

MAVDT
0057



GUÍA RAS - 006

Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable
y Saneamiento Básico

Diseño de sistemas de recolección y evacuación de aguas pluviales

PLANTA DE TRATAMIENTO

TANQUE DE ALMACENAMIENTO



Libertad y Orden
Ministerio de Ambiente,
Vivienda y Desarrollo
Territorial
República de Colombia



Libertad y Orden
Ministerio de Ambiente,
Vivienda y Desarrollo Territorial
República de Colombia

Reglamento Técnico del Sector de Agua
Potable y Saneamiento Básico

Diseño de sistemas de recolección y evacuación de aguas pluviales

GUÍA RAS - 006

ISBN volumen: 958-97333-5-2

ISBN obra completa: 958-97333-3-6

Fotografía de cubierta: Instalación de tubería en Mosquera.

Gobernación de Cundinamarca- Secretaría de Obras Públicas- DAPSB

REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL

SANDRA SUÁREZ PÉREZ
MINISTRA DE AMBIENTE, VIVIENDA
Y DESARROLLO TERRITORIAL

JUAN PABLO BONILLA ARBOLEDA
VICEMINISTRO DE AMBIENTE

CARLOS GUEVARA BLUM
DIRECTOR DE AGUA POTABLE, SANEAMIENTO BÁSICO Y AMBIENTAL

GERMÁN TORRES M.
CONSULTOR
AUTOR DE LA GUÍA

GRUPO TÉCNICO INTERVENTOR
DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE, SANEAMIENTO BÁSICO Y AMBIENTAL

MAURICIO RIVERA SALCEDO
ARMANDO VARGAS LIÉVANO
MARÍA ELENA CRUZ LATORRE

FINANCIADO POR LA CÁMARA SECTORIAL
DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE ANDESCO

GUSTAVO GALVIS HERNÁNDEZ
PRESIDENTE

CAROLINA VILLAMIL ESGUERRA
SECRETARIA GENERAL

MAURICIO LÓPEZ GONZÁLEZ
SECRETARIO TÉCNICO

JULIO CÉSAR DEL VALLE RUEDA
SECRETARIO SECTORIAL
CÁMARA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

ADRIANA RAMÍREZ GARCÍA
SECRETARÍA DE COMUNICACIONES

COORDINACIÓN
MARÍA YOLIMA LOZANO QUINTERO

PREPARACIÓN EDITORIAL
MARTA ROJAS, ALEJANDRO ROJAS

IMPRESIÓN
G Y B GRAPHIC

BOGOTÁ, ABRIL DE 2004

ISBN volumen: 958-97333-5-2

ISBN obra completa: 958-97333-3-6

Fotografía de cubierta: Instalación de tubería en Mosquera.

Gobernación de Cundinamarca- Secretaría de Obras Públicas- DAPSB

REPÚBLICA DE COLOMBIA
MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL

SANDRA SUÁREZ PÉREZ
MINISTRA DE AMBIENTE, VIVIENDA
Y DESARROLLO TERRITORIAL

JUAN PABLO BONILLA ARBOLEDA
VICEMINISTRO DE AMBIENTE

CARLOS GUEVARA BLUM
DIRECTOR DE AGUA POTABLE, SANEAMIENTO BÁSICO Y AMBIENTAL

GERMÁN TORRES M.
CONSULTOR
AUTOR DE LA GUÍA

GRUPO TÉCNICO INTERVENTOR
DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE, SANEAMIENTO BÁSICO Y AMBIENTAL

MAURICIO RIVERA SALCEDO
ARMANDO VARGAS LIÉVANO
MARÍA ELENA CRUZ LATORRE

FINANCIADO POR LA CÁMARA SECTORIAL
DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE ANDESCO

GUSTAVO GALVIS HERNÁNDEZ
PRESIDENTE

CAROLINA VILLAMIL ESGUERRA
SECRETARIA GENERAL

MAURICIO LÓPEZ GONZÁLEZ
SECRETARIO TÉCNICO

JULIO CÉSAR DEL VALLE RUEDA
SECRETARIO SECTORIAL
CÁMARA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

ADRIANA RAMÍREZ GARCÍA
SECRETARIA DE COMUNICACIONES

COORDINACIÓN
MARÍA YOLIMA LOZANO QUINTERO

PREPARACIÓN EDITORIAL
MARTA ROJAS, ALEJANDRO ROJAS

IMPRESIÓN
G Y B GRAPHIC

BOGOTÁ, ABRIL DE 2004

TABLA DE CONTENIDO

PRESENTACIÓN	7
INTRODUCCIÓN	9

Capítulo 1

PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA IDENTIFICACIÓN, JUSTIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE UN PROYECTO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL O COMBINADO	11
--	-----------

1.1 FASE 1. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO, DEFINICIÓN DEL ALCANCE Y PRIORIZACIÓN	11
1.2 FASE 2. ESTUDIOS PREVIOS Y DE FACTIBILIDAD	13
1.3 FASE 3. DISEÑOS DETALLADOS Y DOCUMENTOS PARA LICITACIÓN, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE OBRAS	14

Capítulo 2

ACTIVIDADES ESPECÍFICAS PARA LOS ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES	15
--	-----------

2.1 RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN BÁSICA, ESTUDIOS EXISTENTES E INFRAESTRUCTURA DE DRENAJE DISPONIBLE	15
2.2 DEFINICIÓN DE CRITERIOS Y PARÁMETROS BÁSICOS DE PLANEAMIENTO Y DISEÑO CONCEPTUAL	16
2.3 PLANEAMIENTO, EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS	18
2.4 DISEÑO DETALLADO CON FINES DE CONSTRUCCIÓN	19

Capítulo 3

SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES	21
--	-----------

3.1 TIPOS DE SISTEMAS	21
3.2 SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y DRENAJE PLUVIAL MÁS ADECUADOS	22

Capítulo 4

PARÁMETROS PARA EL PLANEAMIENTO Y DISEÑO CONCEPTUAL Y DETALLADO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL	27
--	-----------

4.1 PARÁMETROS PARA EL DISEÑO CONCEPTUAL	27
--	----

4.1.1	Análisis de población y definición del nivel de complejidad del sistema	27
4.1.2	Periodo de planeamiento y diseño conceptual	28
4.1.3	Zonas de desarrollo y áreas de drenaje actuales y futuras	28
4.1.4	Capacidad del sistema de drenaje actual	29
4.1.5	Trazado preliminar de los colectores requeridos	29
4.1.6	Estimación de caudales de escorrentía pluvial (caudales de diseño)	30
4.1.7	Diámetros mínimos por tipos de tuberías colectoras	36
4.1.8	Fuentes receptoras de las aguas lluvias	37
4.1.9	Zonas de pondaje y amortiguación	37
4.1.10	Diseño hidráulico	38
4.2	PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DETALLADO	41
4.2.1	Replanteo topográfico del eje del trazado y análisis de interferencias	41
4.2.2	Diseño geométrico	41
4.2.3	Diseño hidráulico	44
4.2.4	Sumideros	45
4.2.5	Canales	45
4.2.6	Diseño geotécnico y estructural	47

Capítulo 5

PARÁMETROS PARA EL PLANEAMIENTO Y DISEÑO CONCEPTUAL

Y DETALLADO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO COMBINADO..... 49

5.1	GENERALIDADES DE DISEÑO CONCEPTUAL Y DETALLADO	49
5.2	ALIVIADEROS	50

Capítulo 6

EJEMPLO DE APLICACIÓN..... 55

6.1	IDENTIFICACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	55
6.2	ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO CONCEPTUAL	56
6.2.1	Recopilación y análisis de información existente e infraestructura de drenaje disponible	57
6.2.2	Definición de criterios y parámetros básicos de diseño conceptual	61
6.2.3	Planteamiento, evaluación y selección de alternativas	64
6.3	DISEÑO DETALLADO DE LAS ALTERNATIVAS SELECCIONADAS	75
6.3.1	Alternativa de sistema pluvial separado	75
6.3.2	Alternativa de sistema combinado	83
6.4	CONCLUSIONES	92

PRESENTACIÓN

El gobierno nacional, dentro del marco del plan nacional de desarrollo “Hacia un Estado comunitario”, busca la participación ciudadana en la consecución de fines sociales, el manejo eficiente y austero de la inversión pública y la autonomía regional, para la creación de un Estado comunitario en el cual se den las condiciones de erradicación de la miseria y la construcción de equidad y seguridad social.

Uno de los objetivos del sector está orientado a modernizar la gestión de las empresas prestadoras de los servicios para que, por medio de la eficiencia y asignación eficiente de recursos, se logre atender un mayor número de usuarios y se disminuyan los rezagos en coberturas de acueducto y saneamiento básico entre las regiones y las zonas urbana y rural. Por tal razón, es necesario dar prioridad a las inversiones con el propósito de llegar a la población más pobre del país y, de este modo, focalizar las acciones que garanticen la finalidad social del Estado.

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, a través de la Dirección de Agua Potable, Saneamiento Básico y Ambiental ha elaborado estas guías con el fin de facilitar el uso y la aplicación del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS en sus diferentes títulos. Se espera que con estas nuevas herramientas se mejore la capacidad técnica y de planeación de las distintas entidades encargadas del desarrollo del sector.

La elaboración de estas guías RAS, permite al sector contar con documentos que ayuden a poner en práctica lo establecido en el reglamento en mención, para mejorar los procesos de planeación, diseño, construcción, operación, mantenimiento, evaluación y monitoreo de los distintos proyectos desarrollados para cubrir las necesidades de agua potable y saneamiento básico en los municipios de Colombia.

Las guías RAS están dirigidas a las autoridades de planeación municipal, las entidades de regulación y vigilancia, los consultores, los diseñadores, los constructores y los operado-

res de los diferentes sistemas involucrados. Sin embargo, se hace especial énfasis en los municipios pequeños de Colombia, los cuales usualmente cuentan con menos recursos técnicos y económicos para el desarrollo de proyectos de infraestructura.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
Director de Agua Potable, Saneamiento Básico y Ambiental

INTRODUCCIÓN

Esta Guía tiene como objetivo mostrar el uso del Reglamento Técnico del sector Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS-2000) para el Planeamiento y Diseño de Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Pluviales. En la Guía se hace un recuento de los principales elementos contemplados por el RAS en cuanto al diseño de estos sistemas, tanto en el capítulo XIV de la resolución 1096 del 27 de noviembre de 2000, mediante la cual se adopta el Reglamento, como en el Título D de la sección II, "Práctica de buena ingeniería sugerida por el RAS". Igualmente, con el fin de mostrar su aplicación, se desarrolla un ejemplo donde se estudian los problemas de drenaje de las aguas lluvias de la localidad de Santana en el departamento del Putumayo, se diseñan y costean tres alternativas de solución, y se hace una recomendación final.

Es importante mencionar que el ejemplo desarrollado en esta Guía es un caso particular que pretende facilitar el uso de las normas y los conceptos presentados en el RAS-2000. Conforme a esto, no se debe esperar que los criterios aplicados para el caso del planeamiento y diseño del sistema de aguas pluviales de Santana sean exactamente aplicables a la generalidad de los casos de otros municipios colombianos.

La Guía se encuentra dividida en seis capítulos que agrupan los elementos básicos necesarios para estudiar un sistema de recolección y evacuación de aguas lluvias. En el capítulo primero se describe el procedimiento general que se debe usar para la identificación, justificación y elaboración de proyectos de alcantarillado pluvial y combinado. El capítulo segundo trata sobre las actividades principales que se deben seguir durante los estudios de factibilidad y diseño de este tipo de sistemas. El capítulo tercero presenta los tipos de sistemas más usados en la recolección y evacuación de las aguas pluviales, y da algunas recomendaciones sobre la aplicación de cada uno de ellos. El capítulo cuarto analiza y discute los criterios y parámetros para el planeamiento y diseño conceptual y detallado de sistemas de alcantarillado pluvial separado. El capítulo quinto se dedica a discutir el mis-

mo tema para los alcantarillados combinados. Por último, el capítulo sexto muestra en forma detallada un ejemplo de aplicación donde se analizan tres tipos de solución para un problema específico de una población colombiana.

En esta Guía se hace referencia constantemente al Reglamento Técnico del sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000, a las cuatro Guías de aplicación de varios temas del RAS, y a la Guía RAS-005, que trata sobre el diseño de sistemas de recolección y evacuación de aguas servidas, y que se ha desarrollado en paralelo con este trabajo. Por tanto, en algunos apartes de esta Guía se hace mención de dichos documentos, por lo que se considera útil conocerlos para tener una adecuada interpretación.

Capítulo 1

PROCEDIMIENTO GENERAL PARA LA IDENTIFICACIÓN, JUSTIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE UN PROYECTO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL O COMBINADO

Un municipio debe pensar en contar con un alcantarillado pluvial o combinado cuando las condiciones de drenaje de la localidad requieren una solución específica a la evacuación de la escorrentía pluvial.

Por consideraciones económicas, sólo debe construirse un alcantarillado de este tipo cuando el drenaje superficial a través de calles y cunetas es insuficiente.

El seguimiento de unos pasos básicos y procedimientos establecidos en el RAS es la garantía para que el proyecto se conciba adecuadamente y pueda ser llevado a feliz término.

En su parte obligatoria, el procedimiento general para la identificación, justificación y elaboración de proyectos de alcantarillado pluvial y combinado está establecido en los capítulos del Título A del RAS. Adicionalmente, en diferentes numerales del Título D se presentan los principales conceptos de buena ingeniería que permiten llevar a cabo un diseño adecuado.

A continuación se resumen y comentan las etapas o fases más importantes que debe cubrir un proyecto bien concebido.

1.1 FASE 1

JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO, DEFINICIÓN DEL ALCANCE Y PRIORIZACIÓN

No toda población requiere un sistema pluvial. Un proyecto de recolección y evacuación de las aguas lluvias de una población, ya sea mediante un alcantarillado de tipo separado o por medio de un sistema combinado (drenaje conjunto con las aguas residuales), nace como una solución a la necesidad de:

- Proteger la vida de la población asentada en zonas donde hay problemas de falta de drenaje pluvial, ya sea por afectación directa de las aguas, o por falta de estabilidad de taludes o laderas por la carencia de los drenajes adecuados.

- Evitar daños por inundación de propiedades públicas o privadas.
- Evitar la acumulación de agua en vías de mucho tráfico vehicular y peatonal, lo cual genera traumas al transporte e incomodidades y pérdidas de tiempo a la ciudadanía.
- Evitar las conexiones erradas y, por ende, el deterioro de un sistema de alcantarillado sanitario existente o proyectado.

El proyecto se justifica cuando las características topográficas de la población, los altos y frecuentes volúmenes de escorrentía superficial o la capacidad de drenaje de vías y cunetas, hace imposible que se tenga un drenaje superficial. Además, el sistema de drenaje pluvial no necesariamente debe cubrir toda la localidad, ya que sólo debe ser implementado en las zonas o sectores donde se tengan los problemas de inundación arriba descritos.

Adicionalmente, la justificación de un proyecto de recolección y evacuación de aguas lluvias requiere de un detallado análisis económico donde se evalúen, por un lado, los costos de las tuberías y demás estructuras que conforman este sistema, y por otro, los beneficios que se logren como producto de no tener problemas de pérdidas de vidas, inundaciones, alteraciones del tráfico o deterioro del sistema sanitario por efecto de instalar conexiones erradas de aguas lluvias. Dentro de la justificación se debe dar especial importancia a la forma como se pretenden recuperar los costos iniciales de construcción, y los futuros de operación y mantenimiento, que garanticen la sostenibilidad del sistema en el tiempo.

El alcance del proyecto se debe plantear a partir de un análisis de la demanda del servicio (volúmenes económicos de escorrentía que se van a drenar en un determinado tiempo), comparada con la oferta de la infraestructura actual de drenaje (capacidad de evacuación de escorrentía superficial que tienen las vías, cunetas y demás elementos existentes). Se habla de un volumen "económico" de escorrentía a drenar ya que la elección del periodo de retorno (frecuencia) que se adopte en el proyecto deberá ser realizada en función de la probabilidad de ocurrencia de lluvias, empleando un factor de riesgo técnica y económicamente admisible.

Por último, una adecuada priorización del proyecto de drenaje de aguas lluvias dentro de las necesidades de una municipalidad, es la garantía de que éste nazca bien concebido y no tenga mayores contratiempos durante las fases posteriores, como por ejemplo la financiación, fase en la cual el municipio debe demostrar a las entidades prestatarias de recursos que su proyecto está justificado y priorizado dentro de los marcos establecidos por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, y demás entidades del sector.

El RAS, en sus capítulos A-4 (Identificación y justificación de proyectos), A-5 (Priorización de proyectos), y en la Guía RAS-002 (Identificación, justificación y priorización de proyectos) presenta todas las herramientas, los procedimientos obligatorios y sugeridos, y ejem-

plos de aplicación para llevar a cabo este paso, que para las entidades planificadoras del Estado es fundamental y dentro de la concepción de un proyecto de agua potable y saneamiento básico.

1.2 FASE 2 ESTUDIOS PREVIOS Y DE FACTIBILIDAD

Después de haber sido identificado, justificado y cuantificado en forma global, el proyecto de recolección y transporte de aguas lluvias debe ser objeto de estudios de planeamiento y diseño conceptual (factibilidad), donde se planteen y evalúen diferentes alternativas técnicas y ambientales para dar solución al problema de drenaje de la escorrentía pluvial, ya sea con un sistema separado (alcantarillado pluvial), o con un sistema conjunto con el drenaje sanitario (alcantarillado combinado). Estas alternativas deben ser evaluadas en sus beneficios y en sus costos con el fin de elegir la más favorable para la municipalidad, verificando que los costos de inversión inicial, y de operación y mantenimiento futuros, sean posibles de asumir por ésta y por los usuarios del sistema. Cuando el proyecto propuesto deba ser implementado por etapas, el cronograma de ejecución de obras y el tamaño de cada elemento del sistema propuesto en cada etapa debe cumplir con los criterios del costo mínimo.

Dentro de la ejecución de los estudios de factibilidad es necesario realizar los análisis previos establecidos por el RAS como de obligatorio cumplimiento (capítulo A-7), y cumplir con las actividades para el planeamiento y diseño de un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales (artículo 123).

Además de estos estudios se recomienda hacer énfasis en los siguientes temas:

Marco institucional y legal en que se desarrolla el proyecto

En atención a que en la mayoría de los municipios los proyectos de recolección y evacuación de las aguas lluvias usualmente no son responsabilidad de las empresas prestadoras de los servicios de acueducto y alcantarillado sanitario, y con frecuencia su responsabilidad recae sobre el municipio, es necesario desde el inicio de los estudios de factibilidad tener claridad sobre la entidad responsable de la prestación de este servicio, y sobre qué otras entidades pueden tener responsabilidades asociadas; dentro de ellas se involucran las autoridades ambientales competentes en la zona del proyecto. Este tema es de fundamental importancia cuando se plantee la recuperación de costos del proyecto y la administración de este servicio.

Ubicación dentro de los planes de ordenamiento territorial y desarrollo urbano

Las alternativas de proyecto deben estar enmarcadas dentro de los planes de desarrollo y de ordenamiento territorial (Ley 388 de 1997), pues deben contemplar la dinámica del desarrollo urbano y la distribución territorial de las áreas proyectadas de desarrollo en el corto, mediano y largo plazo, teniendo en cuenta los usos previstos del suelo, el plan vial y las zonas de conservación y protección de los recursos naturales y ambientales, especialmente cauces y cuerpos receptores de las aguas lluvias.

Evaluación de los mapas o niveles de riesgo

Dentro del planeamiento de alternativas de drenaje de aguas lluvias es importante examinar junto con las autoridades municipales los estudios y mapas de riesgos derivados de los fenómenos asociados con la escorrentía pluvial. A partir de esta información -que usualmente manejan las oficinas locales o regionales de atención y prevención de desastres-, se podrá tener una idea clara del panorama de riesgos que amenaza una determinada localidad.

1.3 FASE 3

DISEÑOS DETALLADOS Y DOCUMENTOS PARA LICITACIÓN, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE OBRAS

Como el objetivo final de un proyecto es llevar a cabo las obras y hacer sostenible su operación en el tiempo, la fase final de un proyecto de drenaje pluvial debe ser la realización de los diseños detallados para la construcción y la elaboración de documentos que permitan licitar, construir, poner en marcha, operar y mantener los sistemas de drenaje de aguas lluvias o sistemas de alcantarillado combinados propuestos. Lo anterior incluye: planos de construcción, especificaciones técnicas, formularios de cantidades de obra, presupuestos, pliegos de condiciones para contratación, estudios y licencias ambientales, y manuales de puesta en marcha, operación y mantenimiento de los diferentes elementos de los sistemas de drenaje propuestos.

Capítulo 2

ACTIVIDADES ESPECÍFICAS PARA LOS ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO DE SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES

Las principales actividades que se deben realizar dentro de los diseños conceptuales (factibilidad) y los diseños detallados de un proyecto de recolección y evacuación de aguas lluvias, se pueden reunir en los siguientes grandes grupos:

2.1 RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN BÁSICA, ESTUDIOS EXISTENTES E INFRAESTRUCTURA DE DRENAJE DISPONIBLE

Se refiere a la consecución y análisis de toda la información que exista sobre las características físicas y socioeconómicas de la localidad donde se desarrollará el proyecto, y sobre los sistemas de agua potable y saneamiento básico que allí se encuentren construidos o planificados; por tanto, es indispensable la revisión de todos los estudios existentes sobre los temas mencionados.

Para el estudio de solución a los problemas de drenaje de la escorrentía pluvial es necesario hacer énfasis en los siguientes puntos:

Descripción y diagnóstico de la operación de los sistemas existentes de recolección y evacuación de las aguas residuales y pluviales

Para tratar de una manera adecuada este tema se debe conocer:

- La entidad responsable del servicio.
- La descripción física de los componentes de cada sistema, sus características técnicas y sus condiciones de operación y mantenimiento.
- Las deficiencias en el sistema de alcantarillado sanitario, obtenidas a partir de la experiencia de los operadores del mismo.

- Las deficiencias del sistema de drenaje superficial o alcantarillado pluvial o combinado (si existen).
- Los planos de las redes de alcantarillado pluvial existente, así como del planeamiento del desarrollo actual y futuro del sistema vial y de drenaje superficial.
- La percepción de las autoridades y de la comunidad sobre problemas de inundaciones e incomodidades al tráfico vehicular y peatonal originadas por la falta de una adecuada evacuación de las aguas lluvias. Igualmente, los registros de fenómenos catastróficos o importantes referentes a las inundaciones. En general, se debe hacer un diagnóstico completo del problema e inferir la aceptación del nuevo proyecto de drenaje pluvial.
- Mapas de riesgos ocasionados por fenómenos de origen hídrico, o definición por parte de las autoridades de los niveles de riesgo a que está expuesta la población.

Planes de ordenamiento territorial y de desarrollo urbano

A partir de lo definido en estos estudios se deben establecer algunos parámetros básicos para el planeamiento de los sistemas de drenaje pluvial, como son: los límites del perímetro urbano que se va a desarrollar, las áreas habitadas y los usos del suelo actuales y futuros, los sistemas naturales de drenaje (fuentes receptoras), los estimativos de áreas de desarrollo y población actual y futura, las zonas con necesidades de adecuación de drenajes, las zonas de riesgo por inundaciones y estabilidad geotécnica, etc.

2.2 DEFINICIÓN DE CRITERIOS Y PARÁMETROS BÁSICOS DE PLANEAMIENTO Y DISEÑO CONCEPTUAL

En este numeral se describen los parámetros básicos que se deben tener en cuenta en el diseño conceptual; posteriormente, en el capítulo 4 se discuten los valores de estos parámetros.

Periodo de análisis

Consiste en establecer el periodo de planeamiento del sistema que se está analizando, el año inicial y el año horizonte de diseño. Para este periodo de análisis se hace el dimensionamiento de las obras y el planeamiento de su desarrollo por etapas en el tiempo, para ir aumentando la oferta del servicio con las previsiones de crecimiento de la demanda. Adicionalmente, éste es el periodo de evaluación que se usa cuando se requiere hacer un análisis económico de alternativas.

Áreas de desarrollo del proyecto

A partir de la identificación y el diagnóstico del problema de drenaje pluvial, es necesario definir el área de afectación actual y futura sobre la cual se desarrollará el proyecto;

adicionalmente, los estudios de drenaje requieren, para efectos de calcular la escorrentía superficial, la definición de los usos de los suelos actuales y futuros, la ubicación de las áreas actualmente urbanizadas y las de futura expansión, y una información concreta del desarrollo vial y de los programas de pavimentación. Esta información se obtiene de los planes de ordenamiento territorial y, en lo posible, debe ser validada por la Oficina de Planeación Municipal.

Estimación de volúmenes de escorrentía pluvial

Corresponde a los caudales que se generan por la acción de las precipitaciones o lluvias, y que deben ser manejados por los sistemas de drenaje existentes y propuestos. Su estimación requiere del conocimiento de la intensidad, la duración y las frecuencias con que se producen las lluvias sobre las zonas que se van a drenar, así como la definición del tamaño (área) de éstas y el conocimiento de sus condiciones topográficas y de escorrentía (usos del suelo).

En atención a que según las características de las lluvias se pueden producir diferentes caudales de escorrentía que deben ser drenados, es necesario definir "la lluvia de diseño", la cual corresponde a un evento que crea problemas de inundación inaceptables para la comunidad, ya sea porque se superan los niveles de riesgos de afectación de vidas humanas y bienes físicos definidos por las autoridades municipales, o porque se crean problemas al tráfico y la movilidad por cuya eliminación la comunidad estaría dispuesta a pagar.

Para encontrar cuál es la magnitud de esta "lluvia de diseño" es necesario realizar un proceso iterativo que consiste inicialmente en calcular el volumen de escorrentía superficial para lluvias de diferente periodo de retorno o probabilidad de ocurrencia; posteriormente, se debe analizar la capacidad hidráulica de drenaje del área en estudio, ya sea a través de sus calles o de sistemas existentes, para poder definir la probable afectación de cada tipo de lluvia y cuantificar los daños e incomodidades que produce a la comunidad. El proceso termina cuando se logra definir qué tipo de lluvia (lluvia de diseño) produce niveles de inundación o volúmenes de escorrentía que no son admisibles por considerarse peligrosos para las vidas y actividades humanas, u onerosos por los daños que causan. Idealmente, esta definición debe darse en términos económicos comparando los daños que produce la lluvia con los costos de implementación o ampliación de un sistema de drenaje. Cuando están de por medio vidas humanas se entiende que esta justificación económica no es indispensable, y el sistema de drenaje debe garantizar que se tenga un nivel de riesgo que no implique afectación hacia la población.

Investigación de fuentes receptoras de las aguas lluvias

Se deben investigar y conocer en detalle las características físicas, hidráulicas y ambientales de la red de drenaje natural (ríos, quebradas, etc.) que conformarán las fuentes receptoras propuestas de los sistemas de recolección y evacuación de aguas lluvias.

En lo posible se debe tratar de que los sistemas de drenaje propuestos descarguen por gravedad y a flujo libre sobre los cauces o cuerpos receptores. Las características hidráulicas de estos últimos (caudales y niveles) deben ser analizadas para periodos de retorno o de ocurrencia muy superiores a los de la lluvia de diseño utilizados en el dimensionamiento del sistema de drenaje objeto de evaluación. Lo anterior es de fundamental importancia cuando por variación de los niveles de la fuente receptora (creciente, mareas, etc.) no se puede garantizar que el cien por ciento del tiempo se tenga una descarga libre del sistema de alcantarillado pluvial.

Un sistema de drenaje pluvial que esté sometido a remansos o reflujos originados por oscilaciones del nivel de la fuente receptora, puede agudizar los problemas de drenaje de un área determinada al ingresar a ella volúmenes de agua adicionales, originados en dicha fuente.

2.3 PLANEAMIENTO, EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Utilizando los criterios y parámetros propuestos para el diseño conceptual, y teniendo en cuenta la evaluación y el diagnóstico del estado actual del sistema de drenaje, se debe realizar la etapa de generación y evaluación de diferentes alternativas de solución, la cual incluye la generación de alternativas de solución técnica para diferentes lluvias de diseño. Estas alternativas deben prediseñarse geométrica e hidráulicamente, y costearse en forma aproximada. El costeo incluye, por un lado, el valor de la implementación de las obras y los costos anuales de operación y mantenimiento; y, por otro, una cuantificación de los daños producidos por dicha lluvia, en el caso de no contarse con el sistema de drenaje.

- Dentro del análisis anterior es necesario incluir el máximo aprovechamiento de los sistemas de drenaje existentes; los niveles de protección deben ser compatibles con los mapas de riesgo definidos para la población o área en estudio.
- Para cada alternativa de solución es necesario el análisis de los sitios de descarga en los cauces y cuerpos receptores, y de sus capacidades y condiciones sanitarias y ambientales, para estudiar y cuantificar los efectos de las descargas adicionales generadas por las alternativas propuestas de nuevos drenajes.
- Se debe realizar la determinación de las etapas de construcción para cada alternativa y de sus costos asociados de construcción, operación y mantenimiento.

