3.4 del RAS2016.

Tabla D.3.4 Máximo factor de mayoración de acuerdo con la población servida

Población servida en número de habitantes	Factor de mayoración máximo
< 20.000	3,00
20.000 – 50.000	2,50
50.001 – 750.000	2,25
> 750.000	2,00

8.5 CAUDAL DE DISEÑO

El caudal de diseño de cada tramo de la red de colectores se obtiene sumando el caudal máximo horario del día máximo, los aportes por infiltraciones y conexiones erradas.

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

Este caudal corresponde a las contribuciones acumuladas que llegan al tramo hasta el pozo de inspección inferior.

Debido a que en algunos tramos los caudales de diseño calculados son inferiores a **1,5 L/s**, se adopta este valor como caudal de diseño. Lo anterior, según el numeral D.3.3.6 del RAS2016.

8.6 PARAMETROS DE DISEÑO

Los diferentes parámetros utilizados para el diseño del sistema de alcantarillado de aguas residuales, se establecieron a partir del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2016.

8.6.1 Coeficiente de Manning (n).

Para el diseño de redes de alcantarillado nuevas se recomienda emplear un coeficiente de rugosidad de Manning y Kutter-Ganguillet (n) de 0,009, tuberías de material de PVC.

8.6.2 Diámetro Mínimo

Según el RAS2016 numeral D.3.3.7, el diámetro nominal mínimo permitido en redes de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales tipo alcantarillado sanitario convencional para un nivel de complejidad del sistema Alto es de 170 mm con el fin de evitar obstrucciones de los conductos por objetos relativamente grandes introducidos al sistema.

8.6.3 Velocidad Mínima

La velocidad mínima real para el diseño de los colectores, según el numeral D.3.3.9.1 del RAS2016, debe ser tal que permita lavar los sólidos depositados durante los períodos de caudal bajo, por lo tanto dicha norma establece que la velocidad mínima real permitida en el colector es de **0.45 m/s** y la velocidad mínima permitida a tubo lleno es de **0,60 m/s**.

Para las condiciones iniciales de operación de cada tramo, debe verificarse el comportamiento auto limpiante del flujo, para lo cual es necesario utilizar el criterio de esfuerzo cortante medio. Por lo tanto, debe establecerse que el valor del esfuerzo cortante medio sea mayor o igual a 1,5 N/m² (0,15 Kg/m²) para el caudal inicial máximo horario, el cual puede estimarse con la siguiente ecuación (siempre y cuando el caudal de diseño sea $\leq 1,5$ L/s)

$$\tau = \gamma * R * S$$

En donde:

τ = Fuerza tractiva (Kg/m²)

S = Pendiente hidráulica (%)

R = Radio hidráulico (m)

γ = Peso Específico del agua (Kg/m³)

En aquellos casos en los cuales, por las condiciones topográficas presentes, no sea posible alcanzar la velocidad mínima, debe verificarse que el esfuerzo cortante sea mayor que 1,2 N/m² (0,12 Kg/m²).

Cuando el sistema considerado corresponda a un sistema de alcantarillado simplificado, el valor de la velocidad mínima real es de 0,4 m/s o la correspondiente a un esfuerzo cortante mínimo de 1,0 N/m² (0,10Kg/m²). Para un sistema de colectores sin arrastre de sólidos se obvia el criterio de auto limpieza y, por lo tanto, el de velocidad mínima.

8.6.4 Velocidad Máxima.

Los valores máximos permisibles para la velocidad media en los colectores dependen del material, en función de su sensibilidad a la abrasión; por lo tanto de acuerdo con lo establecido en el numeral D.3.3.9.2 del RAS2016, se recomienda que la velocidad máxima real no sobrepase los 5.0 m/s, valores mayores deben ser justificados.

8.6.5 Pendiente Mínima

El valor de la pendiente mínima del colector deber ser la que permita tener condiciones de auto limpieza y de control de gases adecuados, de acuerdo al numeral D.3.3.10.1 del RAS2016.

8.6.6 Pendiente Máxima

El valor de la pendiente máxima, de acuerdo con el numeral D.3.3.10.2 del RAS2016, será la que produzca una velocidad máxima real, especificada en el literal D.3.3.9.2.

8.6.7 Profundidad mínima y máxima de instalación de la tubería.

La profundidad de instalación mínima a cota clave para la tubería se establece en 1.0 m, en cumplimiento con lo establecido en el Numeral A.11.3.13 del Artículo 133 del RAS.

8.6.8 Localización de los pozos de inspección.

De acuerdo con los numerales D.3.3.11 del RAS 2016, los pozos se proyectaran de acuerdo a los siguientes parámetros:

- En todas las intersecciones de los ejes de las vías, en los cambios de dirección de las mismas.
- En los arranques del alcantarillado.
- En todo cambio de diámetro, de sección o de pendiente.
- En los tramos rectos de tal forma que la distancia entre dos pozos de inspección estará entre 100 y 120 m.
- El diámetro mínimo interno de los pozos de inspección será de 1.20 m.
- La profundidad mínima de los pozos de inspección debe tener 1.00 m sobre la cota a clave del colector afluente más superficial.
- El diámetro del orificio de acceso o entrada a los pozos de inspección será de 0.60 m.



Lina Kathryn Parra R.
Ingeniera Civil

Esp. en Aguas y Saneamiento Ambiental

9. SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL

Este proyecto solo se centra en la optimización de los tramos del sistema de alcantarillado sanitario anteriormente mencionados, el manejo de las aguas lluvias se realizara por escorrentía hacia las estructuras de drenaje existentes en los diferentes sectores del municipio a intervenir.

ING. LINA KATHERYN PARRA RODRIGUEZ
Ingeniera Civil – Esp. Aguas y Saneamiento Ambiental
C.C. 1.105.683.909 Espinal
M.P No. 70202-273409 TLM



Lina Kathryn Parra R.
Ingeniera Civil

Esp. en Aguas y Saneamiento Ambiental

10. BIBLIOGRAFÍA

Buttler David, D. J. (2004). *Urban Drainage* . London, New York .

Geoffrey, F. (2002). *Replacement and New Construction*.

NASTT. (2006). *Memorias de las conferencias del NO*.

Vergara, J. C. (2008). *Criterios de selección de alternativas de rehabilitación de Alcantarillados en Colombia*. Bogotá D.C: Universidad de Los Andes.