A partir de los elementos anteriores se debe realizar una evaluación integral (técnica, económica y ambiental) de las diferentes alternativas de solución, en donde se comparen los beneficios que involucra la implementación de cada una de ellas (valor de los daños que dejan de ocurrir) con los costos de su construcción y posterior operación. Este análisis debe hacerse para el periodo de análisis del proyecto.

Adicionalmente, debe analizarse cómo se recuperarán los costos iniciales de inversión y los posteriores de operación y mantenimiento.

- El proceso concluye con la selección de la alternativa más favorable de acuerdo con la evaluación del ítem anterior, la definición de todos los componentes del sistema, su predimensionamiento, las etapas de construcción, los requerimientos de predios y de estudios ambientales, el presupuesto estimado, los costos de operación y mantenimiento, y la forma de financiación.

2.4 DISEÑO DETALLADO CON FINES DE CONSTRUCCIÓN

La alternativa seleccionada debe ser diseñada en detalle y se deben definir sus costos de construcción dentro de un programa preciso de construcción de obras. Sólo se recomienda la realización de diseños detallados para obras que deban ser implementadas en los próximos diez años, a partir del momento de ejecución de los diseños; si existen etapas posteriores, éstas quedarán predimensionadas y sus diseños detallados se realizarán cuando se acerque su momento de construcción, lo cual permitirá tener en cuenta la experiencia obtenida durante la operación de las primeras etapas.

El diseño detallado debe contener planos y especificaciones técnicas detalladas de construcción y otros documentos específicos como estudios hidrológicos e hidráulicos, levantamientos topográficos y de interferencias, estudios geotécnicos y estructurales, estudios prediales y de servidumbre, estudios y plan de manejo ambiental y de impacto urbano. Además, para efectos de la licitación de construcción se requieren pliegos de condiciones generales y particulares, formularios de cantidades de obra, análisis de precios unitarios y presupuestos.

Para la etapa de puesta en marcha, operación y mantenimiento se deben generar manuales y procedimientos que garanticen la efectividad y sostenibilidad de los elementos del sistema durante su vida útil. En estos aspectos se debe hacer especial énfasis en elementos mecánicos como estaciones de bombeo y/o elevadoras de flujo, estructuras de alivio o separación, sifones invertidos y demás estructuras especiales.

Capítulo 3

SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y EVACUACIÓN DE AGUAS PLUVIALES

3.1 TIPOS DE SISTEMAS

Para el manejo de las aguas lluvias de una población o de una zona de proyecto se debe utilizar preferencialmente el drenaje a superficie libre usando las pendientes de las calles y adecuando su sección transversal con cunetas laterales que permiten la concentración y el drenaje de los caudales recolectados. En forma complementaria, y en caso de insuficiencia de los anteriores, se utilizarán los sistemas de alcantarillados, en donde los flujos de agua provenientes de la escorrentía pluvial son recolectados y transportados a través de tuberías o conductos enterradas bajo las calles, andenes o separadores, o a través de canales abiertos.

El drenaje superficial usando las vías es el sistema más simple y económico para una población; sin embargo éstas, de acuerdo con el ancho de su sección transversal y su pendiente tienen una capacidad límite de transporte de caudal, después de la cual se empiezan a causar problemas de inundación en las calles y los andenes, que pueden afectar el tráfico vehicular y peatonal, o se corre el riesgo de deterioro de las viviendas y propiedades cercanas. Cuando esto sucede, ya sea por tener que drenarse grandes áreas, por pendientes insuficientes o por condiciones de lluvias extremas, se debe pensar en una solución usando elementos de drenaje adicionales como tuberías, que se instalan enterradas para minimizar su interferencia con los usos de las vías, o canales descubiertos, que son obstáculos riesgosos pero que constituyen la única solución cuando se trata de manejar grandes caudales que no resultaría práctico conducir por tuberías. Todos estos elementos de drenaje adicionales a los cauces naturales se denominan sistemas de alcantarillado de aguas lluvias.

Los tipos de sistemas de alcantarillado utilizados para la recolección y el drenaje de las aguas lluvias son:

El alcantarillado pluvial

Es un sistema de tuberías, conductos y canales para recolección y evacuación de las aguas lluvias que funcionan en forma separada o independiente de las aguas residuales. Ésta es la forma convencional y más recomendable de manejar los sistemas de alcantarillado, sobre todo cuando se piensa en el tratamiento de las aguas residuales, ya que éstas se manejan en forma separada facilitando su transporte y tratamiento; adicionalmente, al existir los dos sistemas, en teoría, se minimiza el fenómeno de las conexiones erradas.

Sin embargo, el hecho de tener sistemas separados implica inversiones iniciales considerables y altos costos de operación y mantenimiento, los cuales a veces superan las posibilidades de los municipios, cuyo nivel de complejidad es bajo o medio, y además tienen una baja capacidad económica.

El alcantarillado combinado

Es un sistema de recolección y drenaje donde las aguas residuales y lluvias se transportan a través del mismo conducto o tubería enterrada. Por consideraciones ambientales no es usual que en sistemas combinados se usen canales abiertos como si se encuentra en los sistemas pluviales separados.

3.2 SELECCIÓN DE LOS SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y DRENAJE PLUVIAL MÁS ADECUADOS

Generalidades

Se reitera que no toda población requiere de un sistema de drenaje pluvial, y que éste sólo se justifica cuando no es posible que las aguas de escorrentía pluvial sean manejadas completamente por las calles. Es por ello que el proceso de planeamiento y selección de alternativas para la solución de un problema de recolección y evacuación de aguas lluvias debe partir de un estudio técnico del sistema de drenaje actual donde se analicen: la red de drenajes naturales existentes compuesta por ríos, quebradas y caños, las áreas de drenaje conformadas por las zonas desarrolladas actuales y futuras, los caudales originados por lluvias de diferentes frecuencias de ocurrencia, y las posibilidades de drenaje que ofrecen las vías (sistema recolector) y los cauces naturales (sistema de evacuación). Sólo después de justificada la necesidad de tener un sistema de drenaje adicional se debe pensar en un alcantarillado pluvial separado o combinado, y éste no necesariamente debe cubrir toda la población, sino únicamente aquellas áreas donde exista la justificación técnica. Cuando se llega a este punto, ya se tendrán los elementos necesarios para el planteamiento y la selección de las alternativas de solución que complementan el drenaje superficial. La utilización de uno u otro sistema de drenaje pluvial se trata en los próximos apartes.

Alcantarillado pluvial separado

También denominado alcantarillado de aguas lluvias, es el sistema convencional o tradicional para el manejo independiente de las aguas residuales y pluviales. Sus fortalezas o ventajas se centran en los siguientes puntos:

- Las aguas residuales se mantienen separadas, lo cual es particularmente útil en sistemas donde se prevé o se tiene un tratamiento para las aguas residuales y se tienen volúmenes apreciables de escorrentía pluvial que, de mezclarse con las aguas residuales, provocarían diluciones que restarían eficiencia y complicarían el proceso de tratamiento.

Al caer aguaceros excepcionales los contraflujos originados por insuficiencia del sistema de aguas lluvia pueden causar inundaciones temporales, pero estos volúmenes de aguas no se encontrarán contaminados de aguas residuales.

- En sistemas separados que sólo requieren bombeo de las aguas residuales, hay una economía apreciable en los costos de construcción y operación de las estaciones de bombeo, ya que en el dimensionamiento de éstas no se involucra la escorrentía pluvial, que usualmente representa volúmenes de drenaje mucho más grandes que los producidos por las aguas residuales.
- Cuando existen muchos cuerpos receptores en el área de drenaje el sistema separado es ideal ya que sólo requiere de cortos tramos de alcantarillas que además pueden ser instaladas en forma superficial.

Sin embargo, los alcantarillados pluviales separados tienen algunas desventajas:

- En su inversión inicial es más costosa ya que por cada calle debe instalarse dos tramos de tuberías; adicionalmente, este hecho dificulta su construcción en calles estrechas.
- Los desechos sólidos que se generan en las calles, con los primeros flujos después de periodos secos, son transportados al cauce receptor.
- En épocas de estiaje o poca lluvia se tiene una baja velocidad del agua dentro de los conductos pluviales, lo cual genera una baja capacidad de arrastre (fuerza tractiva) y una propensión a la sedimentación.
- Su operación y mantenimiento son más costosas pues se deben operar y limpiar dos conductos.

Para la situación actual y futura de los municipios colombianos, y teniendo en cuenta la reglamentación ambiental cada vez más estricta que requiere la implementación del tratamiento de las aguas residuales, se sugiere que la alternativa básica para el manejo de los problemas de drenaje de la escorrentía pluvial sea el alcantarillado pluvial separado, una

vez se hayan agotado las posibilidades del drenaje superficial, usando las vías o calles de la población.

Sin embargo, la implementación de sistemas separados está supeditada a la posibilidad de cubrir los costos iniciales de construcción y los futuros de operación y mantenimiento por parte de la entidad prestadora del servicio y los usuarios de ésta. Lo anterior requiere analizar las posibilidades tarifarias que la entidad prestadora tiene para cobrar este nuevo servicio, y la capacidad de pago y aceptación que se tenga entre los usuarios.

Alcantarillado combinado

El análisis de un sistema de alcantarillado combinado como una solución para el manejo de problemas de drenaje de las aguas lluvias es una alternativa que debe considerarse cuando se presenta alguna de las siguientes condiciones:

- Se tiene ya una condición de hecho en donde las aguas residuales están mezcladas con los drenajes de aguas lluvias y las obras que se deberían hacer para separar los sistemas implican unos costos inalcanzables o, sencillamente, su realización no es factible ni técnica ni económicamente por desconocimiento de los sitios en donde se producen las conexiones erradas.
- Cuando, analizada la solución de alcantarillado pluvial separado, ésta no es factible económicamente.

Las principales ventajas asociadas a un sistema de alcantarillado combinado son las siguientes:

- Son más económicos en costos de inversión inicial y operación y mantenimiento que los correspondientes a sistemas separados.
- Son la única solución cuando se tienen condiciones de hecho que imposibilitan la separación de las aguas en las zonas ya desarrolladas.
- Se tienen mejores condiciones hidráulicas para la autolimpieza de los colectores, por tener mayor continuidad en los flujos, aun en épocas secas.
- En sitios de calles estrechas, trazado sinuoso y fuertes pendientes, el hecho de tener que instalar una sola tubería es menos problemático, más económico y causa un menor impacto urbano.
- Las aguas residuales se diluyen con las aguas lluvias minimizando la agresividad hacia los materiales de las tuberías y demás estructuras del sistema de drenaje.

Entre las principales desventajas de los sistemas combinado se encuentran:

- La combinación de las aguas residuales y lluvias dificulta y, por ende, hace más costosos los sistemas de tratamientos de aguas servidas. De la misma manera, si el

sistema requiere de bombes para su evacuación final, el costo de éstos se incrementa al tener que manejar volúmenes adicionales de agua en los periodos de lluvia.

- Los reboses por insuficiencias en la capacidad de las tuberías de recolección y evacuación pueden tener algún grado de contaminación y producir consecuencias sobre la salud de la población cercana. Estos problemas serán más notorios en la medida en que exista una red de corrientes naturales muy escasa.

En zonas con una red de drenaje abundante y sometida a condiciones de lluvia de apreciable intensidad y frecuencia, un sistema de alcantarillado combinado puede ser optimizado en su dimensionamiento apelando a reboses o aliviios de caudales diluidos a los cauces naturales, durante las condiciones de las lluvias más extremas, que son las que usualmente gobiernan el diseño de los colectores finales de estos sistemas de alcantarillado. De esta manera se eliminan los eventos que producen altos caudales y que se presentan en forma esporádica, pero que conllevan la instalación de un tamaño de tubería que pocas veces se usa a plena capacidad.

La determinación de los caudales de aliviio o rebose debe hacerse analizando las características ambientales de las corrientes receptoras y cumpliendo unos requisitos mínimos de calidad y dilución para los flujos aliviados tales que no alteren los usos previstos del agua de dicha corriente, aguas abajo de los sitios de descarga. Aquí debe tenerse en cuenta que el funcionamiento de estos aliviios es esporádico y que usualmente se realiza en épocas de lluvias y, por ende, de aguas altas en las corrientes receptoras, periodos donde éstas pueden asimilar más fácilmente la contaminación descargada.

Antes de llevar el efluente de un sistema de alcantarillado combinado a un sistema de tratamiento de aguas residuales, y con el propósito de tener un caudal de entrada a este sistema lo más uniforme posible y que la calidad de las aguas sea lo más concentrada, se deben implementar varias medidas:

- Planear estructuras de separación una vez se junten todas las tuberías recolectoras que drenan el casco urbano o zona desarrollada de la localidad. Esto con el fin de que el emisario final que lleva el efluente del alcantarillado al sistema de tratamiento sólo permita la llegada de un caudal definido y, en lo posible, de una calidad deseada. Lo anterior permite una optimización económica de este tramo de tubería (emisario) que usualmente es de apreciable longitud, teniendo en cuenta la necesidad de ubicar los sistemas de tratamiento alejados de las áreas de desarrollo actuales y futuras, en prevención de malos olores y otros efectos ambientales.
- Las estructuras de separación o aliviios deben estar orientadas a concentrar en los emisarios finales los flujos de aguas residuales que no presentan apreciables varia-

ciones durante los diferentes periodos del año. Adicionalmente, se acostumbra dejar un pequeño espacio dentro del emisario final para que pueda llegar al sistema de tratamiento el "primer flujo" de la esorrentía pluvial que lava las calles después de una sequía prolongada, y que arrastra hacia el sistema combinado, y dentro de los sumideros y demás estructuras de recolección, todos los desechos. Los caudales adicionales asociados con la magnitud de las lluvias idealmente deben ser manejados por alivio a las corrientes naturales teniendo en cuenta conceptos ambientales y sanitarios, como se explicó.

En poblaciones con sistemas de nivel de complejidad bajo y medio, con problemas de drenaje de aguas lluvias pero con imposibilidad económica de solucionarlos en el corto plazo, es posible admitir en forma temporal la descarga de una porción de las aguas lluvias a través del sistema de alcantarillado sanitario, asimilándolo a un sistema combinado, mientras se puede construir el sistema pluvial. De esta manera se mitiga, así sea en forma parcial, el efecto de la falta de drenaje pluvial.

Capítulo 4

PARÁMETROS PARA EL PLANEAMIENTO Y DISEÑO CONCEPTUAL Y DETALLADO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL

Dentro de este capítulo se proponen y discuten los parámetros necesarios para el planeamiento, diseño conceptual, evaluación de alternativas y diseño detallado de sistemas de alcantarillado pluvial del tipo separado.

Con la ayuda de estos parámetros, siguiendo las fases del procedimiento general para la identificación, justificación y priorización de un proyecto descritas en el capítulo 1 de esta Guía, y realizando posteriormente las actividades específicas para la ejecución de los estudios de factibilidad y diseño descritas en el capítulo 2, se llega a tener un proyecto de alcantarillado de aguas lluvias suficientemente soportado técnica y económicamente, y que cumple con todos los requerimientos del RAS, lo que le permitirá un tránsito seguro y exitoso durante la fase de consecución de recursos para su ejecución.

4.1 PARÁMETROS PARA EL DISEÑO CONCEPTUAL

Dentro de las etapas de planeamiento y diseño conceptual de sistemas de alcantarillado de aguas lluvias se debe trabajar intensamente en el dimensionamiento hidráulico de los colectores primarios y secundarios, con el objeto de determinar los diámetros mínimos que éstos pueden tener para cumplir con los requerimientos de capacidad de transporte generados por las descargas de escorrentía pluvial que es necesario drenar. Los principales parámetros de diseño durante la fase de diseño conceptual son los siguientes:

4.1.1 Análisis de población y definición del nivel de complejidad del sistema

La definición de los parámetros de diseño exige conocer el nivel de complejidad del sistema, la cual a su vez es función de la población proyectada para el año horizonte de diseño.

El alcance que deben tener los estudios de población está definido por el RAS en el numeral B.2.2, "Estimación de la población"; el desarrollo metodológico detallado y su aplicación práctica se presentan en la Guía RAS-001, "Definición del nivel de complejidad y evaluación de la población, la dotación y la demanda de agua". Debe estimarse la población actual y futura del proyecto, con base en información oficial censal y los censos disponibles de suscriptores del acueducto y otros servicios -en particular energía eléctrica- de la localidad analizada.

4.1.2 Periodo de planeamiento y diseño conceptual

El periodo de planeamiento o de análisis del diseño conceptual es el principal parámetro para fijar las condiciones básicas del proyecto, como son: la capacidad de los diferentes elementos que debe tener el sistema para atender los requerimientos actuales y futuros de drenaje de escorrentía pluvial. Del periodo de planeamiento también depende el análisis económico de alternativas y la programación de inversiones por etapas. Como mínimo, los sistemas de recolección y evacuación de aguas pluviales deben proyectarse para los periodos de planeamiento que se presentan en la tabla D.2.1 del RAS. La vida útil para la cual deben ser previstos los componentes de los sistemas de recolección y evacuación de aguas pluviales se define en el literal A.4.9, también del RAS.

TABLA D.2.1
PERIODO DE PLANEAMIENTO DE REDES DE RECOLECCIÓN
Y EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES Y LLUVIAS

Nivel de complejidad del sistema	Periodo de diseño (años)
Bajo	15 años
Medio	15 años
Medio alto	20 años
Alto	25 años

4.1.3 Zonas de desarrollo y áreas de drenaje actuales y futuras

El área por drenar debe contener, además de la zona actualmente desarrollada y los usos del suelo, la prevista como área de expansión residencial al año horizonte de diseño y los usos del suelo complementarios, como áreas industriales, comerciales, institucionales, recreativas, entre otras. Cuando no existan planes de desarrollo o de ordenamiento territorial, se deben realizar estudios urbanísticos para detectar las áreas de más probable desarrollo y los posibles usos del suelo que allí se puedan esperar. La definición de estos usos del suelo es de fundamental importancia ya que de ellos depende la estimación de los

parámetros de escorrentía superficial, que indican qué porcentaje de las aguas lluvias debe ser drenado y cuál se infiltra.

Para cada tramo de tuberías del sistema por diseñar se deben determinar la extensión y el tipo de áreas tributarias. El área aferente debe incluir el área tributaria propia del tramo en consideración. Las áreas de drenaje deben ser determinadas por medición directa en planos, y su delimitación debe ser consistente con las redes de drenaje natural y las proyectadas.

4.1.4 Capacidad del sistema de drenaje actual

Definidas las áreas de drenaje se debe proceder inicialmente a estimar los volúmenes de agua que pueden ser transportados por los sistemas de drenaje existente, esto es, determinar la capacidad hidráulica máxima que éstos poseen.

Si el único sistema de drenaje son las vías o calles se debe analizar la capacidad de éstas para transportar caudal a través de sus cunetas y aun usando todo el ancho de calzada y permitiendo una lámina de agua que sea permisible (usualmente unos 0,10 m). Para facilitar su evaluación, en el anexo 1 se presentan los nomogramas de Izzard para el cálculo de cunetas y de capacidad de flujo de calles y avenidas. Este análisis usualmente debe realizarse desde los puntos topográficos más bajos, donde se tiene la mayor concentración de caudales, hasta los puntos ubicados aguas más arriba.

Cuando se tiene un sistema de tuberías colectoras, su capacidad hidráulica se calculará a partir del tramo final, estimando para cada tubería su capacidad a tubo lleno, teniendo en cuenta sus condiciones de pendiente y rugosidad reales.

Si se estima que los sistemas existentes son insuficientes, se debe hacer un trazado preliminar del sistema adicional de drenaje requerido y un estimativo de las áreas de drenaje aferentes a él.

4.1.5 Trazado preliminar de los colectores requeridos

El trazado planimétrico inicial se puede realizar sobre una base cartográfica del municipio o del área de drenaje en una escala 1:2.000 ó 1:1.000. El trazado en general se hace siguiendo el recorrido de las calles existentes, de las vías previstas hacia el futuro y de la topografía de la zona. Para la estimación altimétrica (curvas de nivel) se requiere de una nivelación aproximada de los corredores escogidos para el trazado de las tuberías, a fin de lograr que las pendientes que se asuman en este prediseño se ajusten a la topografía real del terreno. Se sugiere contar con planos con curvas de nivel esparcidos máximo 0,25 m o, en su defecto, realizar nivelaciones para los corredores previstos.

4.1.6 Estimación de caudales de escorrentía pluvial (caudales de diseño)

En el capítulo D.4 del RAS, que se refiere al diseño de redes de alcantarillados pluviales, se presenta con mucho detalle la forma de estimación de los caudales de diseño para este tipo de sistemas. Allí se recomienda la utilización del método racional, el cual calcula el caudal máximo de aguas lluvias (Q en l/s) a partir de la intensidad media del evento de precipitación (i en l/s.ha) con una duración igual al tiempo de concentración del área de drenaje (A en ha) y un coeficiente de escorrentía (C , adimensional), que es función del tipo de superficie sobre el cual debe rodar el agua hasta ingresar el sistema de drenaje. La ecuación del método racional es:

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

El método racional es adecuado para áreas de drenaje pequeñas, hasta de 700 ha. Cuando las áreas son relativamente grandes, puede ser más apropiado estimar los caudales mediante otros modelos de lluvia escorrentía que representen mejor los hietogramas de precipitación e hidrogramas de respuesta de las áreas de drenaje y que eventualmente tengan en cuenta la capacidad de amortiguamiento de las ondas dentro de la red de colectores.

Coeficiente de escorrentía (C)

El coeficiente de escorrentía (C) es función del tipo de suelo, del grado de permeabilidad de la zona, de la pendiente del terreno y otros factores que determinan la fracción de la precipitación que se convierte en escorrentía superficial y que no se infiltra. En su determinación deben considerarse las pérdidas por infiltración en el suelo y otros efectos retardadores de la escorrentía.

El valor del coeficiente C debe ser estimado tanto para la situación inicial como para el año horizonte de diseño. La estimación de este parámetro se realiza superponiendo las áreas de drenaje sobre los planos de usos de suelo actuales y futuros, los cuales usualmente se encuentran en los planes de ordenamiento urbano o de desarrollo territorial que manejan las oficinas de planeación de cada localidad.

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

$$C = \frac{(\sum C \cdot A)}{\sum A} \quad (\text{D.4.2) del RAS}$$

Para la estimación de C existen tablas de valores y fórmulas, algunas de las cuales se presentan en el RAS como guía para su selección. La adopción de determinados valores debe estar justificada con los planos de usos del suelo de la zona del proyecto.

TABLA D.4.5- RAS
COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA O IMPERMEABILIDAD

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

Intensidad de precipitación (i)

La intensidad de precipitación que debe usarse en la estimación del caudal máximo o pico de aguas lluvias corresponde a la intensidad media de precipitación dada por las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) de las lluvias en la localidad, para un periodo de retorno de diseño definido con base en consideraciones técnicas y económicas, y una duración equivalente al tiempo de concentración de la escorrentía dentro del área de drenaje. Estos parámetros se definen a continuación:

- **Curvas de intensidad-duración-frecuencia**

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) constituyen la base climatológica para la estimación de los caudales de diseño de los alcantarillados pluviales. Estas curvas resumen las características de los eventos extremos máximos de precipitación de una determinada zona, y definen la intensidad media de lluvia para diferentes duraciones de lluvias con periodos de retorno específicos.

Inicialmente, es necesario verificar la existencia de curvas IDF para la localidad. Si existen, éstas deben ser analizadas para establecer su validez y confiabilidad para su aplicación al proyecto. Si no existen, es necesario obtenerlas a partir de información sobre precipitaciones. La obtención de las curvas IDF debe realizarse con información pluviográfica de estaciones ubicadas en la localidad, derivando las curvas de frecuencia correspondientes mediante análisis puntuales de frecuencia de eventos extremos máximos. Si no existe información en la población, debe recurrirse a es-

taciones localizadas en la zona lo más cercanas a la población. Si esto no permite derivar curvas IDF aceptables para el proyecto, deben ajustarse curvas IDF por métodos sintéticos, preferencialmente derivados de información pluviográfica del país.

En algunas ciudades colombianas las entidades competentes han desarrollado ecuaciones IDF para la descripción de los fenómenos pluviales que allí se presentan; estas ecuaciones tienen la siguiente forma generalizada:

$$I = C F^a / D^o$$

donde:

- I: intensidad de la lluvia
- F: frecuencia de la precipitación (es el tiempo en años en que una lluvia de cierta intensidad y duración se repite con las mismas características)
- D: tiempo de duración de la precipitación, desde el momento en que inicia la lluvia hasta el que todo el área esté contribuyendo (tiempo de concentración: Tc)
- C, a, o: valores suministrados por la entidad y que corresponden a las características regionales de la población.

De acuerdo con el nivel de complejidad del sistema, la manera mínima permitida de obtención de las curvas IDF está definida por el RAS en la tabla D.4.1

**TABLA D.4.1- 'RAS
CURVAS IDF**

Nivel de complejidad del sistema	Obtención mínima de curvas IDF
Bajo y medio	Sintética
Medio alto	Información pluviográfica regional
Alto	Información pluviográfica local

- En el caso de sistemas con nivel de complejidad bajo y medio, donde no existe información pluviográfica, se recomienda analizar la información pluviométrica para determinar la intensidad máxima diaria para el periodo de retorno analizado (usualmente 2 ó 3 años). Para definir la intensidad máxima horaria se puede tomar el 60% de lluvia máxima diaria, y con este valor ingresar a curvas estándares de IDF donde es posible, a partir de la Intensidad Máxima, en una hora, definir las intensidades para duraciones diferentes. En el anexo 1 se presenta un ejemplo de curva IDF estándar.

Los valores de intensidad dados por las curvas IDF corresponden a valores puntuales representativos de áreas relativamente pequeñas. En la medida en que las áreas de drenaje

consideradas se hacen más grandes, la intensidad media de la lluvia sobre éstas se reduce en razón de la variabilidad espacial del fenómeno de precipitación. En consecuencia, resulta conveniente considerar factores de reducción de la intensidad media de la precipitación en la medida en que el área de drenaje se incremente. El RAS propone unos factores de reducción para convertir la intensidad puntual en intensidad media espacial.

TABLA D.4.4-RAS
FACTOR DE REDUCCIÓN DE INTENSIDAD DE LLUVIAS

Áreas de drenaje (ha)	Factor de reducción
50 - 100	0,99
100 - 200	0,95
200 - 400	0,93
400 - 800	0,90
800 - 1600	0,88

- **Periodo de retorno de diseño**

El periodo de retorno de diseño, es decir, la frecuencia con que se presenta un determinado aguacero -parámetro necesario para ingresar a las curvas IDF-, debe determinarse de acuerdo con los niveles de riesgo admisible, y por los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones periódicas, por falta o insuficiencia del sistema de drenaje pluvial, puedan ocasionar a los habitantes, propiedades, tráfico vehicular y peatonal, comercio, industria, entre otros. A mayor grado de protección se tendrá un mayor periodo de retorno y, por ende, una mayor intensidad de lluvias y un mayor caudal a drenar.

Como la selección de un periodo de retorno muy seguro puede llevar a un costo de obras que no haga realizable el proyecto, es importante realizar el dimensionamiento de las obras para diferentes caudales originados en diferentes intensidades de lluvia correspondientes a varios periodos de retorno. Se escogerá aquel valor que muestre estar dentro de los niveles de riesgo definidos por el municipio, y en el cual los beneficios obtenidos por la construcción de las obras sean mayores que el costo de éstas.

Aunque los niveles de riesgo, el periodo de retorno y la intensidad de las lluvias que se genera, así como el costo del posible efecto de las inundaciones y molestias al tránsito, son propios de cada comunidad, y no se puede generalizar, el RAS sugiere unos valores que pueden tomarse como seguros y con los cuales es posible hacer los análisis iniciales y, de acuerdo con la evaluación costo-beneficio, éstos se irán adecuando hasta encontrar un valor económicamente viable.

El periodo de retorno que se asuma debe ser homogéneo para todos los componentes del sistema de recolección, con el fin de que ninguno de ellos quede sobredimensionado res-

pecto a los demás. Se exceptúan los canales abiertos que operen como colectores o emisarios finales de grandes áreas de drenaje (más de 1000 ha), o los cauces y cuerpos receptores en cuyas orillas exista población asentada que pueda ser objeto de inundaciones; en estos casos, deben aumentarse los periodos de retorno, de acuerdo con los mapas de riesgo definidos para la población y las condiciones topográficas (alta pendiente o zonas planas), según se recomienda en la siguiente tabla.

TABLA D.4.2-RAS
PERIODOS DE RETORNO O GRADO DE PROTECCIÓN

Características del área de drenaje	Mínimo (años)	Aceptable (años)	Recomendado (años)
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 ha	2	2	3
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 ha	2	3	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 ha	2	3	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 ha	5	5	10
Canales abiertos, cauces y cuerpos receptores en zonas planas y que drenan áreas mayores de 1000 ha*	10	10 borde libre 100 años	10 borde libre 100 años
Canales abiertos, cauce y cuerpos receptores en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1.000 ha	10	10 borde libre 25 años	10 borde libre 25 años

* Parte revestida a 10 años

TABLA 4.3-RAS
GRADO DE PROTECCIÓN SEGÚN EL NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA

Nivel de complejidad del sistema	Grado de protección igual o mayor al:
Bajo	Mínimo
Medio	Mínimo
Medio alto	Aceptable
Alto	Recomendado

Dependiendo del nivel de complejidad del sistema, y de las condiciones físicas y socioeconómicas de cada municipio, las autoridades locales deben definir el grado de protección: mínimo, aceptable o recomendado. Sin embargo, en casos especiales en los cuales los análisis muestren que se ponen en peligro vidas humanas, las autoridades locales pueden incrementar el grado de protección.

En los casos en los cuales el caudal que exceda aquel que se proyectó en el diseño tenga la posibilidad de verter por una ladera o escarpe con potencialidad de desestabilización del terreno y deslizamientos, debe considerarse el aumento del periodo de retorno.

- **Tiempo de concentración**

El tiempo de concentración (T_c) está compuesto por el tiempo de entrada (T_e) y el tiempo de recorrido en el colector (T_t). El tiempo de entrada corresponde al tiempo requerido para que la escorrentía llegue al sumidero del colector, mientras que el tiempo de recorrido se asocia con el tiempo de viaje o tránsito del agua dentro del colector:

$$T_c = T_e + T_t$$

Tiempo de entrada, T_e

Existen varias fórmulas para estimar el tiempo de entrada (véase el numeral D.4.3.7 del RAS).

El Soil Conservation Service (SCS) propone estimar T_e con base en la velocidad media de escorrentía superficial (V_s) sobre el área de drenaje y la distancia de recorrido (L).

$$T_e = \frac{L}{(60 \cdot V_s)}$$

V_s puede aproximarse por:

$$V_s = a \cdot S^{1/2}$$

a es una constante que depende del tipo de superficie y S es la pendiente media del área de drenaje. La constante a se puede estimar a partir de la siguiente tabla:

TABLA D.4.7-RAS
CONSTANTE a DE VELOCIDAD SUPERFICIAL

Tipo de superficie	a
Bosque con sotobosque denso	0,70
Pastos y patios	2,00
Áreas cultivadas en surcos	2,70
Suelos desnudos	3,15
Áreas pavimentadas y tramos iniciales de quebradas	6,50

Tiempo de recorrido, T_t

El tiempo de recorrido en un colector se puede calcular como

$$T_t = \frac{L_c}{(60 \cdot V)}$$

donde:

Lc: longitud del colector

V: velocidad media del flujo dentro de él.

Dado que T_t debe corresponder a la velocidad real del flujo en el colector, el tiempo de concentración puede determinarse mediante un proceso iterativo, tal como se describe en el numeral D.4.3.7.2 del RAS.

Para efectos prácticos el tiempo de concentración mínimo en pozos iniciales de sistemas pluviales está entre 10 y 20 minutos. El tiempo de entrada mínimo es 5 minutos. Cuando dos o más colectores confluyen a la misma estructura de conexión, debe considerarse como tiempo de concentración en ese punto el mayor de los tiempos de concentración de los respectivos colectores.

4.1.7 Diámetros mínimos por tipos de tuberías colectoras

De acuerdo con su función dentro del sistema de recolección se distinguen diferentes tipos de tuberías o redes colectoras de aguas lluvias; cada una de ellas, por norma, tiene unos diámetros nominales mínimos que se deben cumplir. El diámetro nominal se define como "un número simple que sirve para clasificar, en dimensiones, los elementos de tuberías, conexiones, aparatos, etc. El diámetro nominal no debe ser utilizado para fines de cálculo". El cálculo hidráulico se debe realizar con los diámetros internos reales.

Conexión domiciliaria

Es la tubería que transporta las aguas lluvias desde la caja domiciliar hasta un colector secundario o terciario. Su diámetro interno mínimo debe ser 100 mm (4 pulgadas), en los sistemas de complejidad bajo y medio, y hasta 150 mm en sistemas de complejidad medio alto y alto. Las tuberías de conexión de los sumideros al sistema de colectores deben tener un diámetro nominal mínimo de 200 mm (8 pulgadas); si las tuberías tienen una pendiente apreciable, se puede justificar el uso de 150 mm (6 pulgadas).

Red de colectores secundarios y terciarios

Es el conjunto de colectores que recibe contribuciones de aguas domiciliarias y de sumideros en cualquier punto a lo largo de su longitud; también se denomina red local. El diámetro nominal mínimo es de 200 mm (8 pulgadas); en sistemas de complejidad bajo y medio y en zonas de alta pendiente se acepta una reducción a 150 mm (6 pulgadas), previa justificación de su capacidad hidráulica.

Colectores principales o matrices

Son los conductos cerrados, sin conexiones domiciliarias directas, que reciben los caudales de los tramos o colectores secundarios y terciarios, y de los sumideros de la vía por la cual discurren. Su diámetro será función del tamaño de la red secundaria de drenaje que reciban.

Emisarios finales

Son los conductos cerrados que reciben las afluencias de los colectores principales y que son los encargados de llevar las aguas lluvias recogidas a las corrientes o fuentes receptoras finales. Su tamaño será función de los caudales que reciba a partir de los colectores principales que le sean conectados.

4.1.8 Fuentes receptoras de las aguas lluvias

Durante la etapa de planeamiento y diseño conceptual se deben investigar las condiciones topográficas, hidrológicas e hidráulicas de las fuentes receptoras del sistema de alcantarillado pluvial previsto para verificar la capacidad hidráulica que tienen éstas de aceptar y transitar sin ningún peligro los caudales máximos de diseño del emisario final del alcantarillado de aguas lluvias.

En lo posible se debe garantizar que el emisario final del sistema de alcantarillado pluvial descargue a flujo libre el 100% del tiempo. De no ser esto posible, debe analizarse en detalle la magnitud y la frecuencia de los reflujos o flujos inversos en el sistema de alcantarillado, y los efectos nocivos que éstos pueden ocasionar. Lo anterior es de gran importancia en zonas planas, donde los reflujos pueden alcanzar las conexiones domiciliarias ocasionando inundaciones en áreas cerradas, que normalmente no están expuestas a la escorrentía pluvial.

Se deben respetar las zonas de ronda y de preservación ambiental de los cauces o cuerpos receptores; adicionalmente, las áreas ubicadas en estas zonas no se deben tratar de drenar.

4.1.9 Zonas de pondaje y amortiguación

Cuando el drenaje a flujo libre no es posible durante todo el tiempo, o cuando se requiera bombear el efluente del emisario final para llevarlo a la fuente receptora, se recomienda la utilización de pondajes o lagunas de amortiguación de los caudales pico. Cuando se tienen problemas de drenaje temporal al cuerpo receptor, un pondaje puede almacenar el volumen de escorrentía requerido hasta que el cuerpo receptor alcance niveles que permitan drenar hacia él por gravedad. De otro lado, en un sistema que requiere bombeo para drenar al cuerpo receptor, el pondaje o almacenamiento permite suavizar los altos picos de caudales que por cortos tiempos se presentan en el emisario final del sistema de alcantarillado logrando, de acuerdo con el volumen de almacenamiento, reducir los caudales de diseño y, por ende, el tamaño y número de equipos de la estación de bombeo.

Las investigaciones que se desarrollan en la actualidad tienden a considerar dentro del sistema de alcantarillado pluvial elementos que permiten la amortiguación de los picos de caudales que generan las aguas lluvias; por tanto, se espera que en un futuro cercano

estas metodologías se puedan empezar a aplicar en el país, con el propósito de disminuir los caudales de diseño, los diámetros y los costos de la red de colectores de drenaje, logrando proyectos económicamente más asequibles a los municipios de bajos recursos.

4.1.10 Diseño hidráulico

El tamaño y la pendiente de un colector deben ser adecuados para conducir el caudal de diseño, evitar la sedimentación de sólidos para las condiciones iniciales de servicio y garantizar su adecuada operación y funcionalidad. Los cálculos hidráulicos deben hacerse usando el diámetro interno real de los colectores.

En general, los colectores de aguas lluvias deben diseñarse como conducciones a flujo libre por gravedad. El flujo de aguas pluviales en una red de alcantarillado para su recolección y evacuación no es permanente. Sin embargo, el dimensionamiento hidráulico de la sección de un colector puede hacerse suponiendo que el flujo en éste es uniforme. Esto es válido en particular para colectores de diámetro pequeño

Fórmulas de flujo uniforme

Existen varias fórmulas de flujo uniforme apropiadas para este propósito, dentro de las cuales están la de Chézy y la de Manning. La ecuación de Chézy constituye la representación de la ecuación de Darcy para flujo en conductos abiertos, mientras que la fórmula de Manning es la más utilizada en la práctica.

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

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

Los estudios más recientes de la hidráulica de los alcantarillados indican que la fórmula de Chézy es la que mejor describe el flujo uniforme dentro de los colectores, por lo cual debería ser la fórmula utilizada para optimizar los diámetros de éstos. Sin embargo, el hecho de que el cálculo de su coeficiente de fricción sea más elaborado, que este valor sea variable y que en los catálogos de las tuberías ofrecidas en el país no aparezcan los valores de las rugosidades absolutas de las paredes, ha impedido que se popularice su utilización. A pesar de lo anterior, la optimización y el detallamiento del diseño hidráulico de los colectores de alcantarillados, especialmente los sanitarios donde se manejan pequeños diámetros, exigen su utilización y a eso se llegará en corto tiempo.

Coeficientes de rugosidad en el diseño de alcantarillados pluviales.

El coeficiente C de resistencia al flujo de Chézy puede estimarse a partir del coeficiente de fricción f de la fórmula de Darcy-Weisbach, el cual se evalúa con la fórmula de Colebrook-White. Teóricamente esta fórmula se considera la más completa, pues es aplicable a todos

los regímenes de flujo, y depende del diámetro, del número de Reynolds y del coeficiente de rugosidad absoluta k propio de la superficie friccional. El coeficiente C puede estimarse también con fórmulas más empíricas como las de Ganguillet-Kutter y Bazin.

El coeficiente de rugosidad de Manning se estima a partir de mediciones de laboratorio y de campo, y depende en general del tipo de material del conducto. La fórmula de Manning, por su facilidad de cálculo, es la más usada en nuestro medio.

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

- Material del conducto.
- Forma y tamaño del conducto y su posible deformación.
- Profundidad hidráulica de flujo.
- Tipo de uniones y número por unidad de longitud.
- Desalineamientos horizontal y vertical del conducto por efecto de las uniones.
- Sedimentación de material en el conducto.
- Entrada de flujos laterales puntuales al conducto.

Según el RAS, para los niveles de complejidad de sistema medio alto y alto, el valor del coeficiente n de rugosidad de Manning en tuberías de pared lisa debe definirse entre 0.010 y 0.014, previa aprobación de la entidad prestadora del servicio de recolección y evacuación de aguas pluviales. El menor valor corresponde a una tubería nueva, con una muy buena instalación (sin desalineamientos), con pocas uniones, con unas condiciones de velocidad y pendiente que impidan la sedimentación y colocada en un sistema de alcantari-lado donde se esperan buenas condiciones de mantenimiento y limpieza).

Para los niveles de complejidad de sistema bajo y medio, donde las condiciones de mantenimiento preventivo se hacen en forma ocasional, el coeficiente n de rugosidad de Manning se debe establecer con base en la tabla de la página siguiente.

Los menores valores corresponden a sistemas bien alineados, con pocas uniones, poco propensos a la sedimentación y con algún tipo de mantenimiento. En condiciones adversas deben usarse valores cercanos al tope máximo.

En todos los casos el diseñador deberá sustentar adecuadamente el valor del " n " que utilice en su diseño, asumiendo la responsabilidad por sus análisis y recomendaciones.

TABLA 33-RAS
VALORES DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING
PARA VARIOS MATERIALES

Material	N
Conductos cerrados	
Asbesto - cemento	0,011 - 0,015
Concreto prefabricado interior liso	0,011 - 0,015
Concreto prefabricado interior rugoso	0,015 - 0,017
Concreto fundido en sitio, formas lisas	0,012 - 0,015
Concreto fundido en sitio, formas rugosas	0,015 - 0,017
Gres vitrificado	0,011 - 0,015
Hierro dúctil revestido interiormente con cemento	0,011 - 0,015
PVC, polietileno y fibra de vidrio con interior liso	0,010 - 0,015
Metal corrugado	0,022 - 0,026
Colectores de ladrillo	0,013 - 0,017

Pendientes

Las pendientes de los colectores deben seleccionarse de tal forma que se ajusten a la topografía del terreno y que no generen velocidades que estén por fuera de las especificadas. En tramos donde la pendiente natural del terreno sea muy baja, debe verificarse detalladamente la fuerza tractiva para garantizar las condiciones de autolimpieza; por otro lado, si ésta es demasiado pronunciada, es necesario establecer un número apropiado de estructuras de caída para que los tramos cortos resultantes tengan la pendiente adecuada.

Velocidad y pendiente mínima

Las aguas lluvias transportan sólidos que pueden depositarse en los colectores pluviales si el flujo tiene velocidades reducidas. Por tanto, debe disponerse de una velocidad suficiente para lavar los sólidos depositados durante periodos de caudal bajo. Para esto se establece la velocidad mínima como criterio de diseño. La velocidad mínima real permitida en el colector es 0,75 m/s para el caudal de diseño.

En cada tramo debe verificarse el comportamiento de autolimpieza del flujo, para lo cual es necesario utilizar el criterio de esfuerzo cortante medio. Se establece, por tanto, que el valor del esfuerzo cortante medio sea mayor o igual a 3,0 N/m² (0,3 kg/m²) para el caudal de diseño, y mayor o igual a 1,5 N/m² (0,15 kg/m²) para el 10% de la capacidad a tubo lleno.

Velocidad y pendiente máxima

Los valores máximos permitidos para la velocidad media en los colectores dependen del material, en función de su sensibilidad a la abrasión. Los valores adoptados deben estar

plenamente justificados por el diseñador en términos de la resistencia a la abrasión del material, de las características de sedimentos y abrasivos de las aguas lluvias, de la turbulencia del flujo y de los empotramientos de los colectores. El valor de velocidad máxima permitido no será mayor a los 5 m/s. Valores superiores requieren una justificación técnica y aprobación de la empresa prestadora del servicio.

Profundidad hidráulica máxima

La profundidad hidráulica máxima en colectores de aguas lluvias puede ser la correspondiente a tubo lleno. En colectores de concreto de sección rectangular o cuadrada (box-culverts) se recomienda dejar un 10% de la altura como espacio libre para evitar su presurización.

4.2 PARÁMETROS PARA EL DISEÑO DETALLADO

Si el diseño conceptual se ha realizado de acuerdo con lo recomendado en esta Guía, el diseño detallado se reduce a las siguientes actividades:

4.2.1 Replanteo topográfico del eje del trazado y análisis de interferencias

Se realizan el replanteo y el levantamiento altimétrico y planimétrico del eje de la tubería propuesto dentro del diseño conceptual. Durante este levantamiento se deben identificar, localizar y levantar las redes de servicios paralelas o perpendiculares que puedan representar interferencia durante el proceso de excavación de la zanja y la instalación de la tubería.

Con la información topográfica se deben producir planos de localización detallados en planta y perfil de terreno por el eje de la tubería proyectada, dentro de los cuales se muestre altimétrica y planimétricamente la ubicación de las interferencias encontradas.

La actividad de campo termina con la materialización o amojonamiento de puntos de referencia que permitan el posterior replanteo del trazado durante el momento de la construcción.

4.2.2 Diseño geométrico

Corresponde al trazado en planta y perfil de las tuberías que conforman el sistema de drenaje. Los planos de diseño y construcción deben ser del tipo planta-perfil, con unas escalas sugeridas de 1:500 en la horizontal y 1:50 en la vertical. En dichos planos se debe dar gran importancia a la ubicación de las interferencias que son atravesadas por el eje de la tubería propuesta.

El diseño hidráulico de estas estructuras depende del régimen de flujo de los colectores afluentes y del colector de salida o principal, y se basa fundamentalmente en la determinación de las pérdidas de cabeza hidráulica producidas por la unión. En el literal D.2.3.7 del RAS se dan los criterios básicos para su diseño hidráulico.

Aporte de sedimentos

La recolección de aguas lluvias implica también la captación de material granular (gravas y arenas) que la escorrentía superficial transporta. Es necesario entonces identificar el tipo de material que las áreas de drenaje pueden aportar a los colectores, haciendo énfasis en el componente granular, pues éste determina en buena parte los requisitos de autolimpieza de los colectores, evacuación de lodos y la necesidad de construir desarenadores estratégicamente ubicados antes del ingreso de las aguas lluvias a la red de colectores.

En sistemas de drenaje pluvial, que drenan zonas montañosas, es usual que se planteen estructuras desarenadoras cuando a través del sistema se conectan cauces naturales o tuberías que drenan zonas deforestadas o vías sin pavimentar.

Además, es necesario hacer una evaluación de los posibles elementos extraños que puedan ingresar al sistema pluvial, en particular por actividades antrópicas y costumbres culturales como la disposición de desechos sólidos en las calles cuando llueve. Para controlar este fenómeno, en las entradas al sistema (sumideros) se deben colocar rejillas que impidan el ingreso de materiales gruesos a la red de tuberías colectoras.

Cambios bruscos de la pendiente

En lo posible, deben evitarse los cambios bruscos de la pendiente en los tramos de colectores. En caso de un aumento importante de la pendiente, y mientras lo permitan las condiciones hidráulicas en los colectores y en las estructuras de unión, al igual que los aportes de caudal aguas abajo, puede reducirse el diámetro del colector de salida. Para evitar los cambios bruscos de pendientes pueden preverse estructuras de conexión que permitan manejar desniveles importantes entre las láminas de agua de los colectores de entrada y salida, amortiguando las pérdidas de energía (estructuras de caída).

Profundidad mínima a la cota clave

La profundidad mínima de instalación de los colectores pluviales secundarios y terciarios debe permitir la conexión de todas las viviendas existentes a lo largo del colector, sin incluir sótanos u otras instalaciones bajo el nivel de las calles y la conexión de todos los sumideros que se encuentran sobre la vía por la cual está trazado.

Los valores mínimos permitidos de cubrimiento de los colectores del alcantarillado pluvial, con relación a la rasante definitiva, se definen en la siguiente tabla:

TABLA 35-RAS

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

Las conexiones domiciliarias y los colectores de aguas lluvias deben localizarse por debajo de las tuberías del acueducto. Los colectores de aguas lluvias deben localizarse a una profundidad que no interfiera con las conexiones domiciliarias de aguas residuales al sistema de recolección y evacuación de dichas aguas. No se recomienda bajar alcantarillas a grandes profundidades para permitir conexiones directas de instalaciones ubicadas por debajo del nivel de la calle (sótanos), pues se generan mayores costos para servir un número relativamente pequeño de sótanos.

Profundidad máxima a la cota clave

En general, la máxima profundidad de instalación de los colectores con relación a la rasante definitiva de la vía bajo la cual están trazados, es del orden de 5 m y está condicionada por la carga muerta del relleno sobre la tubería y por la resistencia de ésta. Puede ser mayor en cruces especiales siempre y cuando se garanticen los requerimientos geotécnicos de las cimentaciones y los requerimientos estructurales de los materiales y colectores durante y después de su construcción.

Los cruces subterráneos de lagos, ríos y corrientes superficiales deberán acompañarse de un diseño apropiado e idóneo que justifique las dimensiones, los atraques y las profundidades empleadas, y deberán proveerse de medios para impedir su destrucción por efectos de la socavación de la corriente atravesada.

Cuando en los colectores principales, en los interceptores y en los emisarios finales se alcanzan profundidades cercanas a los 5 m es común la instalación de estaciones de bombeo -llamadas estaciones elevadoras de flujo-, que permiten elevar el flujo a un colector más superficial y así evitar que el sistema se siga profundizando con la consiguiente dificultad de instalación y el aumento excesivo de costos.

4.2.3 Diseño hidráulico

Siguiendo la metodología expuesta en esta Guía, el diseño hidráulico básico se realiza en la etapa de diseño conceptual; el diseño hidráulico detallado se limita a ajustar en los cálculos iniciales los valores de abscisado, pendientes y ubicación de puntos de conexión o cambios de dirección definidos en el diseño geométrico.

El diseño hidráulico detallado se finaliza con un cálculo de líneas de energía y pérdidas de energía a lo largo de todo el trazado, que permite verificar el funcionamiento hidráulico y

realizar los ajustes geométricos que sean del caso. Recuérdese que esta verificación de comportamiento debe hacerse tanto para los caudales del año inicial de operación como para el caudal de diseño.

4.2.4 Sumideros

Son estructuras para la captación de la escorrentía superficial, que pueden ser diseñadas en forma lateral o transversal al sentido del flujo, y se localizan en las vías vehiculares o peatonales del proyecto.

Consideraciones para su proyección

La capacidad de recolección de aguas lluvias del conjunto de sumideros de un sistema pluvial o combinado debe ser consistente con la capacidad de evacuación de la red de colectores para garantizar que el caudal de diseño efectivamente llegue a la red de evacuación.

Los sumideros deben ubicarse en los cruces de las vías, de tal manera que intercepten las aguas antes de las zonas de tránsito de los peatones y en los puntos intermedios bajos. Los siguientes son algunos criterios para su ubicación:

- Puntos bajos y depresiones.
- Reducción de pendiente longitudinal de las calles.
- Antes de puentes y terraplenes.
- Preferiblemente antes de los cruces de calles y pasos peatonales.

Parámetros de diseño

El dimensionamiento de la tubería de conexión del sumidero al sistema de alcantarillado, ya sea un pozo o fuentes receptoras, debe tener un diámetro nominal mínimo de 200 mm, una pendiente superior al 2% y, en general, no debe tener una longitud mayor de 15 m.

Métodos de cálculo

La estimación de caudales en las cunetas que drenan en los sumideros puede hacerse con la ecuación de Manning, y los cálculos hidráulicos de los sumideros pueden basarse en ecuaciones empíricas obtenidas de mediciones de laboratorio y campo. El diseñador debe justificar los métodos y las aproximaciones utilizadas en la estimación de caudales y en el análisis del comportamiento hidráulico. En el anexo D.2 del RAS se incluyen elementos adicionales para el diseño hidráulico de cunetas y sumideros.

4.2.5 Canales

Consideraciones para su proyección

Los canales que se utilizan para conducir las aguas de escorrentía pluvial deben ser abiertos. No son permitidos para recolección y evacuación de aguas residuales. En los casos en

que sea necesario proyectar un canal cuya sección sea cerrada, debe cumplirse la condición de flujo a superficie libre.

La sección del canal puede tener cualquier forma, es decir, pueden utilizarse canales prismáticos o no, dependiendo de las consideraciones específicas, siempre y cuando se justifique su utilización y se usen las ecuaciones hidráulicas adecuadas.

La proyección de los canales debe ceñirse a los planes de ordenamiento territorial y las reglamentaciones asociadas en lo referente a características y localización de vías y zonas verdes aledañas a los mismos.

Ronda hidráulica y zonas de manejo ambiental

Es importante considerar las definiciones de ronda y/o zona de manejo ambiental asociadas con los cauces o canales. En particular, esto está contemplado en la legislación ambiental nacional y debe ser considerado en la reglamentación de ordenamiento y desarrollo urbano de la localidad. Estas franjas permiten ejecutar trabajos y labores de mantenimiento en el canal y deben ser incorporadas al espacio público como calzadas o zonas verdes. La selección de la sección transversal del canal debe tener en cuenta las dimensiones e importancia de las vías y las características de las zonas verdes, por cuanto éstas constituyen restricciones para su dimensionamiento.

Parámetros de diseño

Para canales revestidos, la velocidad máxima del agua no debe ser mayor que 8 m/s; si la pendiente es elevada, deben escalonarse los canales de tal forma que la energía disminuya a un valor razonable y, si es necesario, se dotarán de tanque amortiguador en la llegada, diseñado con el criterio de disipación de energía.

Los canales revestidos deben diseñarse de tal manera que los colectores marginales descarguen por encima de las aguas máximas del canal y que los aliviaderos trabajen libremente. Deben hacerse las provisiones apropiadas de borde libre. Si eventualmente el canal se construye como conducto cerrado, la profundidad máxima no debe exceder el 90 % de la altura del conducto.

En curvas horizontales deben hacerse las consideraciones apropiadas de peraltes necesarios, con las justificaciones del caso.

Cuando los canales entreguen el agua a cuerpos de agua naturales, deberá tenerse en cuenta la cota con la que debe llegar el canal para hacer el empalme.

Métodos de cálculo

Para el diseño de canales prismáticos deben utilizarse las fórmulas de flujo gradualmente variado. En ocasiones pueden usarse también modelos de flujo no permanente para el

análisis de las condiciones hidráulicas bajo diferentes escenarios hidrológicos cuando las áreas tributarias son relativamente grandes, y cuando sea necesario tener en cuenta los efectos de amortiguamiento en las redes y canales para el dimensionamiento de estos últimos.

El valor del coeficiente de rugosidad de Manning debe ser escogido de manera apropiada, teniendo en cuenta los materiales que componen el perímetro mojado y el tipo de sedimentos que pueden ser transportados por el canal. En los casos en que sea apropiado, debe estimarse el coeficiente de rugosidad medio de la sección mediante la ponderación con perímetros y/o radios hidráulicos.

Debe evitarse el flujo crítico por su inestabilidad asociada.

4.2.6 Diseño geotécnico y estructural

Diseño geotécnico

El diseño geotécnico de colectores de alcantarillado está asociado con la definición de los siguientes aspectos:

Secciones de instalación y rellenos: determinación de anchos de zanja, tipos de rellenos y grados de compactación. Dentro de los rellenos existen tres zonas bien definidas: apoyo o cimentación de la tubería, atraque (relleno que envuelve la tubería) y recubrimiento de la misma hasta encontrar el nivel del terreno.

La definición de la sección de instalación está relacionada con la profundidad a la que se coloque la tubería (trazado) y con la capacidad de la tubería de soportar cargas verticales, la cual a su vez está definida por el material y clase de la tubería.

Estructuras de soporte de excavaciones: si la profundidad, los tipos de material a excavar y el análisis de estabilidad geotécnica lo requieren, se deben diseñar entibados para el soporte temporal de excavaciones.

Diseño estructural

Se refiere a los cálculos que garanticen la estabilidad estructural de una tubería teniendo en cuenta sus dimensiones, el material de que está hecha, la profundidad de instalación, las cargas a las que estará expuesta (vías, zonas verdes) y el tipo y grado de compactación de los rellenos que conforman su sección de instalación.

Los materiales aceptados para ser utilizados en tuberías de recolección y evacuación de aguas residuales están especificados en el RAS, título D, numeral D.2.3.10, "Materiales".

Todas las consideraciones que se deben tener en cuenta en el diseño geotécnico y estructural de tuberías colectoras de aguas lluvias se presentan en forma detallada en título G del RAS.

Capítulo 5

PARÁMETROS PARA EL PLANEAMIENTO Y DISEÑO CONCEPTUAL Y DETALLADO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO COMBINADO

5.1 GENERALIDADES DE DISEÑO CONCEPTUAL Y DETALLADO

En general, los parámetros de diseño para sistemas combinados son los mismos que los correspondientes a los sistemas separados sanitario y pluvial. Su diseño debe tener en cuenta los requerimientos para los sistemas de aguas residuales y pluviales, cuya agregación lo conforman. Los capítulos D.3 y D.4 del RAS contienen estos requerimientos. Los valores máximos y mínimos que gobiernan el diseño de sistemas combinados corresponden a los de redes pluviales y sistemas sanitarios respectivamente.

La construcción de aliviaderos en sistemas combinados tiene por objeto disminuir los costos de conducción de los flujos hasta el sitio de disposición final o de tratamiento de las aguas residuales. Estas estructuras derivan parte del caudal que se supone es de escorrentía pluvial a drenajes que usualmente son naturales o a almacenamientos temporales, aliviando así los caudales conducidos por los interceptores o emisarios al sitio de disposición final, que puede ser una planta de tratamiento de aguas residuales. Dentro del diseño de sistemas de recolección y evacuación de aguas combinadas es necesario considerar el alivio de los caudales, cuyos criterios deben estar basados en el grado de dilución, las características hidrológicas de la zona, los volúmenes esperados de alivio, la capacidad de depuración del cuerpo de agua receptor de estos volúmenes, la funcionalidad hidráulica requerida y el efecto ambiental de las aguas de alivio.

Un aspecto importante que debe tenerse en cuenta en los sistemas combinados es la variación de la calidad del agua combinada en relación con el hidrograma de escorrentía pluvial. Las primeras etapas del limbo ascendente del hidrograma tienen asociado el lavado de la escorrentía superficial de las áreas de drenaje y, por tanto, tienen la mayor concentración de contaminantes urbanos. En periodos posteriores del hidrograma, las concentraciones disminuyen. Así, en el diseño de estructuras de control y alivio de caudales se debe considerar este aspecto.

La decisión de seleccionar un sistema combinado debe basarse en la comparación de costos y beneficios de alternativas (combinado frente a separado). En particular, en el caso de sistemas de saneamiento básico, el enfoque costo-eficiencia permite seleccionar la alternativa de mínimo costo.

En el caso de sistemas combinados, los costos están representados por los de instalación de redes, estructuras complementarias (dentro de las cuales están los aliviaderos), estaciones de bombeo, entre otros; además, los costos de tratamiento de las aguas no aliviadas y/o los costos asociados con la contaminación producida en los cuerpos de agua receptores de las aguas de alivio y/o de los efluentes de las plantas de tratamiento. Nótese que debe existir un punto donde se minimizan los costos totales anteriores en función de los niveles de alivio y de tratamiento, los cuales son complementarios. Finalmente, la alternativa de mínimo costo para el sistema combinado debe confrontarse con la alternativa de mínimo costo del sistema separado.

5.2 ALIVIADEROS

En sistemas combinados los aliviaderos tienen como objetivo disminuir los costos de conducción de los flujos hasta el sitio de disposición final o de tratamiento de las aguas residuales. Estas estructuras derivan parte del caudal que se supone es de escorrentía pluvial a drenajes que usualmente son naturales o a almacenamientos temporales, aliviando así los caudales conducidos por colectores, interceptores o emisarios al sitio de disposición final, que puede ser una planta de tratamiento de aguas residuales.

Los aliviaderos pueden ser laterales, transversales o de tipo vórtice, y deben permitir que el caudal de aguas residuales de tiempo seco continúe por el colector o interceptor final hasta la planta de tratamiento o lugar de disposición final; sin embargo, durante determinados eventos de precipitación y escorrentía asociada deben derivar o aliviar lo que les corresponda de aquella porción en exceso a la capacidad de la red aguas abajo o la capacidad de la planta de tratamiento.

Consideraciones para su proyección

El caudal derivado por el aliviadero es una fracción del caudal compuesto de aguas residuales y pluviales, donde los residuos sanitarios y pluviales se mezclan, de tal forma que se diluye la concentración media de las aguas residuales. En consecuencia, el caudal de alivio lleva una carga residual diluida que puede afectar el cuerpo de agua receptor. Ésta depende, entre otros factores, de las características de las aguas residuales, de las características hidrológicas de la localidad, de la calidad de la escorrentía pluvial y del comportamiento hidráulico de los aliviaderos.

El volumen y la dilución del caudal que puede ser derivado de un sistema de alcantarillado combinado y arrojado a un cauce natural, está supeditado a la capacidad que esta fuente

receptora tenga de asimilarlo; por ello será función del caudal, calidad del agua y capacidad de autodepuración del cauce receptor y de los usos del agua que se tengan aguas abajo de las descargas de los aliviados. Esto indica que las consideraciones ambientales intervienen en su proyección y que constituyen elementos importantes para su operación.

La localización de las estructuras de alivio debe estar en función de la configuración del terreno y de la posibilidad de derivar los caudales al cuerpo de agua receptor sin causar problemas de inundaciones en áreas aledañas. Estas estructuras usualmente están contenidas en pozos de inspección convencionales, aunque si esto no es posible deben concebirse estructuras especiales, cuyo diseño debe estar plenamente justificado.

El aliviadero puede ser sencillo o doble, según la longitud de vertedero requerida.

Estudios previos

Deben estudiarse los sistemas existentes de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales, de donde usualmente se genera la posibilidad de disponer de un sistema combinado como una de las alternativas que debe analizarse. Es necesario establecer las características hidrológicas de la localidad, en particular de los posibles cursos de agua receptores de los volúmenes de alivio. Las características de los eventos de precipitación que puedan generar alivio de los colectores deben ser analizadas, al igual que la distribución temporal de la escorrentía en los lugares de alivio, para cuantificar los volúmenes de agua y cargas contaminantes derivadas.

Por otra parte, las características hidráulicas, hidrológicas y de calidad de agua del curso de agua receptor, así como los tipos de usos existentes y proyectados aguas abajo de las descargas deben ser determinadas con el fin de establecer su capacidad de recepción de los volúmenes aliviados. La legislación y normatividad vigentes sobre vertimientos a cuerpos de agua receptores requieren ser compiladas y estudiadas cuidadosamente.

Parámetros de diseño

Los parámetros para el dimensionamiento de los aliviaderos son:

Caudal de alivio

El factor de dilución es la relación entre el caudal a partir del cual el aliviadero comienza a derivar agua y el caudal de aguas residuales. Este factor debe ser mayor que 1 y de su valor depende el tamaño del colector combinado y la localización del vertedero del alivio. El valor del factor de dilución está definido principalmente por la calidad de agua que puede manejar el cuerpo receptor.

El caudal a partir del cual se debe iniciar el alivio en una estructura de separación corresponde al caudal medio diario de aguas residuales multiplicado por el factor de dilución.

El caudal que se alivia será función de la magnitud de la lluvia que cae sobre el sistema y que genere caudales superiores a este valor.

Valores bajos de factores de dilución implican calidades muy contaminadas de reboses (alta concentración de aguas residuales) y aliviios más continuos, lo cual requiere una buena capacidad de asimilación de esta carga contaminante por parte del cuerpo receptor. En contraprestación, los colectores o emisarios finales serán de menor tamaño al poder aliviar frecuentemente los excesos sobre el caudal al cual se inicia el alivio.

Cuando los cuerpos receptores no tienen la capacidad de asimilar altas cargas contaminantes se deben tener valores altos de factores de dilución, y éstos deben ser entregados muy diluidos. En este caso, al no poder realizar aliviios periódicos y apreciables, los colectores y emisarios finales serán de mayor tamaño, pues deberán transportar un alto porcentaje de aguas lluvias.

En cualquiera de los casos anteriores los caudales aliviados y sus cargas contaminantes deben ser evaluados con los caudales de agua que transporta el cuerpo receptor, para verificar si cumplen con los requerimientos ambientales y sanitarios. En sistemas pequeños (complejidad baja y media) es válido asumir que la lluvia que genera aliviios también implica aumentos de caudales y niveles en la fuente receptora, en forma simultánea.

Necesariamente, un aliviadero no puede derivar aguas residuales no diluidas.

Frecuencia de aliviios

Es necesario caracterizar la frecuencia de eventos de precipitación que puedan generar escorrentía que produzca vertimientos de alivio. De esta manera puede establecerse el número esperado de veces por año que operaría el aliviadero y la influencia de sus descargas al cuerpo receptor.

Capacidad del curso o cuerpo de agua receptor de asimilar las cargas contaminantes y volúmenes de agua de alivio

La corriente o cuerpo de agua receptor debe ser caracterizado hidráulica, hidrológica y ambientalmente para establecer sus condiciones de asimilación y autodepuración. Asociados con los aliviios, deben analizarse escenarios hidrológicos en el cuerpo de agua receptor, representativos de condiciones de lluvia en la cuenca tributaria.

Comportamiento hidráulico

Desde el punto de vista hidráulico, los parámetros de diseño de estructuras de alivio corresponden, en el caso de un vertedero lateral, a la profundidad antes de la estructura, el régimen de flujo y a la longitud de vertedero, y si tiene pantalla para incrementar su capacidad, la altura de éste. En los aliviaderos transversales interesan la profundidad del flujo de aproximación, la altura del vertedero y las dimensiones del colector de salida.

El flujo en un vertedero lateral corresponde a flujo espacialmente variado. Los métodos de cálculo hidráulico para estos vertederos deben basarse en el análisis de conservación de momentum o energía entre dos secciones ubicadas aguas arriba y aguas abajo del vertedero, y en la relación entre el caudal de alivio y la longitud del mismo. En cualquier caso, los diseños hidráulicos deben estar adecuadamente apoyados con los elementos teóricos correspondientes.

Debe tenerse en cuenta que la descarga del vertedero sea libre, porque el espacio entre la cresta del vertedero y el nivel del agua del colector que transporta las aguas lluvias aliviadas debe ser al menos de 0,05 m.

En los aliviaderos transversales el vertedero de aguas de alivio debe colocarse de manera perpendicular a la dirección de flujo y derivar el colector con las aguas no aliviadas por aberturas de fondo. En este caso, el caudal de alivio se estima con base en las ecuaciones de vertederos libres de pared delgada, y el caudal no aliviado, con las ecuaciones de orificios.

Capítulo 6

EJEMPLO DE APLICACIÓN

Se asume como ejemplo para el desarrollo de esta guía el problema de drenaje de aguas servidas y pluviales que tiene el corregimiento Santana, perteneciente al municipio de Puerto Asís, en el departamento del Putumayo.

El corregimiento tiene identificados problemas de drenaje de aguas servidas y aguas pluviales, y debe estudiar alternativas de solución enmarcadas dentro de sus limitaciones presupuestales.

En la Guía RAS-005 “Diseños de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales” se analizó el problema de la recolección, transporte y disposición de las aguas servidas bajo el supuesto de que sólo se pudiera construir este sistema por limitaciones de recursos.

En esta Guía se analiza el problema de drenaje de las aguas lluvias, para definir si se requiere un sistema para su recolección y manejo; y de ser esto necesario, es conveniente definir el área que debe ser drenada y el tipo de sistema que se debe diseñar y construir. Allí cabe la posibilidad de tener un sistema pluvial separado o un sistema combinado donde se manejen las aguas lluvias con las aguas servidas.

6.1 IDENTIFICACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La zona donde se encuentra el desarrollo urbano del corregimiento de Santana tiene una topografía bastante plana con ligeras ondulaciones.

La reciente rehabilitación y optimización de su sistema de acueducto ha mejorado sustancialmente las horas de servicio del suministro de agua potable pero también ha evidenciado los problemas que le acarrea el no tener un sistema de alcantarillado de aguas servidas.

Adicionalmente, la creciente urbanización y densificación del corregimiento y la apertura de muchas calles favorecen la rápida concentración de flujos originados por los continuos

aguaceros que se presentan en la zona. Infortunadamente, por cuestiones topográficas, los caudales de aguas lluvias drenan y se concentran en tres sitios céntricos del poblado (véase plano anexo, nudos 9, 13 y 30) causando problemas al tránsito vehicular e inundando las viviendas cercanas, sin llegar a poner en peligro las vidas humanas, ya que el aumento de los niveles de inundación se produce gradualmente, permitiendo la evacuación de las zonas afectadas.

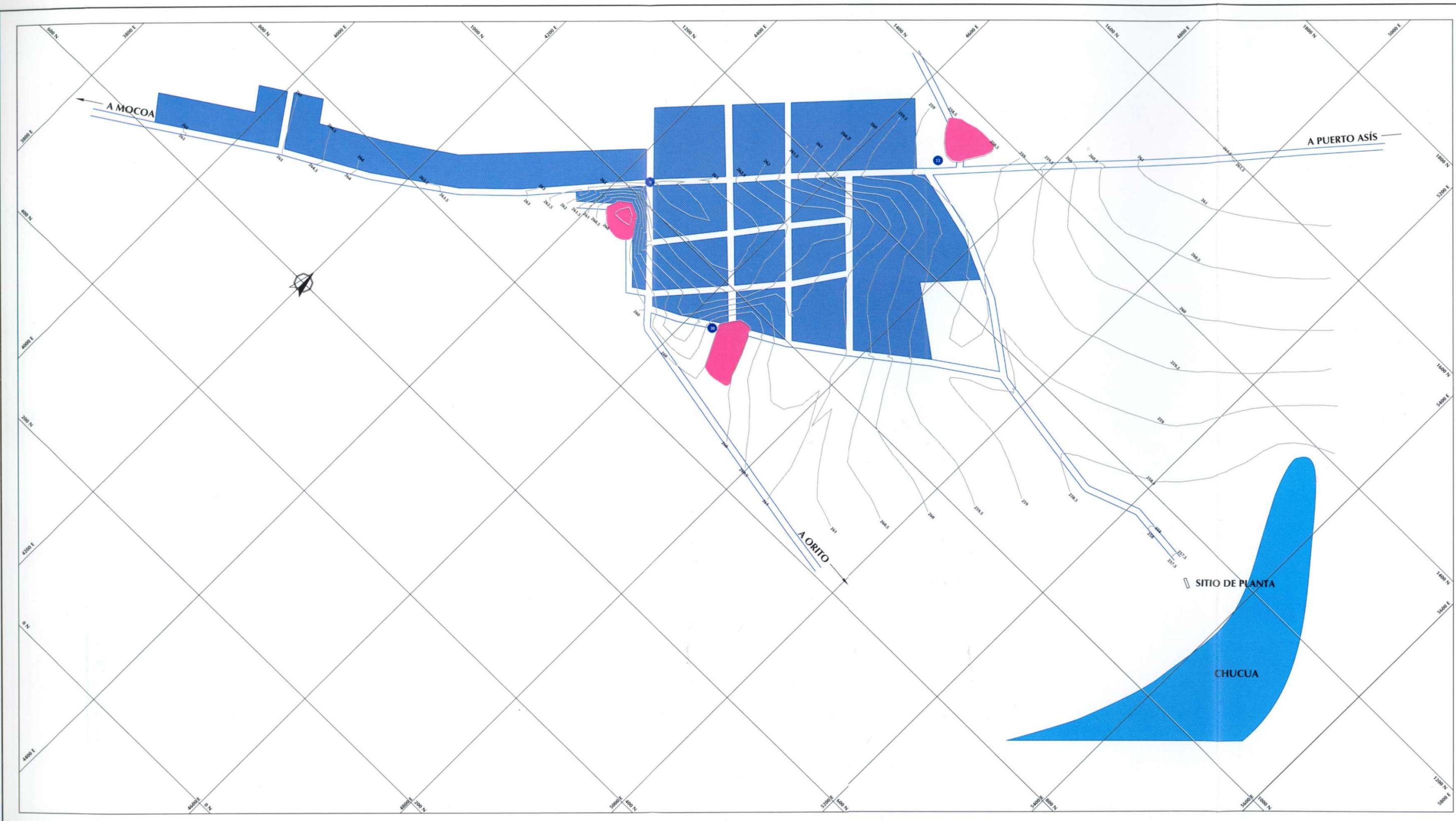
Los traumas que se presentan al tránsito vehicular son bastante sentidos por la población ya que Santana es punto de encuentro de las vías que vienen de Mocoa (capital de departamento), Puerto Asís (su principal puerto fluvial) y Orito, donde se concentra la actividad petrolera. La confluencia de estas vías y la proliferación de los servicios para el transporte de carga, camiones y buses que generan las actividades comerciales de estos tres municipios, son los motores del creciente desarrollo de Santana.

Ante los anteriores problemas, el municipio de Puerto Asís realizó la identificación y justificación del proyecto de drenaje pluvial de Santana (su principal corregimiento) y lo definió prioritario dentro de su plan de inversiones. Cumpliendo con lo especificado en los capítulos A-4 y A-5 del RAS, y apoyándose en la Guía RAS-002, estructuró una solicitud de recursos al gobierno nacional el cual se mostró interesado en apoyarlos con dineros del Plan Colombia, a través del Fondo de Inversión para la Paz (FIP). A su vez, esta entidad requirió al municipio la presentación detallada de los diseños y presupuestos de los sistemas de alcantarillado, definiendo y sustentando la necesidad de involucrar el drenaje de las aguas lluvias.

6.2 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD Y DISEÑO CONCEPTUAL

La factibilidad del proyecto de aguas lluvias debe definir la necesidad real de que una propuesta de este tipo sea implementada en atención a los altos costos que implica. Para ello se deben tratar los siguientes temas:

- Análisis del fenómeno de precipitación en el sitio del estudio definiendo aguaceros típicos en intensidad y duración.
- Análisis de áreas de drenaje, en topografía y usos del suelo, tanto para la condición actual como futura (año de diseño), con el fin de estudiar la forma y magnitud del fenómeno de escorrentía superficial y la forma de drenaje del área en estudio.
- Análisis de las corrientes y cuerpos de agua que existen en la localidad y que puedan servir como receptores de la escorrentía pluvial.
- Evaluación de mapas o niveles de riesgo de las zonas propensas a inundaciones.
- Definición de la entidad municipal responsable del servicio, sobre todo de la operación y el mantenimiento del nuevo sistema que se construye.



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA
Y DESARROLLO TERRITORIAL
DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE,
SANEAMIENTO BÁSICO Y AMBIENTAL

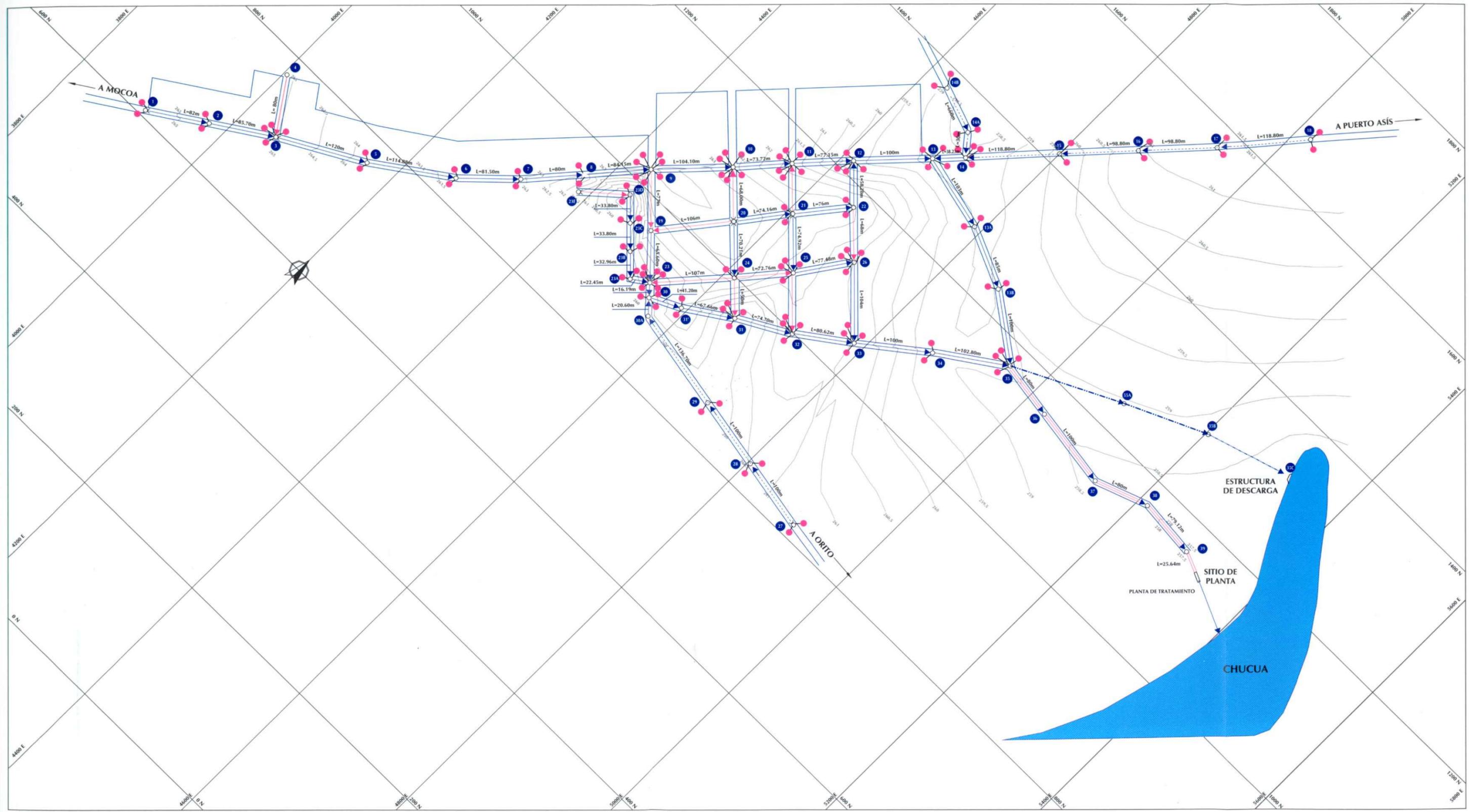
GUÍA RAS - 006
ÁREAS DESARROLLADAS
Y ZONAS DE INUNDACIÓN

CONVENCIONES

- ÁREA DESARROLLADA
- ZONA DE INUNDACIÓN
- CHUCUA
- CURVA DE NIVEL

FIGURA:
1 de 3
REVISIÓN: 0
REFERENCIA:
GUÍA-RAS 006-1
ESCALA:
1:2000

PLANTA GENERAL
ESCALA 1: 2000



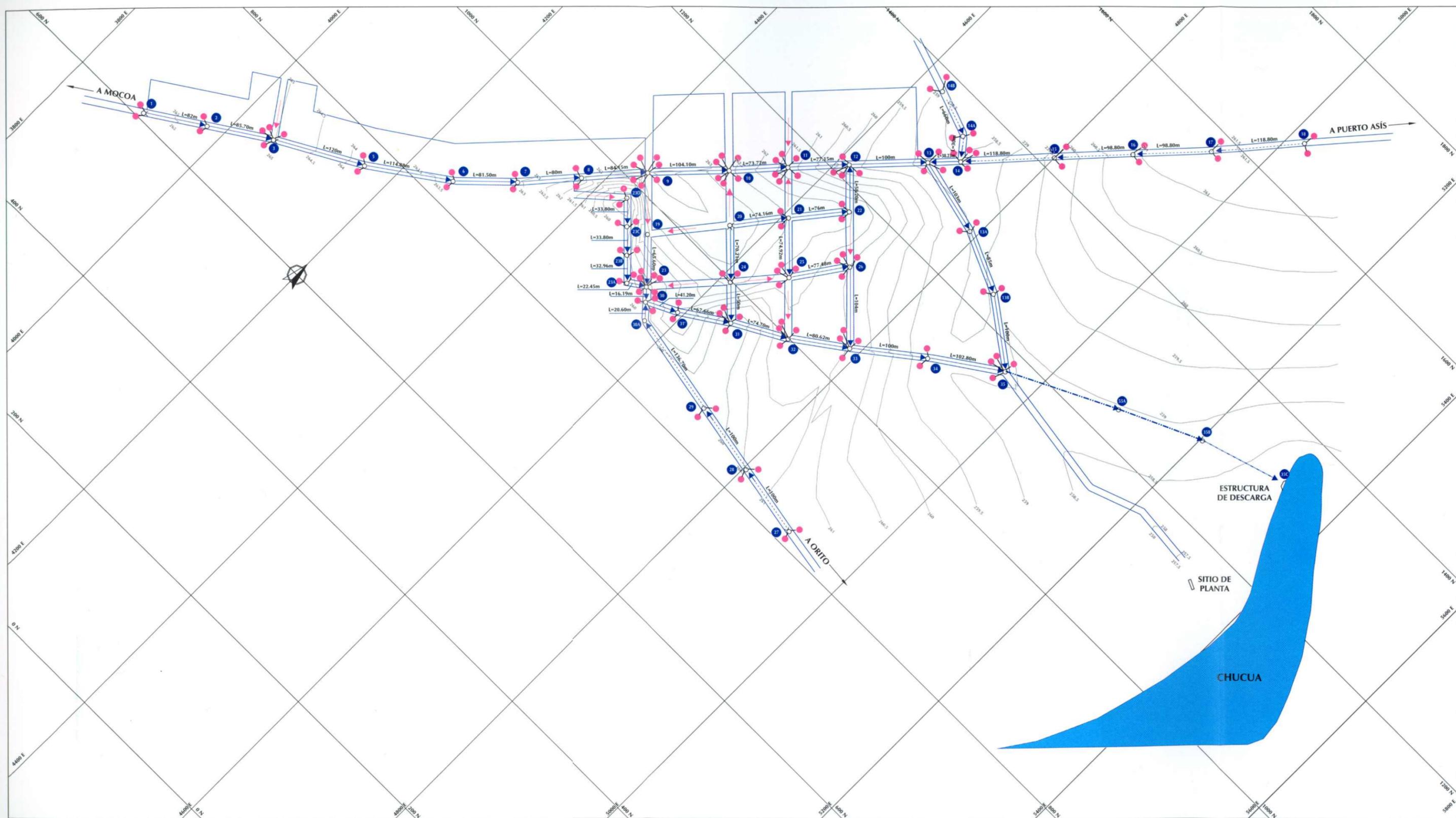
GUÍA RAS - 006
 ALCANTARILLADO AGUAS LLUVIAS
 SISTEMA DE ALCANTARILLADO COMBINADO

CONVENCIONES

- ● CÁMARA N°
- SUMIDERO
- ▶ COLECTOR COMBINADO 1ra. ETAPA
- - -▶ COLECTOR COMBINADO 2da. ETAPA
- ▶ COLECTOR COMBINADO DRENAJE SUPERFICIAL
- ▶ EMISARIO A PLANTA TRATAMIENTO
- ▶ ALIVIADERO AGUAS LLUVIAS
- CHUCUA

FIGURA:
 2 de 3
 REVISIÓN: 0
 REFERENCIA:
 GUÍA-RAS 006-2
 ESCALA:
 1:2000

PLANTA GENERAL
 ESCALA 1: 2000



MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL
DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE, SANEAMIENTO BÁSICO Y AMBIENTAL

GUÍA RAS - 006
ALCANTARILLADO AGUAS LLUVIAS
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SEPARADO

CONVENCIONES

- ● CÁMARA Nº
- SUMIDERO
- ▶ COLECTOR AGUAS LLUVIAS 1ra. ETAPA
- - -▶ COLECTOR AGUAS LLUVIAS 2da. ETAPA
- ▶ EMISARIO A PLANTA TRATAMIENTO
- - -▶ ALIVIADERO AGUAS LLUVIAS
- CHUCUA

PLANTA GENERAL
 ESCALA 1: 2000

FIGURA:
 3 de 3
 REVISIÓN: 0
 REFERENCIA:
 GUÍA-RAS 006-3
 ESCALA:
 1:2000

Conocidos los temas anteriores, se pueden plantear y evaluar alternativas de solución y definir la viabilidad técnico-económica-ambiental de las obras que se deben llevar a cabo en el proyecto de drenaje pluvial.

6.2.1 Recopilación y análisis de información existente e infraestructura de drenaje disponible

Áreas del proyecto - zonas del drenaje

A pesar de que la Oficina de Planeación del municipio de Puerto Asís no posee ningún plan de desarrollo ni ordenamiento territorial del corregimiento de Santana, sí se tiene alguna información del área urbana del corregimiento y de las densidades de vivienda y población actuales y estimativos hacia el futuro.

Existe una base cartográfica y topográfica de la zona urbana del corregimiento que muestra el trazado de las vías y que se complementa con información detallada de curvas de nivel cada 0,50 m. Sobre este plano se pueden definir las áreas de concentración de flujos que es necesario drenar.

Usos del suelo

Sobre el área desarrollada de Santana se tiene un uso del suelo en el que predomina el residencial con un uso comercial intercalado sobre las tres (3) vías de acceso o salida de la población.

La población actual (año 2002) es de alrededor de 4.600 habitantes, que viven en cerca de 1.430 viviendas y ocupan un área cercana a las 32,5 ha, lo que da una densidad promedio de 44 viv/ha. Las viviendas son de un piso (en promedio) y tienen áreas construidas entre 60-100 m² por unidad, rodeadas de amplias zonas verdes (anteparcos, solares).

Las proyecciones de la Oficina de Planeación indican que hacia el año 2017 (horizonte de diseño) tendrá una población de cerca de 7.000 habitantes, y que el área de desarrollo se habrá extendido a la totalidad del perímetro urbano actual (42,7 ha), lo que implicaría unas densidades habitacionales de 48 viv/ha, conservándose un tipo de vivienda similar al actual.

Descripción y diagnóstico de los sistemas existentes de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales

Actualmente no existen sistemas de drenaje de aguas servidas ni pluviales. La administración municipal tiene el proyecto de construir un alcantarillado para las aguas sanitarias, el cual se desarrolla y presenta en detalle en la Guía RAS-005 (véase ejemplo de aplicación).

Se debe definir la necesidad real y la posibilidad económica de realizar un proyecto de drenaje de aguas lluvias que atienda y mitigue los problemas actuales de drenaje. Igual-

mente, es necesario definir si este nuevo sistema se debe construir en forma de alcantarillado separado o eventualmente podrá construirse un alcantarillado combinado en atención a que las obras probablemente se implementarán en forma simultánea.

Entidad responsable del servicio

Aunque la responsabilidad en la construcción de las obras, recae en el municipio de Puerto Asís, es claro que no podrá hacerse cargo de la administración, operación y mantenimiento del sistema de alcantarillado pluvial que eventualmente se construya.

Los servicios de acueducto y alcantarillado sanitario (cuando se construya) están a cargo de una Junta Comunal de Usuarios que recibe apoyo de la Corregiduría y asesoría técnica de la Oficina de Infraestructura del municipio de Puerto Asís. Por tanto, en caso de construirse un sistema de alcantarillado para las aguas lluvias, no existe esquema de operación y mantenimiento diferente a esta Junta de Usuarios.

Análisis de la situación pluviométrica

No existe un registro de las lluvias en la localidad, pues no hay estaciones de medición. Los análisis regionales efectuados con la información que se encuentra en el Aeropuerto de Puerto Asís (distante a unos 20 km) indican que en la zona caen, en promedio, unos 3.000 mm de lluvia al año. En el primer semestre del año caen en promedio unos 2.000 mm mientras el segundo semestre corresponde a la época menos lluviosa (1.000 mm); el mes menos lluvioso es abril, con cerca de 650 mm, presentándose en promedio lluvias durante 20 de los 30 días del mes. En un día pueden caer hasta 80 mm, usualmente en aguaceros de corta duración (máximo 2 horas).

En la Oficina de Infraestructura de la Alcaldía de Puerto Asís se tiene una gráfica con los valores de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (I-D-F), los cuales se usan normalmente para el diseño de alcantarillados pluviales (véase figura anexa).

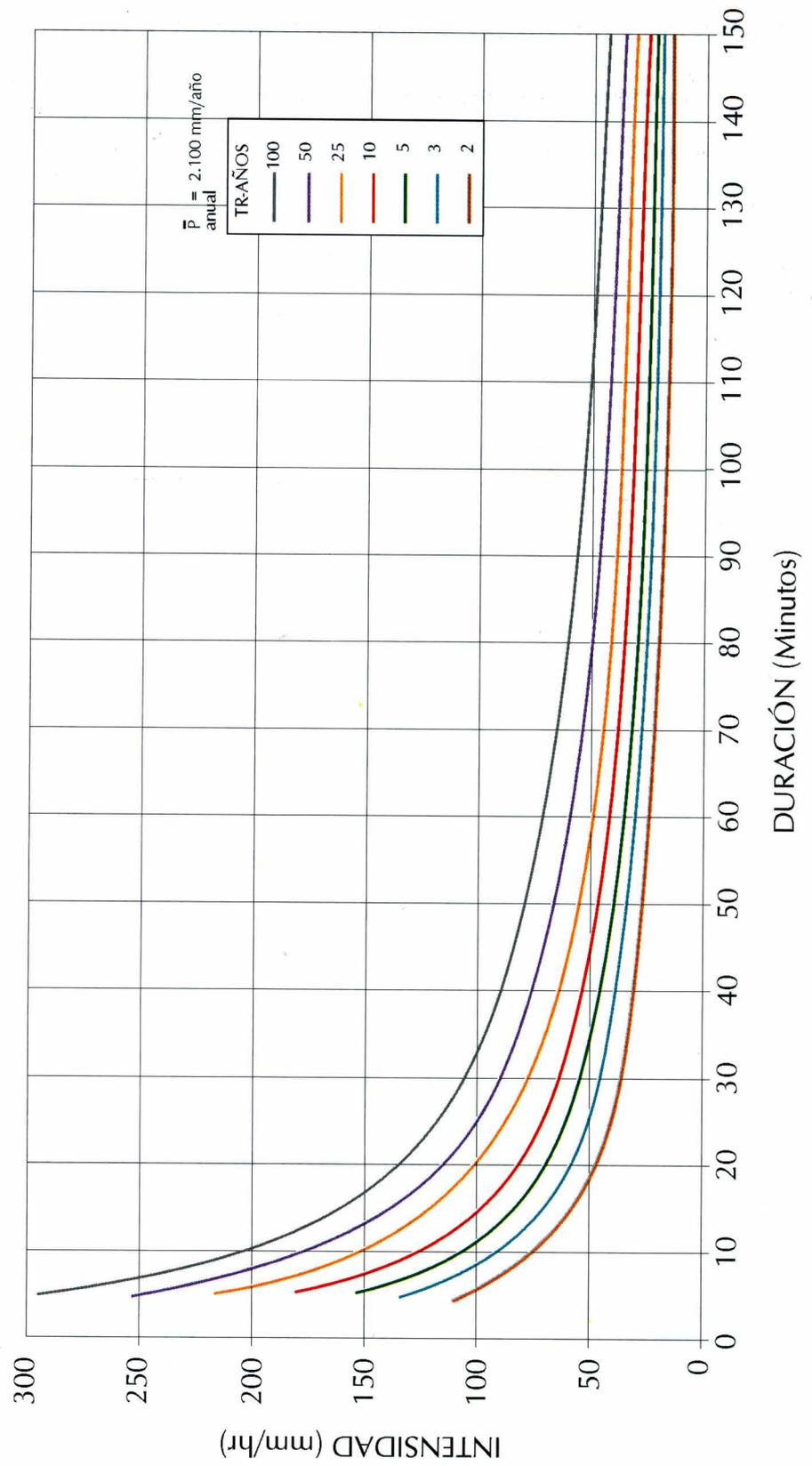
Corrientes y cuerpos de agua

En la zona desarrollada de Santana no existen corrientes, caños o quebradas de alguna magnitud que faciliten el drenaje.

Sólo a aproximadamente un kilómetro del centro de la localidad (1,5 km del punto más distante) existe una chucua o humedal que puede servir como amortiguador o cuerpo receptor final de los efluentes de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial que se prevén. Esta chucua drena a través de un pequeño caño a una quebrada de alguna magnitud. Los niveles de agua a la chucua oscilan entre las cotas 655 m.s.n.m. y 653 m.s.n.m, de acuerdo con información de pobladores cercanos y a los vestigios de inundación.

Desde el punto de vista de amortiguación la chucua cuenta con un área cercana a las dos (2) hectáreas, un volumen útil de unos 40.000 m³ y funciona como una laguna de tratamiento.

Curvas intensidad-duración-frecuencia Corregimiento de Santana- Municipio de Puerto Asís



6.2.2 Definición de criterios y parámetros básicos de diseño conceptual

Análisis de población y definición del nivel de complejidad del sistema

A partir de la información existente se determinó que la población para el año de diseño es cercana a los 7.000 habitantes. Lo anterior indica que para efectos de planeamiento y diseño de sistemas de alcantarillado éstos corresponden a un nivel de complejidad medio. La baja capacidad económica de la población corrobora la decisión de asumir este nivel de complejidad.

Periodo de análisis y planeamiento

Siguiendo las recomendaciones del RAS (tabla D.2.1) para una población pequeña no se debe planear a un horizonte de diseño mayor de 15 años. Se asume este valor, que además es el mismo para los sistemas sanitarios, el cual es conveniente sobre todo cuando una de las alternativas de solución de los problemas de drenaje pluvial es un alcantarillado combinado donde se mezclarán las aguas servidas con las lluvias.

Zonas de desarrollo y áreas de drenaje actuales y futuras

Dentro de la información recopilada en la Oficina de Planeación del municipio se obtuvieron los datos para definir los parámetros básicos de este tema:

- Población actual: 4.578 hab. y 1.430 viviendas (año 2002)
- Área de desarrollo actual: 32,5 ha
- Densidad actual: 44 viv/ha (140 hab/ha)
- Área de desarrollo futuro: 42,7 ha (perímetro urbano)
- Densidad futura: 48 viv/ha (152 hab/ha)
- Población estimada año 2017 (año de diseño): 6.942 habitantes
- Número de habitantes promedio por vivienda = 3,2 hab/viv
- Uso del suelo predominante: residencial con comercio intercalado.
- Tamaño promedio de vivienda: 60-80 m², un piso, rodeada de amplias zonas verdes.

Condiciones de drenaje actual y caudales de escorrentía

Como se mencionó, actualmente no se tiene un sistema de drenaje ni sanitario ni pluvial. Una buena parte de la precipitación se infiltra teniendo en cuenta las apreciables zonas verdes que existen; la parte restante de la lluvia se transforma en escorrentía superficial que se concentra a través de las calles aún sin pavimento (el proyecto de pavimentación sólo se implementará una vez construidos los sistemas de alcantarillado); por la topografía de la zona toda el agua de escorrentía se deposita en tres depresiones, donde se concen-

tran los problemas de afectación y obstrucción al tráfico intermunicipal, e inundación y deterioro de viviendas aledañas.

La magnitud del problema se puede cuantificar en forma aproximada, así: un aguacero de mediana intensidad 50 mm (139 l/s/ha) que dura 20 min. (periodo de retorno = 2 años) y que caiga sobre el área de drenaje de estas tres depresiones (unos 2,3 ha) produce un volumen de 3.836 m³. Asumiendo un coeficiente de escorrentía promedio actual de 0,35 se tendría un volumen de escurrimiento de 1.342 m³, aproximadamente 450 m³ hacia cada sitio de depresión. Teniendo en cuenta que el área donde se concentra dicho volumen no excede los 900 m², se tendría en cada uno de ellos una lámina de agua de unos 0,50 m en promedio. La misma operación para un aguacero de igual duración, pero con un periodo de retorno de cinco años, daría una lámina de agua de 0,70 m; y para un periodo de retorno de 10 años, daría 0,82 m.

Si pasamos a un aguacero de una hora de duración, los niveles de inundación (h) para diferentes periodos de retorno (TR) serán:

TR = 2 años	h = 0,75 m
TR = 5 años	h = 1,05 m
TR = 10 años	h = 1,27 m

Como se aprecia, éstos son valores de inundación apreciables en la medida en que paralizan el tráfico y hacen un daño apreciable a las viviendas cercanas y a los enseres existentes dentro de ellas (hoy se estima que se afectarían en forma directa unas 100 viviendas y comercio céntrico).

Las consideraciones anteriores muestran que el problema de drenaje de las aguas lluvias del corregimiento de Santana es significativo, y que amerita por lo menos a nivel de factibilidad evaluar los costos de una posible solución.

Estimación de caudales de escorrentía pluvial

Por manejarse áreas pequeñas se utilizará el método racional.

$$Q = C \times i \times A$$

A continuación se analiza cada uno de sus parámetros:

Coficiente de escorrentía (C)

En atención a que el uso típico de suelos es para viviendas rodeadas de amplias zonas verdes, se utilizará un coeficiente ponderado de 0,45 para la totalidad de las áreas desarrolladas a drenar.

Aunque hoy el valor ponderado puede ser ligeramente menor que en el año horizonte de diseño, cuando el desarrollo cubra todo el perímetro urbano, este valor se considera adecuado.

Intensidades de precipitación (i)

Como se mencionó en el numeral de información pluviométrica disponible, ésta no existe en la localidad y es necesario apelar a curvas I-D-F existentes en el municipio de Puerto Asís, distante unos 20 kilómetros de Santana. La forma de las curvas se presentó en dicho numeral. Para su rápida utilización en la hoja de cálculo de diseño hidráulico a estas curvas se les hallaron sus ecuaciones, las cuales las describen así para diferentes periodos de retorno (TR):

$$\text{Para TR} = 2 \text{ años} \quad i = 507.879 (D + 30)^{-2,36}$$

$$\text{Para TR} = 3 \text{ años} \quad i = 9.987 (D + 30)^{-1,30}$$

$$\text{Para TR} = 5 \text{ años} \quad i = 16.016 (D + 30)^{-1,38}$$

$$\text{Para TR} = 10 \text{ años} \quad i = 32.065 (D + 30)^{-1,51}$$

Periodos de retorno

Teniendo en cuenta que el sistema propuesto corresponde a nivel de complejidad medio, que el riesgo al que está expuesta la población es moderado (no se afectan vidas humanas) y que se debe plantear un proyecto muy racional desde el punto de vista económico, pues de lo contrario su construcción no será posible, se plantearon los siguientes periodos de retorno usando los valores mínimos propuestos por el RAS. (Tabla D.4.2)

Áreas menores de 10 ha, TR = 2 años

Áreas entre 10 y 100 ha, TR = 3 años

Áreas entre 100 y 1.000 ha, TR = 5 años

Áreas mayores de 1.000 ha, TR = 10 años

Para los niveles de agua en el cuerpo receptor (chucua) se utilizará un nivel de protección más conservador, esto es TR = 10 años.

Tiempos de concentración

En atención al pequeño tamaño de área a drenar, y al bajo coeficiente de escorrentía propuesto, se plantea utilizar un tiempo de concentración de 15 minutos para los pozos iniciales.

Fuente receptora de las aguas lluvias

Se utilizará la chucua, que es el único cuerpo receptor cercano para las aguas lluvias. A fin de estimar el nivel máximo de agua que se puede tener en el punto de descarga para el periodo de retorno especificado (10 años), y ante la carencia de información histórica, se recurrió al testimonio de los pobladores vecinos, a verificar en terreno señales de inundación y a constatar también en el terreno la facilidad de drenaje de la chucua ante niveles altos.

Después de estas verificaciones se estimó este nivel máximo en la cota 655 m.s.n.m. Como se mencionó, a esta cota la chucua tiene una capacidad de amortiguación de unos 40.000 metros cúbicos.

Diseño hidráulico

Para los cálculos hidráulicos se utilizó la fórmula de flujo uniforme de Manning, usando un coeficiente de rugosidad $n = 0,014$, correspondiente a una tubería de concreto prefabricada de interior liso pero con unas condiciones esperadas de pobre mantenimiento y alguna sedimentación.

Respecto a las velocidades y pendientes mínimas correspondientes, el criterio usado fue mantener velocidades mínimas del orden de 0,6 m/s para el caudal de diseño; eventualmente, en tramos iniciales se admitieron valores hasta de 0,5 m/s para no profundizar mucho la instalación de la tubería. Para el caudal de diseño se permite que los tubos funcionen a sección llena.

6.2.3 Planteamiento, evaluación y selección de alternativas

A nivel de análisis de factibilidad se plantearon tres alternativas de solución:

- Una alternativa de sistema separado que drenara la totalidad del área prevista de desarrollo al año de diseño y que corresponde exactamente al área que estará provista de alcantarillado de aguas servidas, unas 43 ha. Esta alternativa se denomina "sistema separado-opción 1".
- Una segunda alternativa de sistema separado menos ambiciosa en cuanto área de drenaje, que sólo drene las zonas estrictamente necesarias para evitar las inundaciones (en este caso sólo se drenan las áreas de las viviendas que se encuentran frente a las calles o vías existentes, obviamente se incluyen todas las zonas de depresión topográfica donde se concentra la escorrentía pluvial). En este caso se tienen unas 23 ha. Esta alternativa se denomina "sistema separado-opción 2".
- La tercera alternativa, propuesta después de conocer los resultados preliminares de las dos anteriores, corresponde a la segunda alternativa, pero propuesta como una solución de sistema combinado; esto es, involucrando las aguas servidas en aquellas zonas donde se prevé alcantarillado pluvial.

El análisis del predimensionamiento de estas tres alternativas se hace a continuación.

Alternativa 1: sistema separado opción 1

El prediseño hidráulico se presenta anexo, sus principales características, ventajas y desventajas son:

- El caudal máximo en la descarga llega a ser de $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$, valor que requiere tuberías hasta de 48" de diámetro, en atención a la topografía plana. Este diámetro se considera bastante grande para el tamaño de la población.
- A pesar de usar estos tamaños de tuberías no se logra garantizar una descarga completamente libre en el cuerpo receptor. La descarga entregaría a la cota 654,5 que corresponde a niveles medios. En época de invierno la descarga sería sumergida en los 100 metros finales del colector; la única manera de evitar lo anterior sería previendo una estación de bombeo, lo cual no se considera apropiado y económico teniendo en cuenta el tamaño de la población y su baja capacidad económica y disposición a pagar por este servicio. Esta alternativa se rechaza desde el punto de vista técnico y económico, y se costeará sólo para efectos comparativos.
- La única ventaja de esta alternativa es asegurar el drenaje pluvial de toda el área que tendrá alcantarillado de aguas servidas (43 ha), lo cual garantiza que sobre la zona desarrollada no se tendrá ningún tipo de inundación para aguaceros de periodos de retorno moderados (2 y 3 años); para periodos de retorno mayores pueden existir algunas inundaciones que serán puntuales y momentáneas.
- El costo de construir esta alternativa asciende a la suma de \$4.008 millones de pesos (véase detalle anexo) y no incluye la posible estación de bombeo. Este valor se sale de toda lógica de inversión, pues implicaría una inversión promedio de \$40.1 millones de pesos por cada una de las 100 viviendas afectadas por inundaciones, valor que supera los daños que se causan y que adicionalmente supera el valor de muchas de las viviendas, sino de todas. Este proyecto implicaría una inversión cercana a los \$572.000 por cada uno de los 7.000 habitantes de Santana.

GUÍA RAS-006
SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
ALTERNATIVA SISTEMA SEPARADO- OPCIÓN 1
DISEÑO HIDRÁULICO Y GEOMÉTRICO

$$I = C1 * (d + X0)^{C2}$$

De	a	Área ha	Tr. años	I. concentr.		Intens. L/ha/S	Coefic.	Q. Dis. lt/s	Long. m	Pend. %	Díam. "	Q/Q0	Vr m/s	C1		Y m	F	D
				Incr.	Total									TR	C2			
1	2	1,80	2	1,24	15,00	176,97	0,45	143,3	82,00	0,50	16,00	1,00	1,16	0,35	0,57	0,42		
2	3	2,66	2	1,47	16,24	165,95	0,45	198,6	85,70	0,25	20,00	1,01	1,03	0,44	0,45	0,53		
3	5	5,16	2	1,44	17,71	178,91	0,45	415,4	120,00	0,40	24,00	1,03	1,47	0,53	0,58	0,66		
5	6	6,36	2	1,13	19,15	172,12	0,45	492,6	114,88	0,60	24,00	0,99	1,79	0,52	0,73	0,62		
6	7	7,18	2	0,74	20,28	167,13	0,45	540,0	81,50	0,70	24,00	1,01	1,94	0,53	0,78	0,64		
7	8	7,98	2	0,66	21,02	163,98	0,45	588,9	80,00	0,85	24,00	1,00	2,13	0,52	0,86	0,62		
8	9	8,82	2	0,80	21,68	161,27	0,45	640,1	84,15	0,55	27,00	0,98	1,85	0,58	0,71	0,68		
9	10	9,70	2	0,94	22,47	158,10	0,45	690,1	104,10	0,60	27,00	1,02	1,95	0,59	0,73	0,73		
10	11	10,91	3	0,62	23,42	183,68	0,45	901,8	73,72	0,60	30,00	1,00	2,08	0,66	0,75	0,79		
11	12	12,00	3	0,60	24,04	180,76	0,45	976,1	77,15	0,70	30,00	1,00	2,25	0,66	0,81	0,79		
12	13	14,59	3	0,92	24,64	178,02	0,45	1168,8	100,00	0,40	36,00	0,98	1,91	0,77	0,64	0,90		
13	13-A	21,59	3	0,67	25,56	173,98	0,45	1690,3	103,00	0,80	36,00	1,00	2,71	0,79	0,89	0,94		
13-A	13-B	22,44	3	0,65	26,23	171,13	0,45	1728,1	85,00	0,50	40,00	0,98	2,28	0,86	0,73	1,00		
13-B	35	23,44	3	0,76	26,88	168,44	0,45	1776,7	100,00	0,50	40,00	1,00	2,30	0,87	0,72	1,06		
35	36	40,74	3	0,52	27,64	165,37	0,45	3031,7	80,00	0,55	48,00	1,01	2,73	1,05	0,77	1,27		
36	37	41,74	3	0,62	28,16	163,35	0,45	3068,2	100,00	0,60	48,00	0,97	2,82	1,03	0,82	1,19		
37	38	42,14	3	0,49	28,78	160,98	0,45	3052,8	80,00	0,60	48,00	0,97	2,82	1,03	0,83	1,18		
38	39	42,54	3	0,49	29,27	159,14	0,45	3046,3	79,12	0,60	48,00	0,97	2,82	1,03	0,83	1,18		
39	RIO	42,67	3	0,16	29,76	157,34	0,45	3021,2	25,64	0,60	48,00	0,96	2,81	1,02	0,83	1,16		

De	a	Q0	V0	Caída tramo		Cota clave		Caída tramo		Cota rasante		Recubrimiento		Energía Espec.	V2/2G m	Yc m	Hw	Hc
				Sup.	Inf.	Sup.	Inf.	Sup.	Inf.	Sup.	Inf.							
1	2	142,7	1,10	0,41	63,65	63,24	0,41	64,7	65,17	1,05	1,93	0,42	0,07	0,27	0,63	0,39		
2	3	197,0	0,97	0,21	63,31	63,10	0,21	65,17	65,02	1,86	1,92	0,49	0,05	0,30	0,67	0,43		
3	5	405,1	1,39	0,48	63,17	62,69	0,48	65,02	63,80	1,85	1,11	0,64	0,11	0,42	0,98	0,61		
5	6	496,2	1,70	0,69	62,66	61,97	0,69	63,80	63,43	1,14	1,46	0,68	0,16	0,46	1,13	0,68		
6	7	535,9	1,84	0,57	61,94	61,37	0,57	63,43	63,10	1,49	1,73	0,72	0,19	0,48	1,22	0,72		
7	8	590,6	2,02	0,68	61,34	60,66	0,68	63,10	62,86	1,76	2,20	0,75	0,23	0,50	1,37	0,72		
8	9	650,4	1,76	0,46	60,70	60,24	0,46	62,86	63,42	2,16	3,18	0,76	0,17	0,51	1,23	0,75		
9	10	679,3	1,84	0,62	60,21	59,58	0,62	63,42	62,65	3,21	3,07	0,79	0,19	0,53	1,32	0,79		
10	11	899,6	1,97	0,44	59,63	59,19	0,44	62,65	61,29	3,02	2,10	0,88	0,22	0,59	1,47	0,88		
11	12	971,7	2,13	0,54	59,16	58,62	0,54	61,29	59,72	2,13	1,10	0,91	0,26	0,61	1,57	0,93		
12	13	1194,4	1,82	0,40	58,74	58,34	0,40	59,72	58,86	0,98	0,52	0,96	0,18	0,64	1,50	0,93		
13	13-A	1689,2	2,57	0,82	58,31	57,48	0,82	58,86	59,00	0,55	1,52	1,16	0,37	0,77	2,15	0,93		
13-A	13-B	1768,6	2,18	0,43	57,55	57,13	0,42	59,00	59,02	1,45	1,89	1,13	0,27	0,76	1,84	1,12		
13-B	35	1768,6	2,18	0,50	57,10	56,60	0,50	59,02	59,15	1,92	2,55	1,14	0,27	0,77	1,89	1,14		
35	36	3016,4	2,58	0,44	56,77	56,33	0,44	59,15	58,62	2,38	2,29	1,43	0,38	0,96	2,43	1,44		
36	37	3150,5	2,70	0,60	56,30	55,70	0,60	58,62	58,37	2,32	2,67	1,44	0,41	0,97	2,45	1,45		
37	38	3150,5	2,70	0,48	55,67	55,19	0,48	58,37	58,22	2,70	3,03	1,43	0,40	0,96	2,44	1,45		
38	39	3150,5	2,70	0,47	55,16	54,68	0,47	58,22	57,43	3,06	2,75	1,43	0,40	0,96	2,44	1,45		
39	RIO	3150,5	2,70	0,15	54,65	54,50	0,15	57,43	57,43	2,78	2,93	1,42	0,40	0,96	2,42	1,44		
						55,00												

GUÍA RAS-006

SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
ALTERNATIVA SISTEMA SEPARADO- OPCIÓN 1
DISEÑO HIDRÁULICO Y GEOMÉTRICO

$$I = C1 * (d + X0)^{C2}$$

De	a	Área ha	Tr. años	T. concentr.		Intens. L/ha/S	Coefic. l/s	Q. Dis. l/s	Long. m	Pend. %	Díam. "	Q/Q0	Vr m/s	F		
				Incr.	Total									Y	X0	C2
19	23	1,51	2	0,49	15,00	176,97	0,45	120,3	65,60	3,00	12,00	0,74	2,15	0,22	1,51	0,21
23	30	3,81	2	0,24	15,49	190,35	0,45	326,4	16,19	0,20	30,00	0,63	1,05	0,50	0,51	0,43
30	31'	8,11	2	0,53	15,73	189,07	0,45	690,0	41,20	0,20	36,00	0,82	1,28	0,70	0,49	0,69
31'	31	8,45	2	0,98	16,26	186,24	0,45	708,2	67,66	0,16	36,00	0,94	1,19	0,76	0,41	0,84
31	32	10,06	3	1,04	17,24	217,62	0,45	985,2	74,70	0,15	40,00	1,02	1,27	0,88	0,39	1,08
32	33	11,49	3	1,09	18,28	211,16	0,45	1091,8	80,62	0,15	42,00	0,99	1,30	0,91	0,40	1,08
33	34	15,50	3	0,90	19,37	204,77	0,45	1428,2	100,00	0,28	48,00	0,66	1,72	0,82	0,64	0,73
34	35	16,52	3	0,87	20,28	199,70	0,45	1484,6	102,80	0,32	48,00	0,65	1,83	0,81	0,69	0,71
27	28	2,00	2	1,16	15,00	176,97	0,45	159,3	100,00	0,85	16,00	0,86	1,44	0,32	0,81	0,33
28	29	3,00	2	0,93	16,16	166,63	0,45	225,0	100,00	0,85	20,00	0,62	1,64	0,33	0,98	0,29
29	30-A	4,00	2	2,08	17,09	181,98	0,45	327,6	136,70	0,25	24,00	1,02	1,16	0,53	0,46	0,66
30-A	30	4,15	2	0,32	19,17	172,05	0,45	321,3	20,60	0,24	24,00	1,02	1,14	0,53	0,45	0,66
23-E	23-D	0,60	2	0,50		460,76	0,45	124,4	68,70	3,20	12,00	0,74	2,22	0,22	1,56	0,21
23-D	23-C	0,94	2	0,56	0,50	443,18	0,45	187,5	33,80	0,27	20,00	0,92	1,04	0,41	0,49	0,45
23-C	23-B	1,28	2	0,51	1,06	424,63	0,45	244,6	33,80	0,25	24,00	0,76	1,07	0,45	0,52	0,42
23-B	23-A	1,61	2	0,50	1,57	408,51	0,45	296,0	32,96	0,25	24,00	0,92	1,13	0,50	0,49	0,55
23-A	23	1,61	2	0,34	2,07	393,62	0,45	285,2	22,45	0,25	24,00	0,89	1,12	0,49	0,50	0,52

De	a	Q0	V0	Caída		Cota clave		Caída		Cota rasante		Recubrimiento		Energía V2/2G		Yc	Hw	Hc
				tramo	tramo	Sup.	Inf.	tramo	tramo	Sup.	Inf.	Sup.	Inf.	Espec.	m			
19	23	162,3	2,22	1,97	60,07	58,10	1,97	62,12	60,47	2,05	2,37	0,45	0,23	0,27	0,75			
23	30	519,4	1,14	0,03	58,37	58,34	0,03	60,47	60,09	2,10	1,75	0,55	0,06	0,35	0,73	0,48		
30	31'	844,6	1,29	0,08	58,76	58,68	0,08	60,09	59,68	1,33	1,00	0,78	0,08	0,48	1,04	0,68		
31'	31	755,4	1,15	0,11	58,80	58,69	0,11	59,68	61,46	0,88	2,77	0,83	0,07	0,49	1,06	0,69		
31	32	968,7	1,19	0,11	58,66	58,55	0,11	61,46	61,39	2,80	2,84	0,96	0,08	0,57	1,23	0,80		
32	33	1103,3	1,23	0,12	58,62	58,50	0,12	61,39	60,96	2,77	2,46	1,00	0,09	0,59	1,23	0,80		
33	34	2152,2	1,84	0,28	58,52	58,24	0,28	60,96	59,20	2,44	0,96	0,97	0,15	0,65	1,40	0,91		
34	35	2300,8	1,97	0,33	58,36	58,03	0,33	59,2	59,15	0,84	1,12	0,98	0,17	0,66	1,43	0,93		
27	28	186,0	1,43	0,85	60,23	59,38	0,85	61,39	60,55	1,16	1,17	0,42	0,11	0,29	0,68	0,42		
28	29	363,2	1,79	0,85	59,75	58,90	0,85	60,55	59,50	0,80	0,60	0,47	0,14	0,32	0,73	0,46		
29	30-A	320,3	1,10	0,34	58,97	58,63	0,34	59,5	60,23	0,53	1,60	0,60	0,07	0,37	0,73	0,46		
30-A	30	313,8	1,08	0,05	58,70	58,65	0,05	60,23	60,09	1,53	1,44	0,60	0,07	0,37	0,82	0,52		
23-E	23-D	167,6	2,30	2,20	60,70	58,50	2,20	61,77	59,50	1,07	1,00	0,47	0,25	0,28	0,79			
23-D	23-C	204,7	1,01	0,09	58,77	58,68	0,09	59,5	59,70	0,73	1,02	0,47	0,05	0,29	0,65	0,42		
23-C	23-B	320,3	1,10	0,08	58,85	58,77	0,08	59,7	59,89	0,85	1,12	0,50	0,06	0,32	0,69	0,45		
23-B	23-A	320,3	1,10	0,08	58,84	58,75	0,08	59,89	59,54	1,05	0,79	0,56	0,07	0,35	0,77	0,50		
23-A	23	320,3	1,10	0,06	58,72	58,67	0,06	59,54	60,47	0,82	1,80	0,55	0,06	0,35	0,76	0,49		

GUÍA RAS-006
SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
ALTERNATIVA SISTEMA SEPARADO- OPCIÓN 1
DISEÑO HIDRÁULICO Y GEOMÉTRICO

$$I = C1 * (d + X0)^{C2}$$

De	a	Área ha	Tr. años	T. concentr.		Intens. L/ha/S	Coefic.	Q. Dis. lt/s	Long. m	Pend. %	Diám. "	Q/Q0	Vr m/s	TR		
				Incr.	Total									C1	X0	C2
18	17	2,20	2	1,32	15,00	176,97	0,45	175,2	118,80	0,60	20,00	0,57	1,35	0,31	0,83	0,27
17	16	3,20	2	1,05	16,32	185,96	0,45	267,8	98,80	0,65	20,00	0,84	1,57	0,39	0,79	0,40
16	15	4,20	2	0,89	17,37	180,61	0,45	341,4	98,80	0,90	20,00	0,91	1,89	0,41	0,90	0,45
15	14	5,40	2	0,98	18,26	176,28	0,45	428,4	118,80	0,85	24,00	0,73	1,94	0,43	0,98	0,40
14	13	6,00	2	0,56	19,24	171,74	0,45	463,7	38,23	0,20	30,00	0,89	1,16	0,61	0,46	0,65
20	21	0,53	2	0,81	15,00	176,97	0,45	42,2	74,16	1,40	12,00	0,38	1,20	0,15	1,13	0,12
21	22	1,06	2	0,90	15,81	169,64	0,45	80,9	76,00	1,20	12,00	0,79	1,38	0,23	0,94	0,22
22	12	1,59	2	0,45	16,71	162,02	0,45	115,9	58,20	2,80	12,00	0,74	2,07	0,22	1,46	0,20
21	25	0,60	2	0,89	15,00	176,97	0,45	47,8	74,92	1,20	12,00	0,47	1,18	0,17	1,03	0,13
25	26	1,22	2	0,92	15,89	169,00	0,45	92,8	77,48	1,20	12,00	0,90	1,44	0,25	0,89	0,26
26	33	2,05	2	1,41	16,81	161,28	0,45	148,8	104,00	0,40	20,00	0,60	1,11	0,32	0,68	0,28
20	24	0,62	2	0,83	15,00	176,97	0,45	49,4	70,21	1,20	12,00	0,48	1,19	0,17	1,03	0,14
24	31	1,08	2	0,46	15,83	169,48	0,45	82,4	50,31	2,00	12,00	0,62	1,66	0,20	1,28	0,17

De	a	Q0	V0	Caída		Cota clave		Caída		Cota rasante		Recubrimiento		Energía V2/2G		Yc	Hw	Hc
				tramo	tramo	Sup.	Inf.	tramo	tramo	Sup.	Inf.	Sup.	Inf.	Espec.	m			
18	17	305,1	1,51	0,71	60,94	60,23	61,94	61,34	0,71	61,94	61,34	1,00	1,11	0,41	0,09	0,28	0,62	0,40
17	16	317,6	1,57	0,64	60,18	59,54	61,34	60,94	0,64	61,34	60,94	1,16	1,40	0,52	0,13	0,35	0,83	0,51
16	15	373,7	1,84	0,89	59,50	58,61	60,94	59,63	0,89	60,94	59,63	1,44	1,02	0,60	0,18	0,40	1,01	0,60
15	14	590,6	2,02	1,01	58,62	57,61	59,63	58,61	1,01	59,63	58,61	1,01	1,00	0,62	0,19	0,43	1,01	0,62
14	13	519,4	1,14	0,08	57,57	57,50	58,61	58,86	0,08	58,61	58,86	1,04	1,36	0,68	0,07	0,42	0,90	0,58
20	21	110,8	1,52	1,04	62,34	61,30	63,34	62,48	1,04	63,34	62,48	1,00	1,18	0,22	0,07	0,16	0,34	0,22
21	22	102,6	1,41	0,91	61,30	60,39	62,48	62,06	0,91	62,48	62,06	1,18	1,67	0,32	0,10	0,22	0,53	0,32
22	12	156,7	2,15	1,63	60,36	58,73	62,06	59,72	1,63	62,06	59,72	1,70	0,99	0,44	0,22	0,27	0,72	
21	25	102,6	1,41	0,90	61,48	60,58	62,48	61,75	0,90	62,48	61,75	1,00	1,17	0,24	0,07	0,17	0,37	0,24
25	26	102,6	1,41	0,93	60,58	59,65	61,75	60,99	0,93	61,75	60,99	1,17	1,34	0,35	0,11	0,24	0,42	0,24
26	33	249,1	1,23	0,42	59,64	59,23	60,99	60,96	0,42	60,99	60,96	1,35	1,73	0,38	0,06	0,26	0,56	0,36
20	24	102,6	1,41	0,84	62,28	61,44	63,28	62,62	0,84	63,28	62,62	1,00	1,18	0,24	0,07	0,17	0,37	0,24
24	31	132,5	1,82	1,01	61,41	60,40	62,62	61,46	1,01	62,62	61,46	1,21	1,06	0,34	0,14	0,22	0,54	0,33

GUÍA RAS-006
SISTEMAS DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
ALTERNATIVA SISTEMA SEPARADO-OPCIÓN 1
CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
1	EXCAVACIONES	m ³	17.500	8.000	140.000.642
2	ENTIBADOS DISCONTINUOS DE MADERA	ml	2.500	17.000	42.500.000
3	RELLENOS				
3.1	Recebo para cimentación de tubería	m ³	4.286	20.000	85.722.368
3.2	Relleno seleccionado de la excavación para cubrir la tubería	m ³	10.730	10.000	107.299.912
4	RETIRO Y DISPOSICIÓN DE SOBRANTES	m ³	6.770	12.000	81.241.067
5	CONCRETO PARA RECUBRIMIENTO Y CIMENTACIÓN DE TUBERÍAS	m ³	5.098	250.000	1.274.493.828
6	INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO				
6.1	De concreto sin refuerzo, diámetro 12"	m	616	8.800	5.417.104
6.2	De concreto sin refuerzo, diámetro 16"	m	182	10.500	1.911.000
6.3	De concreto sin refuerzo, diámetro 20"	m	640	19.000	12.158.100
6.4	De concreto con refuerzo, diámetro 24"	m	762	32.000	24.374.080
6.5	De concreto con refuerzo, diámetro 27"	m	188	34.000	6.400.500
6.6	De concreto con refuerzo, diámetro 30"	m	204	42.000	8.559.180
6.7	De concreto con refuerzo, diámetro 36"	m	309	51.000	15.751.860
6.8	De concreto con refuerzo, diámetro 40"	m	258	61.000	15.750.200
6.9	De concreto con refuerzo, diámetro 42"	m	79	65.000	5.142.800
6.10	De concreto con refuerzo, diámetro 48"	m	565	80.000	45.164.800
			3.802		
7	SUMINISTRO DE TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO				
7.1	De concreto sin refuerzo, diámetro 12"	m	616	27.200	16.743.776
7.2	De concreto sin refuerzo, diámetro 16"	m	182	43.325	7.885.150
7.3	De concreto sin refuerzo, diámetro 20"	m	640	74.000	47.352.600
7.4	De concreto con refuerzo, diámetro 24"	m	762	124.000	94.449.560
7.5	De concreto con refuerzo, diámetro 27"	m	188	192.000	36.144.000
7.6	De concreto con refuerzo, diámetro 30"	m	204	230.000	46.871.700
7.7	De concreto con refuerzo, diámetro 36"	m	309	305.000	94.202.300
7.8	De concreto con refuerzo, diámetro 40"	m	258	380.000	98.116.000
7.9	De concreto con refuerzo, diámetro 42"	m	79	404.000	31.964.480
7.10	De concreto con refuerzo, diámetro 48"	m	565	500.000	282.280.000

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
8	POZOS DE INSPECCIÓN				
8.1	Tapa en concreto para pozo de inspección	un	47	580.000	27.260.000
8.2	Pozo en mampostería, en D= 1.20 m, espesor = 0.25m de 1 a 2 metros de altura	un	15	600.000	9.000.000
8.3	Pozo en mampostería, en D= 1.20 m, espesor = 0.25m de 2 a 4 metros de altura	un	16	1.600.000	25.600.000
8.4	Pozo en mampostería, en D= 1.50 m, espesor = 0.25m de 2 a 4 metros de altura		16	2.000.000	32.000.000
8.5	Base y cañuela	un	47	300.000	14.100.000
9	ACOMETIDAS				
9.1	En concreto simple, de D= 8" y 6 metros de largas	un	2.250	200.000	450.000.000
10	SUMIDEROS, CON TUBERÍA CONEXIÓN 12"	un	60	350.000	21.000.000
	SUBTOTAL				3.206.857.007
	A.I.U (25%)				801.714.252
	COSTO TOTAL				4.008.571.259

Alternativa 2: sistema separado opción 2

Sobre esta alternativa se tienen los siguientes comentarios (véase cuadro de prediseño hidráulico):

- Al drenar sólo el área estrictamente necesaria cuya escorrentía se dirige a las 3 zonas bajas propensas a las inundaciones (23 ha) el caudal de diseño se reduce a $1,36 \text{ m}^3/\text{s}$ y el diámetro del colector en su tramo final es de 36".
- El trazado es más superficial y puede descargar plenamente a flujo libre en la chucua que funciona como cuerpo receptor.
- Se da una solución completa al problema de inundaciones por aguaceros de periodos de retorno hasta de tres años; para periodos mayores se pueden tener algunas concentraciones de flujos que generen niveles de inundación pero en proporciones mínimas respecto a los problemas actuales, y será por periodos de tiempo muy cortos.
- El costo de esta alternativa asciende a la suma de \$1.722 millones de pesos (véase detalle en el numeral 6.3), que aunque no puede considerarse económico sí es más manejable que la alternativa 1. El costo de construcción por habitante sería de aproximadamente \$246.000 y, si se tienen en cuenta únicamente las 100 viviendas afectada directamente por inundación el costo sería de \$17.22 millones por vivienda, el cual en muchos casos sobrepasa el valor real de las viviendas existentes.

Alternativa 3: sistema combinado opción 2

Esta alternativa trata de optimizar económicamente la alternativa 2, proponiendo juntar la construcción del alcantarillado de aguas servidas previsto y el alcantarillado pluvial que aquí se analiza, usando la opción de un alcantarillado del tipo combinado. A partir del prediseño hidráulico que se anexa se puede concluir que:

- Los caudales de diseño no se aumentan sustancialmente respecto a la alternativa 2, sólo llega a $1,65 \text{ m}^3/\text{s}$ (se incrementa sólo un 20%); por lo mismo, los diámetros máximos no se aumentan de manera considerable.
- El presupuesto del sistema combinado asciende a la suma de \$1.750 millones (ver detalle numeral 6.3), que es bastante inferior a la suma de los dos sistemas de alcantarillado separados: \$1.722 millones (pluvial) más \$403 millones (sanitario simplificado) que suman \$2.125 millones. Por tanto, es una alternativa que debe ser analizada cuidadosamente.

A partir de los resultados anteriores, y teniendo en cuenta los grados de protección que ofrece cada alternativa y sus costos asociados, se sugiere analizar a nivel de diseño la alternativa de sistema combinado-opción 2, que drena sólo la parte más afectada de la localidad. Sin embargo, para tener con una comparación final se diseñará también en de-

talle la alternativa de sistema separado–opción 2, que corresponde a un sistema de drenaje de aguas lluvias que cubre sólo las zonas más propensas a las inundaciones.

6.3 DISEÑO DETALLADO DE LAS ALTERNATIVAS SELECCIONADAS

En este numeral se presentan los diseños detallados de las dos alternativas posibles de implementación: la alternativa 2 que corresponde a un sistema pluvial separado, y la alternativa 3 que corresponde a un sistema combinado que integre el drenaje de las aguas lluvias con el drenaje de las aguas servidas.

6.3.1 Alternativa de sistema pluvial separado

Se presenta anexa la siguiente información de su diseño detallado:

- Plano general de planta, con trazado de colectores, ubicación de sumideros y nomenclatura de la red de colectores y pozos de inspección.
- Tabla de cálculos hidráulicos y diseño geométrico (pendientes y recubrimientos).
- Tabla de cantidades de obra para la instalación de las tuberías, incluye: excavaciones, materiales para cimentación, materiales para rellenos y volúmenes de sobrantes a disponer.
- Resúmenes de longitudes de tuberías por diámetros.
- Cuadro resumen de cantidades de obra, precios unitarios y presupuesto.

Esta alternativa se debe construir en 2 etapas, teniendo en cuenta el desarrollo actual. En una primera etapa se construye toda la zona central densamente poblada, dejando para la segunda etapa los ramales: nudos 18 a 13 y nudos 27 a 30, que corresponden a la zona de desarrollo futuro.

El costo de este sistema separado que cubre sólo la zona estrictamente necesaria para evitar inundaciones de alguna magnitud (23 ha) asciende a la suma de \$1.722 millones de pesos que deben sumarse a los \$403 millones que cuesta realizar la alternativa más económica de drenaje de aguas servidas que corresponde a un sistema simplificado.

La relación beneficio–costo de esta alternativa de solución del drenaje pluvial no muestra que el proyecto sea factible pues la inversión por habitante es bastante alta, unos \$246.000 por habitante teniendo en cuenta la población futura. Estos valores se salen del presupuesto del municipio de Puerto Asís, que realiza la inversión.

Sin embargo, aún de existir los recursos, habría otras necesidades (pavimentación, salud, educación) en donde esta inversión probablemente produzca mayores beneficios y bienestar a la comunidad.

Desde el punto de vista de operación y mantenimiento, tener dos sistemas separados va a hacer que se tengan unos rubros anuales de inversión mayores que al tener un único sistema, lo anterior se puede agravar por el hecho de que la administración del sistema la

GUÍA RAS-006

**SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
ALTERNATIVA SISTEMA SEPARADO- OPCIÓN 2
DISEÑO HIDRÁULICO Y GEOMÉTRICO**

$$I = C1 * (d + X0)^{C2}$$

De	a	Área ha	Tr. años	T. concentr. Incr.	Intens. L/ha/S	Coefic. lt/s	Q. Dis. lt/s	Long. m	Pend. %	Díam. "	Q/Q0	Vr m/s	TR		
													C1	X0	C2
1	2	0,35	2	2,75	176,97	0,45	27,9	82,00	0,15	12,00	0,77	0,48	507879,00	30,00	-2,36
2	3	0,65	2	2,23	153,86	0,45	45,0	85,70	0,25	12,00	0,96	0,67	9798,00	30,00	-1,30
3	5	1,45	2	2,88	138,18	0,45	90,2	120,00	0,20	16,00	1,00	0,73	16016,00	30,00	-1,38
5	6	1,85	2	2,25	121,09	0,45	100,8	114,88	0,30	16,00	0,91	0,87			
6	7	2,15	2	1,59	109,75	0,45	106,2	81,50	0,30	16,00	0,96	0,89			
7	8	2,45	2	1,45	102,61	0,45	113,1	80,00	0,35	16,00	0,95	0,95			
8	9	2,75	2	1,52	96,67	0,45	119,6	84,15	0,35	16,00	1,00	0,97			
9	10	3,15	2	1,21	133,79	0,45	189,6	104,10	0,85	16,00	1,02	1,52			
10	11	3,75	2	0,72	130,34	0,45	220,0	73,72	1,20	16,00	1,00	1,79			
11	12	4,25	2	0,68	128,36	0,45	245,5	77,15	1,50	16,00	0,99	2,00			
12	13	5,45	2	1,06	126,56	0,45	310,4	100,00	0,65	20,00	0,98	1,64			
13	13-A	8,05	2	1,11	123,80	0,45	448,5	103,00	0,50	24,00	0,99	1,63			
13-A	13-B	8,45	2	0,91	121,05	0,45	460,3	85,00	0,50	24,00	1,02	1,64			
13-B	35	8,85	2	1,64	118,85	0,45	473,3	100,00	0,16	30,00	1,02	1,08			
35	35-A	22,55	3	0,82	134,40	0,45	1363,8	100,00	0,50	36,00	1,02	2,16			
35-A	35-B	22,95	3	0,82	132,16	0,45	1364,9	100,00	0,50	36,00	1,02	2,16			
35-B	RIO	23,20	3	0,82	129,99	0,45	1357,0	100,00	0,50	36,00	1,02	2,15			

De	a	Q0	V0	Caída		Cota clave		Caída		Cola rasante		Recubrimiento		Energía V2/2G		Yc	Hw	Hc
				tramo	tramo	Sup.	Inf.	tramo	tramo	Sup.	Inf.	Sup.	Inf.	Sup.	Inf.			
1	2	36,3	0,50	0,12	63,65	63,53	0,12	64,7	65,17	1,05	1,64	0,24	0,01	0,13	0,26	0,17		
2	3	46,8	0,64	0,21	63,50	63,28	0,21	65,17	65,02	1,67	1,74	0,28	0,02	0,16	0,35	0,23		
3	5	90,2	0,70	0,24	63,35	63,11	0,24	65,02	63,80	1,67	0,69	0,38	0,03	0,21	0,46	0,30		
5	6	110,5	0,85	0,34	63,08	62,74	0,34	63,80	63,43	0,72	0,69	0,37	0,04	0,23	0,50	0,32		
6	7	110,5	0,85	0,24	62,71	62,46	0,24	63,43	63,10	0,72	0,64	0,38	0,04	0,23	0,51	0,33		
7	8	119,4	0,92	0,28	62,43	62,15	0,28	63,10	62,86	0,67	0,71	0,38	0,05	0,24	0,53	0,34		
8	9	119,4	0,92	0,29	62,12	61,83	0,29	62,86	63,42	0,74	1,59	0,40	0,05	0,25	0,56	0,35		
9	10	186,0	1,43	0,88	61,80	60,91	0,88	63,42	62,65	1,62	1,74	0,47	0,12	0,32	0,79	0,47		
10	11	221,0	1,70	0,88	60,88	60,00	0,88	62,65	61,29	1,77	1,29	0,51	0,16	0,34	0,94	0,47		
11	12	247,1	1,90	1,16	59,97	58,81	1,16	61,29	59,72	1,32	0,91	0,55	0,20	0,36	1,00	0,57		
12	13	317,6	1,57	0,65	58,88	58,23	0,65	59,72	58,86	0,84	0,63	0,57	0,14	0,38	0,93	0,57		
13	13-A	452,9	1,55	0,52	58,30	57,79	0,52	58,86	59,00	0,56	1,21	0,66	0,14	0,44	1,04	0,64		
13-A	13-B	452,9	1,55	0,43	57,76	57,33	0,42	59,00	59,02	1,24	1,69	0,67	0,14	0,44	1,07	0,65		
13-B	35	464,6	1,02	0,16	57,45	57,29	0,16	59,02	59,15	1,57	1,86	0,72	0,06	0,42	0,91	0,59		
35	35-A	1335,4	2,03	0,50	57,41	56,91	0,50	59,15	58,80	1,74	1,89	1,03	0,24	0,69	1,70	1,03		
35-A	35-B	1335,4	2,03	0,50	56,88	56,38	0,50	58,80	58,80	1,92	2,42	1,03	0,24	0,69	1,70	1,03		
35-B	RIO	1335,4	2,03	0,50	56,35	55,85	0,50	58,80	58,80	2,45	2,95	1,03	0,24	0,69	1,69	1,02		
						55,50												

GUÍA RAS-006

**SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
ALTERNATIVA SISTEMA SEPARADO- OPCIÓN 2
DISEÑO HIDRÁULICO Y GEOMÉTRICO**

$$I = C1 * (d + X0)^{C2}$$

De	a	Área ha	Tr. años	I. concentr. Incr.	Intens. L/ha/S	Coefic. Q. Dis.	Long. m	Pend. %	Diam. "	Q/Q0	Vr m/s	IR		
												C1	X0	C2
19	23	1,50	2	0,54	176,97	0,45	65,60	2,50	12,0	0,81	2,01	0,23	1,35	0,23
23	30	3,80	2	0,17	190,09	0,45	16,19	0,70	20,0	0,99	1,71	0,43	0,76	0,51
30	31'	5,65	2	0,60	189,20	0,45	41,20	0,20	30,0	0,93	1,17	0,63	0,45	0,68
31'	31	5,99	2	0,99	186,00	0,45	67,66	0,20	30,0	0,97	1,19	0,64	0,44	0,73
31	32	7,60	2	0,89	180,95	0,45	74,70	0,30	30,0	0,97	1,46	0,64	0,54	0,74
32	33	9,03	2	0,83	176,61	0,45	80,62	0,40	30,0	0,98	1,69	0,65	0,62	0,75
33	34	12,03	3	0,98	206,78	0,45	100,00	0,35	36,0	1,00	1,79	0,79	0,59	0,94
34	35	13,03	3	0,94	201,21	0,45	102,80	0,40	36,0	0,99	1,91	0,78	0,64	0,92
27	28	0,40	2	2,37	176,97	0,45	100,00	0,30	12,0	0,62	0,64	0,20	0,50	0,17
28	29	0,80	2	1,45	156,78	0,45	100,00	0,80	12,0	0,67	1,08	0,21	0,80	0,19
29	30-A	1,20	2	3,78	146,00	0,45	136,70	0,15	16,0	1,01	0,64	0,35	0,31	0,43
30-A	30	1,35	2	0,57	122,43	0,45	20,60	0,15	16,0	0,95	0,63	0,34	0,32	0,38
23-E	23-D	0,60	2	0,50	176,97	0,45	68,70	3,20	12,0	0,29	1,67	0,12	1,74	0,09
23-D	23-C	0,94	2	0,94	172,43	0,45	33,80	0,15	16,0	0,93	0,62	0,33	0,33	0,37
23-C	23-B	1,28	2	0,72	164,34	0,45	33,80	0,25	16,0	0,94	0,80	0,34	0,42	0,37
23-B	23-A	1,50	2	0,64	158,45	0,45	32,96	0,30	16,0	0,97	0,89	0,34	0,45	0,39
23-A	23	1,61	2	0,44	153,45	0,45	22,45	0,30	16,0	1,01	0,90	0,35	0,44	0,42

De	a	Q0	V0	Caída		Cota clave		Cota rasante	Recubrimiento		Energía Espec.	V2/2G	Yc	Hw	Hc	
				tramo	tramo	Sup.	Inf.		Sup.	Inf.						m
19	23	148,1	2,03	1,64	60,20	58,56	1,64	62,12	60,47	1,92	1,91	0,44	0,21	0,27	0,75	
23	30	329,6	1,63	0,11	58,73	58,62	0,11	60,47	60,09	1,74	1,47	0,58	0,15	0,39	0,97	0,58
30	31'	519,4	1,14	0,08	58,84	58,75	0,08	60,09	59,68	1,25	0,93	0,70	0,07	0,42	0,92	0,60
31'	31	519,4	1,14	0,14	58,72	58,59	0,14	59,68	61,46	0,96	2,87	0,71	0,07	0,43	0,95	0,61
31	32	636,1	1,39	0,22	58,56	58,33	0,22	61,46	61,39	2,90	3,06	0,75	0,11	0,48	1,09	0,69
32	33	734,5	1,61	0,32	58,30	57,98	0,32	61,39	60,96	3,09	2,98	0,79	0,14	0,52	1,22	0,76
33	34	1117,3	1,70	0,35	58,10	57,75	0,35	60,96	59,20	2,86	1,45	0,95	0,16	0,62	1,45	0,90
34	35	1194,4	1,82	0,41	57,72	57,31	0,41	59,2	59,15	1,48	1,84	0,97	0,19	0,64	1,51	0,93
						57,29										
27	28	51,3	0,70	0,30	60,00	59,70	0,30	61,39	60,55	1,39	0,85	0,22	0,02	0,14	0,29	0,19
28	29	83,8	1,15	0,80	59,67	58,87	0,80	60,55	59,50	0,88	0,63	0,27	0,06	0,18	0,41	0,26
29	30-A	78,1	0,60	0,21	58,94	58,73	0,21	59,5	60,23	0,56	1,50	0,37	0,02	0,20	0,43	0,28
30-A	30	78,1	0,60	0,03	58,70	58,67	0,03	60,23	60,09	1,53	1,42	0,36	0,02	0,19	0,41	0,27
23-E	23-D	167,6	2,30	2,20	61,10	58,90	2,20	61,77	59,50	0,67	0,60	0,27	0,14	0,17	0,37	0,24
23-D	23-C	78,1	0,60	0,05	58,97	58,92	0,05	59,5	59,70	0,53	0,78	0,35	0,02	0,19	0,41	0,27
23-C	23-B	100,9	0,78	0,08	58,89	58,81	0,08	59,7	59,89	0,81	1,08	0,37	0,03	0,22	0,48	0,31
23-B	23-A	110,5	0,85	0,10	58,78	58,68	0,10	59,89	59,54	1,11	0,86	0,38	0,04	0,23	0,51	0,33
23-A	23	110,5	0,85	0,07	58,65	58,58	0,07	59,54	60,47	0,89	1,89	0,39	0,04	0,24	0,53	0,34

GUÍA RAS-006
SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
ALTERNATIVA SISTEMA SEPARADO- OPCIÓN 2
DISEÑO HIDRÁULICO Y GEOMÉTRICO

$$I = C1 * (d + X0)^{C2}$$

De	a	Área ha	Tr. años	T. concentr.		Intens. L/ha/S	Coefic.	Q. Dis. lt/s	Long. m	Pend. %	Diám. "	Q/Q0	Vr m/s	F		
				Incr.	Total									Y	X0	C2
18	17	0,60	2	1,99	15,00	176,97	0,45	47,8	118,80	0,60	12,00	0,66	0,93	0,20	0,69	0,18
17	16	1,00	2	1,66	16,99	159,78	0,45	71,9	98,80	0,60	12,00	0,99	1,05	0,26	0,60	0,31
16	15	1,40	2	1,67	18,65	147,24	0,45	92,8	98,80	0,40	16,00	0,73	0,94	0,29	0,58	0,27
15	14	1,90	2	1,90	20,32	135,94	0,45	116,2	118,80	0,45	16,00	0,86	1,05	0,32	0,59	0,33
14	13	2,20	2	0,61	22,22	124,57	0,45	123,3	38,23	0,45	16,00	0,91	1,07	0,33	0,57	0,36
20	21	0,53	2	0,81	15,00	176,97	0,45	42,2	74,16	1,40	12,00	0,38	1,20	0,15	1,13	0,12
21	22	1,06	2	0,90	15,81	169,64	0,45	80,9	76,00	1,20	12,00	0,79	1,38	0,23	0,94	0,22
22	12	1,59	2	0,45	16,71	162,02	0,45	115,9	58,20	2,80	12,00	0,74	2,07	0,22	1,46	0,20
21	25	0,60	2	0,89	15,00	176,97	0,45	47,8	74,92	1,20	12,00	0,47	1,18	0,17	1,03	0,13
25	26	1,22	2	0,92	15,89	169,00	0,45	92,8	77,48	1,20	12,00	0,90	1,44	0,25	0,89	0,26
26	33	2,05	2	1,50	16,81	161,28	0,45	148,8	104,00	0,55	16,00	0,99	1,21	0,35	0,60	0,41
20	24	0,62	2	0,83	15,00	176,97	0,45	49,4	70,21	1,20	12,00	0,48	1,19	0,17	1,03	0,14
24	31	1,08	2	0,46	15,83	169,48	0,45	82,4	50,31	2,00	12,00	0,62	1,66	0,20	1,28	0,17

De	a	Q0	V0	Caída		Cola clave		Caída tramo	Cola rasante		Recubrimiento		Energía Espec. m	V2/2G m	Yc m	Hw	Hc
				Sup.	Inf.	Sup.	Inf.		Sup.	Inf.	Sup.	Inf.					
18	17	72,6	0,99	0,71	60,94	60,23	0,71	61,94	61,34	1,00	1,11	0,25	0,04	0,17	0,37	0,24	
17	16	72,6	0,99	0,59	60,20	59,60	0,59	61,34	60,94	1,14	1,34	0,32	0,06	0,21	0,48	0,30	
16	15	127,6	0,98	0,40	59,17	58,78	0,40	60,94	59,63	1,77	0,85	0,33	0,05	0,22	0,47	0,31	
15	14	135,3	1,04	0,53	59,05	58,51	0,53	59,63	58,61	0,58	0,10	0,38	0,06	0,24	0,54	0,35	
14	13	135,3	1,04	0,17	58,48	58,31	0,17	58,61	58,86	0,13	0,55	0,39	0,06	0,25	0,57	0,36	
						58,30											
20	21	110,8	1,52	1,04	62,34	61,30	1,04	63,34	62,48	1,00	1,18	0,22	0,07	0,16	0,34	0,22	
21	22	102,6	1,41	0,91	61,57	60,66	0,91	62,48	62,06	0,91	1,40	0,32	0,10	0,22	0,53	0,32	
22	12	156,7	2,15	1,63	60,63	59,00	1,63	62,06	59,72	1,43	0,72	0,44	0,22	0,27	0,72		
						58,88											
21	25	102,6	1,41	0,90	61,48	60,58	0,90	62,48	61,75	1,00	1,17	0,24	0,07	0,17	0,37	0,24	
25	26	102,6	1,41	0,93	60,85	59,92	0,93	61,75	60,99	0,90	1,07	0,35	0,11	0,24	0,60	0,36	
26	33	149,6	1,15	0,57	59,89	59,32	0,57	60,99	60,96	1,10	1,64	0,42	0,08	0,28	0,65	0,40	
						58,1											
20	24	102,6	1,41	0,84	62,28	61,44	0,84	63,28	62,62	1,00	1,18	0,24	0,07	0,17	0,37	0,24	
24	31	132,5	1,82	1,01	61,41	60,40	1,01	62,62	61,46	1,21	1,06	0,34	0,14	0,22	0,54	0,33	
						58,56											

GUÍA RAS-006**SISTEMAS DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS****ALTERNATIVA SISTEMA SEPARADO-OPCIÓN 2****CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO**

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
1	EXCAVACIONES	m ³	10.434	8.000	83.474.103
2	ENTIBADOS DISCONTINUOS DE MADERA	ml	2.500	17.000	42.500.000
3	RELLENOS				
3.1	Recebo para cimentación de tubería	m ³	511	20.000	10.216.713
3.2	Relleno seleccionado de la excavación para cubrir la tubería	m ³	8.732	10.000	87.323.970
4	RETIRO Y DISPOSICIÓN DE SOBRAINTES	m ³	1.702	12.000	20.422.392
5	CONCRETO PARA RECUBRIMIENTO DE TUBERÍAS	m ³	584	250.000	145.913.588
6	INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO				
6.1	De concreto sin refuerzo, diámetro 12"	m	1.183	8.800	10.409.344
6.2	De concreto sin refuerzo, diámetro 16"	m	1.354	10.500	14.217.420
6.3	De concreto sin refuerzo, diámetro 20"	m	114	19.000	2.162.010
6.4	De concreto con refuerzo, diámetro 24"	m	186	32.000	5.939.200
6.5	De concreto con refuerzo, diámetro 30"	m	357	42.000	14.980.560
6.6	De concreto con refuerzo, diámetro 36"	m	495	47.000	23.279.100
			3.688		
7	SUMINISTRO DE TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO				
7.1	De concreto sin refuerzo, diámetro 12"	m	1.198	27.200	32.598.656
7.2	De concreto sin refuerzo, diámetro 16"	m	1.366	43.325	59.183.683
7.3	De concreto sin refuerzo, diámetro 20"	m	115	74.000	8.509.260
7.4	De concreto con refuerzo, diámetro 24"	m	186	124.000	23.014.400
7.5	De concreto con refuerzo, diámetro 30"	m	363	230.000	83.416.400
7.6	De concreto con refuerzo, diámetro 36"	m	498	305.000	151.981.500
8	POZOS DE INSPECCION				
8.1	Tapa en concreto para pozo de inspección	un	43	580.000	24.940.000
8.2	Pozo en mampostería, en D= 1.20 m, espesor = 0.25m de 1 a 2 metros de altura	un	24	600.000	14.400.000
8.3	Pozo en mampostería, en D= 1.20 m, espesor = 0.25m de 2 a 4 metros de altura	un	8	1.600.000	12.800.000
8.4	Pozo en mampostería, en D= 1.50 m, espesor = 0.25m de 2 a 4 metros de altura		11	2.000.000	22.000.000
8.5	Base y cañuela	un	43	300.000	12.900.000

Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
9	ACOMETIDAS				
9.1	En concreto simple, de D= 8" y 6 metros de largas	un	2.250	200.000	450.000.000
10	SUMIDEROS, CON TUBERÍA CONEXIÓN 12"	un	60	350.000	21.000.000
	SUBTOTAL				1.377.582.298
	A.I.U (25%)				344.395.575
	COSTO TOTAL				1.721.977.873

realiza una Junta Comunal, la cual únicamente recibe una pequeña cuota de cada usuario por el servicio de acueducto, y en la población no se aprecia una capacidad suficiente de pago y una disposición a cubrir las cuotas que originarían la prestación de los dos nuevos servicios. A continuación se presenta un plano de diseño, el cálculo hidráulico y el presupuesto detallado. En el anexo 2 (pág. 101) aparecen los cálculos detallados de cantidades de obra, áreas de drenaje y caudales de diseño.

6.3.2 Alternativa de sistema combinado

Para esta alternativa se presentan los mismos documentos de diseño descritos para la alternativa de sistema separado de aguas lluvias.

El presupuesto del sistema combinado asciende a la suma de \$1.750 millones, que es bastante inferior a la suma de los dos sistemas de alcantarillado separados: \$1.722 millones (pluvial) más \$403 millones (sanitario simplificado), que suman \$2.125 millones.

Aunque los costos de esta alternativa son más moderados (se logra con una inversión de \$250.000 por habitante una solución a los problemas de manejo de aguas servidas) sigue siendo alta para una población de este tamaño. Probablemente el municipio, ante escasez de recursos, deba conformarse con construir únicamente un sistema para el manejo de las aguas servidas.

Con la implementación del sistema combinado se hacen unas economías importantes en cuanto a operación y mantenimiento, ya que sólo existe un alcantarillado de mayor tamaño, que equivaldría a tener el sistema de aguas servidas solamente.

Si hacia el futuro se tuviere previsto algún tratamiento de las aguas residuales, en el nudo 35 del trazado propuesto se instalaría una estructura de separación que limitaría el caudal que ingrese al sistema de tratamiento al pico horario de las aguas servidas, descargándose los caudales de excesos originados por las aguas lluvias directamente a la chucua que, por su apreciable volumen, se convierten en un cuerpo amortiguador de los picos de caudales pluviales, y que ante la eventual descarga de una parte de las aguas servidas podría tratarlas, ya que funciona como una laguna aeróbica de tratamiento.

GUÍA RAS-006
SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
ALTERNATIVA SISTEMA COMBINADO- OPCIÓN 2
DISEÑO HIDRÁULICO Y GEOMÉTRICO

$$I = C1 * (d + X0)^{C2}$$

De	a	Área ha	Tr. años	T. concentr.		Intens. L/ha/S	Coefic.	Q. Dis. lt/s	Long. m	Pend. %	Diám. "	Q/Q0	Vr m/s	Y m	F	C1		X0	C2	
				Incr.	Total											TR	C2			
1	2	0,35	2	2,75	15,00	176,97	0,45	34,9	82,00	0,15	12,00	0,96	0,52	0,26	0,31	0,29	2	507879,00	30,00	-2,36
2	3	0,65	2	2,03	17,75	153,86	0,45	52,1	85,70	0,30	12,00	1,01	0,74	0,26	0,42	0,32	3	9798,00	30,00	-1,30
3	5	1,45	2	2,62	19,78	139,46	0,45	97,5	120,00	0,24	16,00	0,99	0,80	0,35	0,40	0,41	5	16016,00	30,00	-1,38
5	6	1,85	2	2,29	22,40	123,53	0,45	108,2	114,88	0,29	16,00	1,00	0,88	0,35	0,44	0,42				
6	7	2,15	2	1,54	24,69	111,69	0,45	113,7	81,50	0,32	16,00	1,00	0,93	0,35	0,46	0,42				
7	8	2,45	2	1,43	26,23	104,59	0,45	120,8	80,00	0,36	16,00	1,00	0,98	0,35	0,49	0,42				
8	9	2,75	2	1,43	27,66	98,57	0,45	128,0	84,15	0,40	16,00	1,00	1,04	0,35	0,51	0,42				
9	10	3,15	2	1,12	29,09	135,49	0,45	198,8	104,10	1,00	16,00	0,99	1,63	0,35	0,82	0,41				
10	11	3,75	2	0,69	30,21	132,23	0,45	230,2	73,72	1,30	16,00	1,00	1,87	0,35	0,92	0,42				
11	12	4,25	2	1,01	30,90	130,28	0,45	256,6	77,15	0,43	20,00	0,99	1,34	0,43	0,60	0,52				
12	13	5,45	2	1,04	31,91	127,53	0,45	323,7	100,00	0,68	20,00	1,00	1,69	0,44	0,75	0,52				
13	13-A	8,05	2	1,08	32,95	124,79	0,45	467,6	103,00	0,52	24,00	1,01	1,67	0,53	0,67	0,64				
13-A	13-B	8,45	2	0,87	34,03	122,05	0,45	480,1	85,00	0,55	24,00	1,01	1,72	0,53	0,69	0,64				
13-B	35	8,85	2	1,54	34,90	119,93	0,45	493,9	100,00	0,18	30,00	1,00	1,14	0,66	0,41	0,79				
35	36	22,55	3	1,32	36,44	135,92	0,45	205,4	80,00	0,27	20,00	1,00	1,07	0,44	0,47	0,53				
36	37	22,95	3	1,62	37,76	132,28	0,45	210,0	100,00	0,28	20,00	1,01	1,09	0,44	0,48	0,53				
37	38	23,20	3	1,25	39,39	128,03	0,45	211,8	80,00	0,30	20,00	0,98	1,12	0,43	0,50	0,50				
38	39	23,20	3	1,24	40,64	124,91	0,45	213,7	79,12	0,30	20,00	0,99	1,12	0,43	0,50	0,51				
39	PTAR	23,20	3	0,40	41,88	121,95	0,45	214,3	25,64	0,30	20,00	0,99	1,12	0,43	0,50	0,52				

De	a	Q0	V0	Caída		Cola clave		Caída tramo	Cola rasante		Recubrimiento		Energía Espec. m	V2/2G m	Yc m	Hw	Hc
				tramo	Sup.	Inf.	Sup.		Inf.	Sup.	Inf.						
1	2	36,3	0,50	0,12	63,65	63,53	0,12	64,7	65,17	1,05	1,64	0,27	0,01	0,14	0,30	0,20	
2	3	51,3	0,70	0,26	63,50	63,24	0,26	65,17	65,02	1,67	1,78	0,29	0,03	0,18	0,39	0,25	
3	5	98,8	0,76	0,29	63,31	63,02	0,29	65,02	63,80	1,71	0,78	0,38	0,03	0,22	0,49	0,31	
5	6	108,6	0,84	0,33	62,99	62,66	0,33	63,80	63,43	0,81	0,77	0,39	0,04	0,24	0,52	0,33	
6	7	114,1	0,88	0,26	62,63	62,37	0,26	63,43	63,10	0,80	0,73	0,39	0,04	0,24	0,54	0,34	
7	8	121,0	0,93	0,29	62,34	62,05	0,29	63,10	62,86	0,76	0,81	0,40	0,05	0,25	0,56	0,36	
8	9	127,6	0,98	0,34	62,02	61,68	0,34	62,86	63,42	0,84	1,74	0,40	0,05	0,26	0,58	0,37	
9	10	201,7	1,56	1,04	61,65	60,61	1,04	63,42	62,65	1,77	2,04	0,48	0,14	0,32	0,82	0,49	
10	11	230,0	1,77	0,96	60,58	59,62	0,96	62,65	61,29	2,07	1,67	0,53	0,18	0,35	0,99	0,49	
11	12	258,3	1,27	0,33	59,69	59,36	0,33	61,29	59,72	1,60	0,36	0,53	0,09	0,35	0,80	0,50	
12	13	324,8	1,60	0,68	59,33	58,65	0,68	59,72	58,86	0,39	0,21	0,58	0,15	0,39	0,97	0,58	
13	13-A	461,9	1,58	0,54	58,72	58,19	0,54	58,86	59,00	0,14	0,81	0,67	0,14	0,45	1,08	0,66	
13-A	13-B	475,1	1,63	0,47	58,16	57,69	0,47	59,00	59,02	0,84	1,33	0,68	0,15	0,45	1,10	0,67	
13-B	35	492,7	1,08	0,18	57,81	57,63	0,18	59,02	59,15	1,21	1,52	0,72	0,07	0,43	0,94	0,61	
35	36	204,7	1,01	0,22	57,35	57,13	0,22	59,15	58,62	1,80	1,49	0,49	0,06	0,31	0,69	0,44	
36	37	208,4	1,03	0,28	57,10	56,82	0,28	58,62	58,37	1,52	1,55	0,50	0,06	0,31	0,70	0,44	
37	38	215,8	1,06	0,24	56,79	56,55	0,24	58,37	58,22	1,58	1,67	0,49	0,06	0,31	0,70	0,45	
38	39	215,8	1,06	0,24	56,52	56,29	0,24	58,22	57,43	1,70	1,14	0,50	0,06	0,31	0,70	0,45	
39	PTAR	215,8	1,06	0,08	56,26	56,18	0,08	57,43	57,43	1,17	1,25	0,50	0,06	0,31	0,71	0,45	
					56,18												

GUÍA RAS-006
SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
ALTERNATIVA SISTEMA COMBINADO- OPCIÓN 2
DISEÑO HIDRÁULICO Y GEOMÉTRICO

$$I = C1 * (d + X0)^{C2}$$

De	a	Área ha	Tr. años	T. concentr.		Intens. L/ha/S	Coefic.	Q. Dis. lt/s	Long. m	Pend. %	Díam. "	Q/Q0	Vr m/s	TR			
				Incr.	Total									C1	X0	C2	
19	23	1,50	2	0,54	15,00	176,97	0,45	126,4	65,60	2,50	12,0	0,85	2,04	0,24	1,32	0,24	2,36
23	30	3,80	2	0,22	15,54	190,09	0,45	332,2	16,19	0,30	24,0	0,95	1,25	0,51	0,53	0,57	-1,30
30	31'	5,65	2	0,64	15,76	188,88	0,45	488,8	41,20	0,18	30,0	0,99	1,14	0,65	0,41	0,77	-1,38
31'	31	5,99	2	0,99	16,40	185,53	0,45	509,4	67,66	0,20	30,0	0,98	1,19	0,65	0,44	0,76	
31	32	7,60	2	0,89	17,39	180,50	0,45	628,3	74,70	0,30	30,0	0,99	1,47	0,65	0,53	0,77	
32	33	9,03	2	0,83	18,28	176,18	0,45	728,3	80,62	0,40	30,0	0,99	1,69	0,65	0,62	0,77	
33	34	12,03	3	0,98	19,12	206,25	0,45	1133,5	100,00	0,35	36,0	1,01	1,80	0,79	0,58	0,97	
34	35	13,03	3	0,94	20,10	200,71	0,45	1194,7	102,80	0,40	36,0	1,00	1,92	0,79	0,63	0,94	
27	28	0,40	2	2,37	15,00	176,97	0,45	38,9	100,00	0,30	12,0	0,76	0,68	0,22	0,48	0,21	
28	29	0,80	2	1,84	17,37	156,78	0,45	63,5	100,00	0,50	12,0	0,96	0,95	0,26	0,56	0,29	
29	30-A	1,20	2	3,45	19,21	143,32	0,45	86,0	136,70	0,18	16,0	1,01	0,70	0,35	0,34	0,42	
30-A	30	1,35	2	0,55	22,66	122,13	0,45	81,6	20,60	0,16	16,0	1,01	0,66	0,35	0,32	0,43	
23-E	23-D	0,60	2	0,52	15,00	176,97	0,45	54,6	68,70	2,90	12,0	0,34	1,68	0,14	1,64	0,11	
23-D	23-C	0,94	2	0,91	15,52	172,20	0,45	79,8	33,80	0,16	16,0	0,99	0,65	0,35	0,33	0,41	
23-C	23-B	1,28	2	0,72	16,43	164,38	0,45	101,6	33,80	0,25	16,0	1,01	0,82	0,35	0,40	0,42	
23-B	23-A	1,50	2	0,61	17,15	158,48	0,45	113,9	32,96	0,34	16,0	0,97	0,95	0,34	0,48	0,39	
23-A	23	1,61	2	0,41	17,76	153,78	0,45	118,1	22,45	0,35	16,0	0,99	0,97	0,35	0,48	0,41	

De	a	Q0	V0	Caída tramo		Cota clave		Caída tramo	Cota rasante		Recubrimiento		Energía V2/2G		Yc	Hw	Hc
				Sup.	Inf.	Sup.	Inf.		Sup.	Inf.	Sup.	Inf.	Espec.	m			
19	23	148,1	2,03	1,64	60,20	58,56	1,64	62,12	60,47	1,92	1,91	0,45	0,21	0,28	0,80		
23	30	350,8	1,20	0,05	58,83	58,78	0,05	60,47	60,09	1,64	1,31	0,59	0,08	0,37	0,84	0,53	
30	31'	492,7	1,08	0,07	58,90	58,83	0,07	60,09	59,68	1,19	0,85	0,72	0,07	0,43	0,93	0,60	
31'	31	519,4	1,14	0,14	58,80	58,66	0,14	59,68	61,46	0,88	2,80	0,72	0,07	0,44	0,96	0,62	
31	32	636,1	1,39	0,22	58,63	58,41	0,22	61,46	61,39	2,83	2,98	0,76	0,11	0,49	1,11	0,70	
32	33	734,5	1,61	0,32	58,38	58,06	0,32	61,39	60,96	3,01	2,90	0,80	0,15	0,53	1,23	0,77	
33	34	1117,3	1,70	0,35	58,18	57,83	0,35	60,96	59,20	2,78	1,37	0,96	0,17	0,63	1,46	0,91	
34	35	1194,4	1,82	0,41	57,80	57,38	0,41	59,2	59,15	1,40	1,77	0,97	0,19	0,65	1,52	0,94	
						57,35											
27	28	51,3	0,70	0,30	60,00	59,70	0,30	61,39	60,55	1,39	0,85	0,25	0,02	0,15	0,32	0,21	
28	29	66,2	0,91	0,50	59,67	59,17	0,50	60,55	59,50	0,88	0,33	0,30	0,05	0,20	0,44	0,28	
29	30-A	85,6	0,66	0,25	59,24	58,99	0,25	59,5	60,23	0,26	1,24	0,37	0,02	0,21	0,45	0,29	
30-A	30	80,7	0,62	0,03	58,96	58,93	0,03	60,23	60,09	1,27	1,16	0,37	0,02	0,20	0,43	0,28	
						- 58,90											
23-E	23-D	159,5	2,19	1,99	61,20	59,21	1,99	61,77	59,50	0,57	0,29	0,28	0,14	0,18	0,40	0,26	
23-D	23-C	80,7	0,62	0,05	59,28	59,22	0,05	59,5	59,70	0,22	0,48	0,37	0,02	0,20	0,43	0,28	
23-C	23-B	100,9	0,78	0,08	59,19	59,11	0,08	59,7	59,89	0,51	0,78	0,38	0,03	0,23	0,50	0,32	
23-B	23-A	117,6	0,91	0,11	59,08	58,97	0,11	59,89	59,54	0,81	0,57	0,39	0,05	0,24	0,54	0,34	
23-A	23	119,4	0,92	0,08	58,94	58,86	0,08	59,54	60,47	0,60	1,61	0,39	0,05	0,25	0,55	0,35	
						58,83											

GUÍA RAS-006

**SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
ALTERNATIVA SISTEMA COMBINADO- OPCIÓN 2
DISEÑO HIDRÁULICO Y GEOMÉTRICO**

$$I = C1 * (d + X0)^{C2}$$

De	a	Área ha	Tr. años	I. concentr.		Intens. L/ha/S	Coefic.	Q. Dis. lt/s	Long. m	Pend. %	Diám. "	Q/Q0	Vr m/s	Y m	F	TR		D
				Incr.	Total											C1	X0	
18	17	0,60	2	2,85	15,00	176,97	0,45	54,8	118,80	0,20	16,00	0,61	0,63	0,26	0,43	2,36	2,22	0,22
17	16	1,00	2	2,37	17,85	153,12	0,45	79,0	98,80	0,20	16,00	0,88	0,71	0,32	0,39	-1,30	0,34	0,34
16	15	1,40	2	1,37	20,21	136,63	0,45	100,0	98,80	0,60	16,00	0,64	1,11	0,27	0,73	0,24	0,24	0,24
15	14	1,90	2	1,64	21,58	128,23	0,45	123,6	118,80	0,60	16,00	0,79	1,19	0,30	0,70	0,29	0,29	0,29
14	13	2,20	2	0,53	23,22	119,08	0,45	130,7	38,23	0,60	16,00	0,84	1,20	0,31	0,68	0,32	0,32	0,32
20	21	0,53	2	0,81	15,00	176,97	0,45	49,1	74,16	1,40	12,00	0,44	1,26	0,16	1,12	0,13	0,13	0,13
21	22	1,06	2	0,99	15,81	169,64	0,45	87,8	76,00	1,00	12,00	0,94	1,33	0,25	0,80	0,28	0,28	0,28
22	12	1,59	2	0,48	16,80	161,32	0,45	122,9	58,20	2,50	12,00	0,83	2,03	0,23	1,33	0,23	0,23	0,23
21	25	0,60	2	0,89	15,00	176,97	0,45	54,6	74,92	1,20	12,00	0,53	1,23	0,18	1,01	0,15	0,15	0,15
25	26	1,22	2	0,92	15,89	169,00	0,45	99,7	77,48	1,20	12,00	0,97	1,47	0,26	0,86	0,30	0,30	0,30
26	33	2,05	2	1,44	16,81	161,28	0,45	155,8	104,00	0,60	16,00	1,00	1,27	0,35	0,63	0,42	0,42	0,42
20	24	0,62	2	0,83	15,00	176,97	0,45	56,2	70,21	1,20	12,00	0,55	1,24	0,18	1,01	0,15	0,15	0,15
24	31	1,08	2	0,46	15,83	169,48	0,45	89,3	50,31	2,00	12,00	0,67	1,70	0,21	1,26	0,19	0,19	0,19
35	35-A	23,20	3	0,82	42,00	121,66	0,45	1363,8	100,00	0,50	36,00	1,02	2,16	0,79	0,69	0,98	0,98	0,98
35-A	35-B	23,20	3	0,82	42,82	119,78	0,45	1364,9	100,00	0,50	36,00	1,02	2,16	0,80	0,69	0,98	0,98	0,98
35-B	RIO	23,20	3	0,82	43,64	117,94	0,45	1357,0	100,00	0,50	36,00	1,02	2,15	0,79	0,70	0,97	0,97	0,97

De	a	Q0	V0	Caída		Cota clave		Caída tramo	Cota rasante		Recubrimiento		Energía Espec. m	V2/2G m	Yc m	Hw	Hc
				tramo	Sup.	Inf.	Sup.		Inf.	Sup.	Inf.						
18	17	90,2	0,70	0,24	60,94	60,70	0,24	61,94	61,34	1,00	0,64	0,28	0,02	0,17	0,34	0,23	
17	16	90,2	0,70	0,20	60,67	60,47	0,20	61,34	60,94	0,67	0,47	0,35	0,03	0,20	0,43	0,28	
16	15	156,3	1,20	0,59	60,04	59,45	0,59	60,94	60,63	0,90	1,18	0,33	0,06	0,23	0,49	0,32	
15	14	156,3	1,20	0,71	59,72	59,01	0,71	60,63	59,61	0,91	0,60	0,38	0,07	0,25	0,57	0,36	
14	13	156,3	1,20	0,23	58,98	58,75	0,23	59,61	58,86	0,63	0,11	0,39	0,07	0,26	0,59	0,37	
20	21	110,8	1,52	1,04	62,34	61,30	1,04	63,34	62,48	1,00	1,18	0,24	0,08	0,17	0,37	0,24	
21	22	93,7	1,28	0,76	61,57	60,81	0,76	62,48	62,06	0,91	1,25	0,34	0,09	0,23	0,57	0,34	
22	12	148,1	2,03	1,46	60,78	59,33	1,46	62,06	59,72	1,28	0,39	0,44	0,21	0,28	0,77		
21	25	102,6	1,41	0,90	61,48	60,58	0,90	62,48	61,75	1,00	1,17	0,26	0,08	0,18	0,40	0,26	
25	26	102,6	1,41	0,93	60,85	59,92	0,93	61,75	60,99	0,90	1,07	0,37	0,11	0,25	0,66		
26	33	156,3	1,20	0,62	59,89	59,27	0,62	60,99	60,96	1,10	1,69	0,43	0,08	0,29	0,67	0,42	
20	24	102,6	1,41	0,84	62,28	61,44	0,84	63,28	62,62	1,00	1,18	0,26	0,08	0,18	0,41	0,26	
24	31	132,5	1,82	1,01	61,41	60,40	1,01	62,62	61,46	1,21	1,06	0,36	0,15	0,23	0,58	0,35	
35	35-A	1335,4	2,03	0,50	57,10	56,60	0,50	59,15	58,80	2,05	2,20	1,03	0,24	0,69	0,16		
35-A	35-B	1335,4	2,03	0,50	56,57	56,07	0,50	58,80	58,80	2,23	2,73	1,03	0,24	0,69	0,16		
35-B	RIO	1335,4	2,03	0,50	56,04	55,54	0,50	58,80	58,80	2,76	3,26	1,03	0,24	0,69	0,16		
						55,50											

TRAMOS SIN ALCANTARILLADO PLUVIAL

		Longitud Pendiente (%)			Diámetro
4	3	7,90	80,00	0,30	8,00
9	19	7,25	77,00	0,80	8,00
14-B	14-A	7,06	60,00	0,30	8,00
14-A	14	7,20	30,00	0,30	8,00
20	10	7,43	68,00	0,80	8,00
21	11	7,32	62,00	0,80	8,00
20	19	7,63	106,00	0,80	8,00
24	23	7,45	107,00	0,80	8,00
24	31	7,31	50,00	0,80	8,00
25	32	7,57	50,00	0,80	8,00
22	26	7,71	68,00	0,80	8,00

GUÍA RAS-006

SISTEMAS DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS

SISTEMA COMBINADO- OPCIÓN 2

CANTIDADES DE OBRA Y PRESUPUESTO

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
1	EXCAVACIONES	m ³	11.327	8.000	90.617.343
2	ENTIBADOS DISCONTINUOS DE MADERA	ml	2.500	17.000	42.500.000
3	RELLENOS				
3.1	Recebo para cimentación de tubería	m ³	645	20.000	12.905.886
3.2	Relleno seleccionado de la excavación para cubrir la tubería	m ³	9.359	10.000	93.586.427
4	RETIRO Y DISPOSICIÓN DE SOBRES	m ³	1.969	12.000	23.622.303

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
5	CONCRETO PARA RECUBRIMIENTO DE TUBERÍAS	m ³	414	250.000	103.587.283
6	INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO				
6.1	De concreto sin refuerzo, diámetro 12"	m	968	8.800	8.515.584
6.2	De concreto sin refuerzo, diámetro 16"	m	1.493	10.500	15.679.545
6.3	De concreto sin refuerzo, diámetro 20"	m	534	19.000	10.136.690
6.4	De concreto con refuerzo, diámetro 24"	m	201	32.000	6.418.880
6.5	De concreto con refuerzo, diámetro 30"	m	357	42.000	14.980.560
6.6	De concreto con refuerzo, diámetro 36"	m	495	47.000	23.279.100
			4.047		
7	SUMINISTRO DE TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO				
7.1	De concreto sin refuerzo, diámetro 12"	m	972	27.200	26.451.456
7.2	De concreto sin refuerzo, diámetro 16"	m	1.500	43.325	65.008.729
7.3	De concreto sin refuerzo, diámetro 20"	m	534	74.000	39.479.740
7.4	De concreto con refuerzo, diámetro 24"	m	202	124.000	25.021.960
7.5	De concreto con refuerzo, diámetro 30"	m	363	230.000	83.416.400
7.6	De concreto con refuerzo, diámetro 36"	m	498	305.000	151.981.500
8	POZOS DE INSPECCIÓN				
8.1	Tapa en concreto para pozo de inspección	un	47	580.000	27.260.000
8.2	Pozo en mampostería, en D= 1.20 m, espesor = 0125m de 1 a 2 metros de altura	un	28	600.000	16.800.000
8.3	Pozo en mampostería, en D= 1.20 m, espesor = 0.25m de 2 a 4 metros de altura	un	10	1.600.000	16.000.000
8.4	Pozo en mampostería, en D= 1.50 m, espesor = 0.25m de 2 a 4 metros de altura		9	2.000.000	18.000.000
8.5	Base y cañuela	un	47	300.000	14.100.000
9	ACOMETIDAS				
9.1	En concreto simple, de D= 8" y 6 metros de largas	un	2.250	200.000	450.000.000
10	SUMIDEROS, CON TUBERÍA CONEXIÓN 12"	un	60	350.000	21.000.000
	SUBTOTAL				1.400.349.385
	A.I.U (25%)				350.087.346
	COSTO TOTAL				1.750.436.732

6.4 CONCLUSIONES

- Como lo muestra el ejemplo anterior, el drenaje de aguas lluvias, aun en un municipio de tamaño pequeño, requiere de una apreciable estructura, sobre todo cuando las condiciones topográficas no favorecen el drenaje superficial, y se debe apelar a la construcción de una costosa red de colectores.
- La razón fundamental para que en los municipios colombianos ocurra lo anterior se debe a que por su situación geográfica el país está gobernado hidrológicamente por un régimen tropical que implica tener aguaceros o lluvias de apreciable intensidad en cualquier época del año, aun en las zonas más secas.
- Cuando no se tienen unas condiciones topográficas que favorezcan el drenaje a través de las calles en un municipio de nivel de complejidad bajo o medio, que además tiene una capacidad económica limitada, será muy difícil desarrollar un proyecto de alcantarillado de aguas lluvias.
- Lo anterior nos lleva a concluir que aunque se debiera incentivar la construcción de alcantarillados separados, en la práctica éste es inaplicable para los municipios colombianos que tienen recursos limitados, que infortunadamente son la mayoría.
- Aunque los alcantarillados combinados pueden ser una solución más moderada en costos, no pueden tampoco generalizarse como la solución aplicable en todos los casos, pues de hecho para algunos municipios también será inalcanzable.
- Las limitaciones de recursos que actualmente padece nuestro país nos llevan a pensar que en el corto plazo sólo será factible atacar los problemas de la recolección de las aguas servidas, y que en la mayoría de municipios sólo será factible la implementación de un sistema de alcantarillado sanitario, siendo probablemente los sistemas separados simplificados los más utilizados, debido a sus costos reducidos.
- Sin embargo, para aquellas pequeñas localidades que tienen problemas generales o locales de drenaje de aguas lluvias se podría pensar en tener en el corto plazo un sistema sanitario algo sobredimensionado, que sería como un sistema separado convencional, con la capacidad de transportar y amortiguar, así sea parcialmente, algunos volúmenes de escorrentía pluvial. Se tendría así una solución temporal que mitigaría en algún porcentaje el problema de las inundaciones que debe ser solucionado en el mediano o largo plazo dependiendo de la consecución de los recursos para su implementación.
- Se tendría un sistema combinado de baja especificación y de costo reducido, probablemente no muy ortodoxo, pero funcional. Sin embargo, de construirse sólo el sistema sanitario, éste se irá llenando de conexiones pluviales erradas y con el tiem-

po será combinado, con el agravante de que será insuficiente muy pronto por haber sido diseñado sólo para transportar las aguas residuales.

- Se concluiría que si una población con sistemas de drenaje no puede dar solución en forma simultánea a sus problemas de drenaje sanitario y pluvial, y empieza por el sistema sanitario, con el tiempo éste llegará a ser un sistema combinado que difícilmente se puede revertir a un sistema separado.
- Por último, debe recordarse que para la solución de un problema de aguas lluvias se oponen algunos aspectos institucionales y comerciales como son:
 - Las Empresas que prestan los servicios de acueducto y alcantarillado sanitario usualmente no son responsables por el servicio de drenaje pluvial; esta responsabilidad corresponde a quien maneja el tema vial, usualmente, el municipio.
 - La prestación del servicio de alcantarillado pluvial no genera un cobro o tarifa adicional que pueda ser transferido al usuario, por lo cual no es posible recuperar cualquier inversión que se haga en la construcción del sistema y en su operación y mantenimiento, por tanto un servicio de este tipo no es fácilmente sostenible en el tiempo.
 - Las leyes y reglamentaciones del sector de agua potable y saneamiento básico no cubren todos los puntos necesarios para solucionar los problemas de las aguas lluvias.
 - Cuando un sistema de alcantarillado es combinado su responsabilidad usualmente se asocia a la empresa que opera el alcantarillado sanitario, por que se usa el sistema para transportar las aguas lluvias. Sin embargo, a la luz de la Ley, no puede ser considerado el único responsable de operar y mantener el sistema ya que por él corren aguas que son responsabilidad de otro.

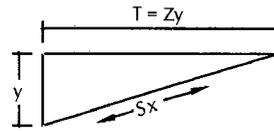
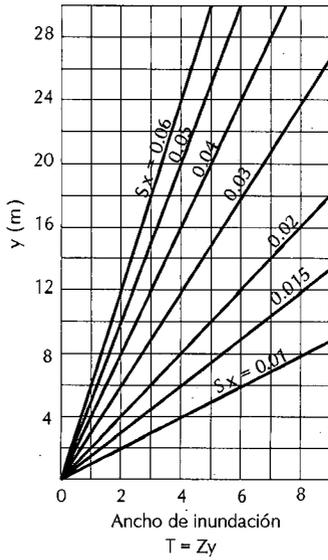


NOMOGRAMAS Y FIGURAS

Notas:

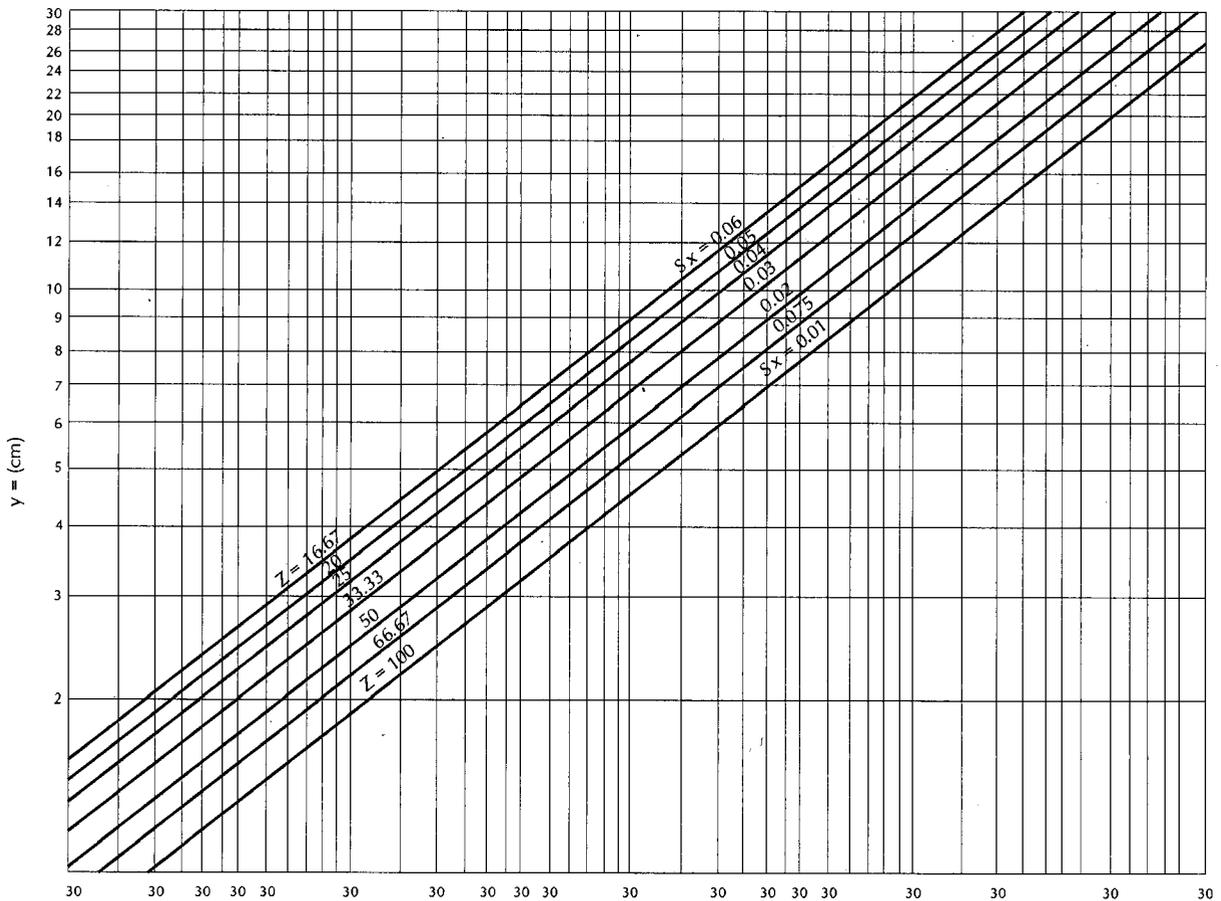
- Los nomogramas de Izzard permiten calcular la capacidad de transporte de caudal que tienen los canales triangulares. A partir de esta metodología es posible estimar el caudal que pueden transportar las cunetas de calles y avenidas, conociendo la pendiente longitudinal y la pendiente transversal de las cunetas. Para ello se deben utilizar en conjunto los dos (2) nomogramas anexos.
- Las curvas estándar de duración-intensidad de lluvias permiten calcular la intensidad para cualquier duración, conociendo la intensidad máxima de la lluvia en una hora. La gráfica anexa presenta las intensidades en pulgadas de lluvia por hora (número de curva) y de allí se puede extrapolar la intensidad para cualquier otra duración.

Capacidad de calles y avenidas



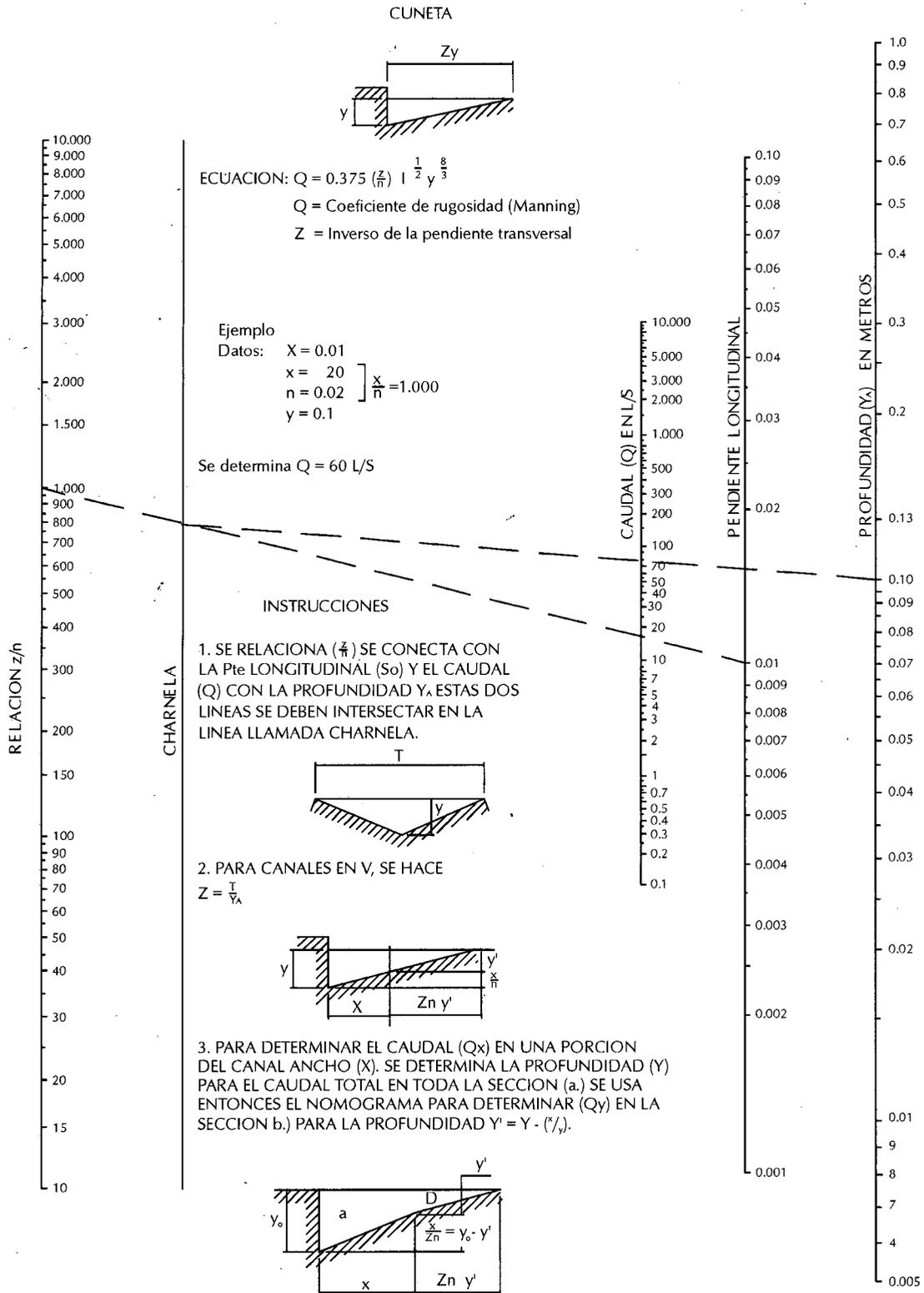
$$Q = 0.00175 (z/n) S_o^{1/2} y^{8/3}$$

Q = Litros por segundo
 $Z = l / S_x$
 Y = En cm

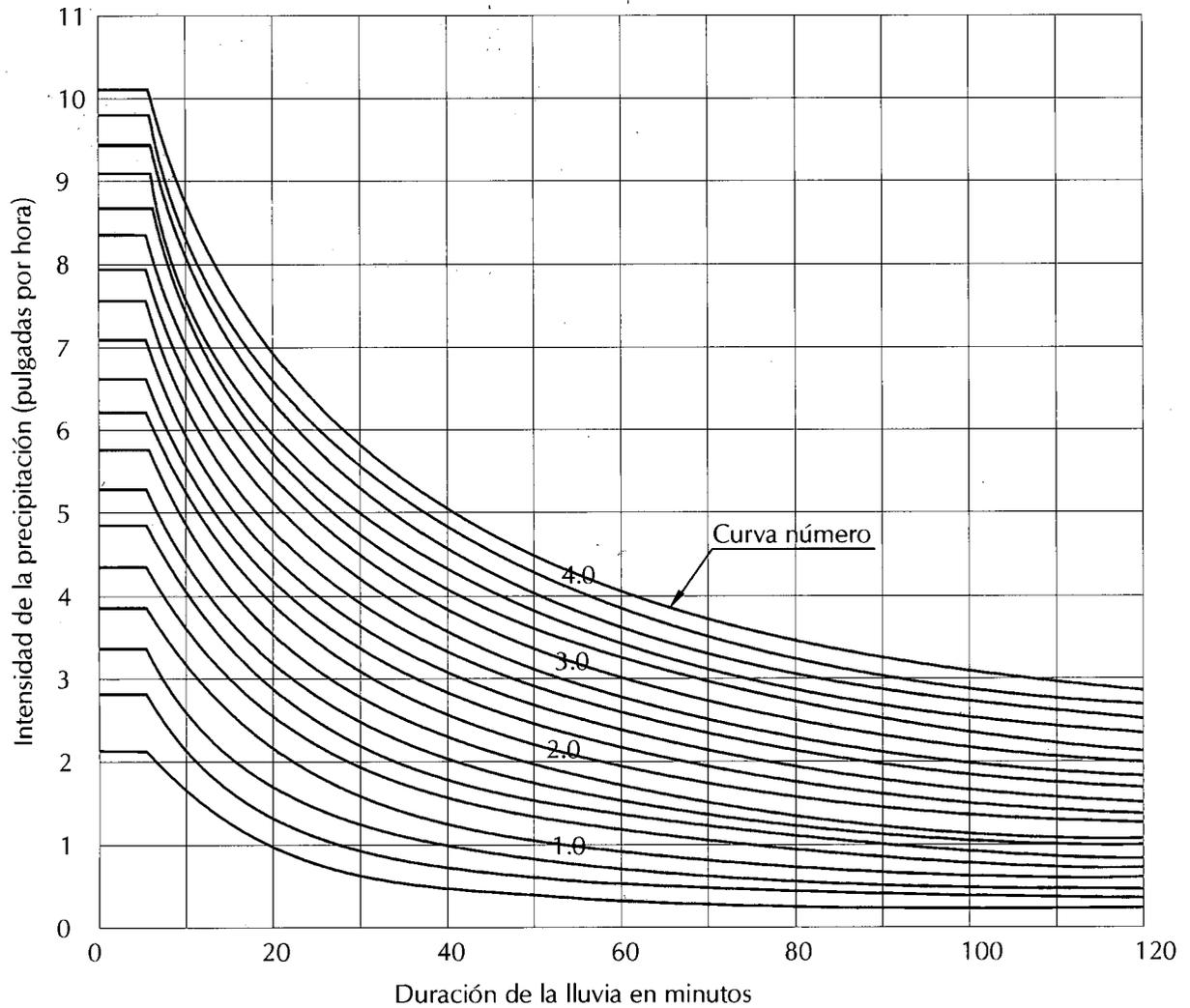


$$\frac{Qn}{S_o^{1/2}} = 0.00175 Z Y^{8/3}$$

Nomograma de Izzard para cálculo de canales triangulares



Curvas estándar duración-intensidad de lluvias



Los números de las curvas corresponden a los valores de una hora de precipitación o la indicada para las curvas respectivas.

Se supone que todos los puntos sobre la misma curva tienen el mismo promedio de frecuencia de ocurrencia.



DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUAS LLUVIAS SEPARADOS

OPCIÓN 1 (TODA EL ÁREA)

TABLA N° 1

CÁLCULO DE ÁREAS DE DRENAJE Y COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA

Punto	Área construida (ha)	Área acumulada (ha)	Coficiente Escorrentía ponderado	Observaciones
1	1,00	1,00	0,45	DESARROLLO ACTUAL 1ª ETAPA
2	0,80	1,80	0,45	
3	0,86	2,66	0,45	
5	2,50	5,16	0,45	
6	1,20	6,36	0,45	
7	0,82	7,18	0,45	
8	0,80	7,98	0,45	
9	0,84	8,82	0,45	
10	0,88	9,70	0,45	
11	1,21	10,91	0,45	
12	1,09	12,00	0,45	
13	2,59	14,59	0,45	
13-A	7,00	21,59	0,45	
13-B	0,85	22,44	0,45	
35	1,00	23,44	0,45	
36	17,30	40,74	0,45	
37	1,00	41,74	0,45	
38	0,40	42,14	0,45	
39	0,40	42,54	0,45	
PTAR	0,13	42,67	0,45	
42,67				
18	2,2	2,20	0,45	DESARROLLO FUTURO 2ª ETAPA
17	1,0	3,20	0,45	
16	1,0	4,20	0,45	
15	1,2	5,40	0,45	
14	0,6	6,00	0,45	
13		Entrega		

Punto	Área construida (ha)	Área acumulada (ha)	Coefficiente Escorrentía ponderado	Observaciones
9	Inicial			DESARROLLO ACTUAL 1ª ETAPA
19	1,51	1,51	0,45	
23	2,30	3,81	0,45	
30	4,30	8,11	0,45	
31'	0,34	8,45	0,45	
31	1,61	10,06	0,45	
32	1,43	11,49	0,45	
33	4,01	15,50	0,45	
34	1,02	16,52	0,45	
35		Entrega		
				DESARROLLO FUTURO 2ª ETAPA
27	2,0	2,00	0,45	
28	1,0	3,00	0,45	
29	1,0	4,00	0,45	
30A	0,15	4,15	0,45	
30		Entregá		
				DESARROLLO ACTUAL 1ª ETAPA
23E	0,60	0,60	0,45	
23D	0,34	0,94	0,45	
23C	0,34	1,28	0,45	
23D	0,33	1,61	0,45	
23A	0,0	1,61	0,45	
23		Entrega		
20	0,53	0,53	0,45	
21	1,06	1,59	0,45	
22	1,59	3,18	0,45	
12		Entrega		
21	0,60	0,60	0,45	
25	1,22	1,82	0,45	
26	2,05	3,87	0,45	
33		Entrega		
20	0,62	0,62	0,45	
24	1,08	1,70	0,45	
31		Entrega		

GUÍA RAS-006
SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
ALTERNATIVA SISTEMA SEPARADO- OPCIÓN 1
VOLÚMENES DE EXCAVACIÓN Y RELLENO

Pozo De	Long (m)	Díam "	De	Di	Díam Nom	Bd	F. C.	Cota terreno		Cota clave		Recubrimiento		H med Exc 1		
								Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf			
1	2	82	16,0	0,49	0,41	400,00	0,89	1,9	64,70	65,17	63,65	63,24	1,05	1,93	1,96	
2	3	85,7	20,0	0,61	0,51	500,00	1,01	1,9	65,17	65,02	63,31	63,10	1,86	1,92	2,48	
3	5	120	24,0	0,73	0,61	600,00	1,13	3,0	65,02	63,80	63,17	62,69	1,85	1,11	2,19	
5	6	114,88	24,0	0,73	0,61	600,00	1,13	3,0	63,80	63,43	62,66	61,97	1,14	1,46	2,00	
6	7	81,5	24,0	0,73	0,61	600,00	1,13	3,0	63,43	63,10	61,94	61,37	1,49	1,73	2,31	
7	8	80	24,0	0,73	0,61	675,00	1,13	3,0	63,10	62,86	61,34	60,66	1,76	2,20	2,69	
8	9	84,15	27,0	0,82	0,69	675,00	1,22	3,0	62,86	63,42	60,70	60,24	2,16	3,18	3,46	
9	10	104,1	27,0	0,82	0,69	675,00	1,22	3,0	63,42	62,65	60,21	59,58	3,21	3,07	3,93	
10	11	73,72	30,0	0,91	0,76	750,00	1,31	2,2	62,65	61,29	59,63	59,19	3,02	2,10	3,44	
11	12	77,15	30,0	0,91	0,76	750,00	1,31	1,9	61,29	59,72	59,16	58,62	2,13	1,10	2,50	
12	13	100	36,0	1,10	0,91	900,00	1,50	3,0	59,72	58,86	58,74	58,34	0,98	0,52	1,81	
13	13-A	103	36,0	1,10	0,91	900,00	1,50	3,0	58,86	59,00	58,31	57,48	0,55	1,52	2,09	
13-A	13-B	85	40,0	1,22	1,02	1000,00	1,62	1,9	59,00	59,02	57,55	57,13	1,45	1,89	2,84	
13-B	35	100	40,0	1,22	1,02	1000,00	1,62	1,9	59,02	59,15	57,10	56,60	1,92	2,55	3,41	
35	36	80	48,0	1,46	1,22	1200,00	1,86	1,9	59,15	58,62	56,77	56,33	2,38	2,29	3,74	
36	37	100	48,0	1,46	1,22	1200,00	1,86	1,9	58,62	58,37	56,30	55,70	2,32	2,67	3,90	
37	38	80	48,0	1,46	1,22	1200,00	1,86	1,9	58,37	58,22	55,67	55,19	2,70	3,03	4,27	
38	39	79,12	48,0	1,46	1,22	1200,00	1,86	1,9	58,22	57,43	55,16	54,68	3,06	2,75	4,31	
39	RIO	25,64	48,0	1,46	1,22	1200,00	1,86	1,9	57,43	57,43	54,65	54,50	2,78	2,93	4,26	
												55,00				

De	a	H med exc	Diám pozo sup	Diám pozo inf	L real	V exc pozo	V exc tub	V rell base	V rell atraque	V exc	V rell 1	V rell recub	V conc	Volumen tubería	V exc b caja
1	2	1,96	1.2	1.2	82,00		182,4	180,1	10,4	182,4	190,5	-23,4		15,3	142,5
2	3	2,48	-1.2	1.2	85,70		273,6	188,2	13,6	273,6	201,8	46,8		25,0	214,3
3	5	2,19	1.2	1.2	120,00		416,7	263,5	25,3	416,7		366,3	288,8	50,4	296,7
5	6	2,00	1.2	1.2	114,88		375,5	252,3	24,2	375,5		327,2	276,5	48,3	260,6
6	7	2,31	1.2	1.2	81,50		295,0	179,0	17,2	295,0		260,7	196,2	34,3	213,5
7	8	2,69	1.2	1.2	80,00		323,1	175,7	16,9	323,1		289,4	192,6	33,6	243,1
8	9	3,46	1.2	1.2	84,15		458,3	184,8	17,8	458,3		413,6	202,5	44,8	356,0
9	10	3,93	1.2	1.2	104,10		626,7	228,6	22,0	626,7		571,3	250,6	55,4	500,1
10	11	3,44	1.2	1.2	73,72		444,0	161,9	9,1	444,0		395,6	171,0	48,4	333,2
11	12	2,50	1.2	1.2	77,15		357,3	169,4	20,8	357,3	190,2	116,5		50,7	253,0
12	13	1,81	1.2	1.5	100,00		468,8	219,6	35,0	468,8		374,3	254,6	94,6	270,3
13	13-A	2,09	1.5	1.5	103,00		526,4	226,2	36,1	526,4		429,0	262,2	97,4	321,9
13-A	13-B	2,84	1.5	1.5	85,00		579,5	186,7	35,8	579,5	222,4	257,8		99,2	390,7
13-B	35	3,41	1.5	1.5	100,00		773,6	219,6	42,1	773,6	261,7	395,2		116,7	551,5
35	36	3,74	1.5	1.5	80,00		802,7	175,7	46,7	802,7	222,4	445,8		134,5	557,4
36	37	3,90	1.5	1.5	100,00		1033,2	219,6	58,4	1033,2	278,0	587,1		168,1	726,6
37	38	4,27	1.5	1.5	80,00		881,7	175,7	46,7	881,7	222,4	524,8		134,5	636,4
38	39	4,31	1.5	1.5	79,12		877,5	173,7	46,2	877,5	220,0	524,6		133,0	634,9
39	RIO	4,26	1.5	1.5	25,64		282,0	56,3	15,0	282,0	71,3	167,6		43,1	203,3
													2095,0		

Cantidades de obra

Volumen de excavación total	9978,1
Volumen de material para cimentación de tubería	2080,7
Volumen de recebo para cubrir tubería	6470,1
Volumen de sobrantes	3507,9

GUÍA RAS-006
SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
ALTERNATIVA SISTEMA SEPARADO- OPCIÓN 1
VOLUMENES DE EXCAVACIÓN Y RELLENO

Pozo De	a	Long (m)	Diám "	De	Di	Diám Nom	Bd	F. C.	Cota terreno		Cota clave		Recubrimiento		H med Exc 1
									Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf	
19	23	65,6	12,0	0,37	0,30	300,00	0,77	1,9	62,12	60,47	60,07	58,10	2,05	2,37	2,56
23	30	16,19	30,0	0,91	0,76	750,00	1,31	2,2	60,47	60,09	58,37	58,34	2,10	1,75	2,80
30	31'	41,2	36,0	1,10	0,91	900,00	1,50	3,0	60,09	59,68	58,76	58,68	1,33	1,00	2,22
31'	31	67,66	36,0	1,10	0,91	900,00	1,50	3,0	59,68	61,46	58,80	58,69	0,88	2,77	2,88
31	32	74,7	40,0	1,22	1,02	1000,00	1,62	4,0	61,46	61,39	58,66	58,55	2,80	2,84	3,99
32	33	80,62	42,0	1,28	1,07	1200,00	1,68	1,9	61,39	60,96	58,62	58,50	2,77	2,46	3,85
33	34	100	48,0	1,46	1,22	1200,00	1,86	1,9	60,96	59,20	58,52	58,24	2,44	0,96	3,11
34	35	102,8	48,0	1,46	1,22	1200,00	1,86	1,9	59,20	59,15	58,36	58,03	0,84	1,12	2,39
27	28	100	16,0	0,49	0,41	400,00	0,89	2,2	61,39	60,55	60,23	59,38	1,16	1,17	1,63
28	29	100	20,0	0,61	0,51	500,00	1,01	3,0	60,55	59,50	59,75	58,90	0,80	0,60	1,28
29	30-A	136,7	24,0	0,73	0,61	600,00	1,13	3,0	59,50	60,23	58,97	58,63	0,53	1,60	1,77
30-A	30	20,6	24,0	0,73	0,61	600,00	1,13	1,9	60,23	60,09	58,70	58,65	1,53	1,44	2,19
23-E	23-D	68,7	12,0	0,37	0,30	300,00	0,77	1,9	61,77	59,50	60,70	58,50	1,07	1,00	1,38
23-D	23-C	33,8	20,0	0,61	0,51	500,00	1,01	1,9	59,50	59,70	58,77	58,68	0,73	1,02	1,46
23-C	23-B	33,8	24,0	0,73	0,61	600,00	1,13	1,5	59,70	59,89	58,85	58,77	0,85	1,12	1,69
23-B	23-A	32,96	24,0	0,73	0,61	600,00	1,13	1,5	59,89	59,54	58,84	58,75	1,05	0,79	1,62
23-A	23	22,45	24,0	0,73	0,61	600,00	1,13	1,5	59,54	60,47	58,72	58,67	0,82	1,80	2,01

De	a	H med exc	Diám pozo		L real	V exc pozo	V exc tub	V rell base	V rell atraque	V exc	V rell 1	V rell recub	V conc	Volumen tubería	V exc b caja
			sup	inf											
19	23	2,56	1,2	1,2	65,60		149,2	144,1	6,3	149,2	150,4	-8,0		6,9	128,6
23	30	2,80	1,5	1,5	14,69	5,34	76,1	32,3	1,8	81,5		71,8	34,1	9,6	54,1
30	31'	2,22	1,5	1,5	39,70	4,32	210,7	87,2	13,9	215,0		177,4	101,1	37,5	131,9
31'	31	2,88	1,5	1,5	66,16	5,49	416,5	145,3	23,2	422,0		359,4	168,4	62,6	285,1
31	32	3,99	1,5	1,5	73,20	7,46	647,6	160,7	91,8	655,0		569,6	252,5	85,5	473,0
32	33	3,85	1,5	1,5	79,12	7,21	702,6	173,7	46,2	709,8	220,0	388,0		101,8	511,2
33	34	3,11	1,5	1,5	98,50	5,91	872,0	216,3	57,5	877,9	273,8	438,5		165,6	570,0
34	35	2,39	1,5	1,5	101,30	4,63	760,8	222,5	59,2	765,5	281,6	313,6		170,3	450,2
27	28	1,63	1,2	1,2	100,00		199,0	219,6	5,2	199,0		180,3	224,8	18,7	144,9
28	29	1,28	1,2	1,2	100,00		204,0	219,6	15,9	204,0		174,8	235,5	29,2	129,7
29	30-A	1,77	1,2	1,2	136,70		410,0	300,2	28,8	410,0		352,6	329,0	57,5	273,3
30-A	30	2,19	1,2	1,2	20,60		70,2	45,2	4,3	70,2	49,6	11,9		8,7	51,0
23-E	23-D	1,38	1,2	1,2	68,70		94,5	150,9	6,6	94,5	157,5	-70,2		7,2	72,8
23-D	23-C	1,46	1,2	1,2	33,80		73,2	74,2	5,4	73,2	79,6	-16,3		9,9	49,8
23-C	23-B	1,69	1,2	1,2	33,80		96,0	74,2	3,2	96,0	77,4	4,4		14,2	64,6
23-B	23-A	1,62	1,2	1,2	32,96		91,2	72,4	3,1	91,2	75,5	1,8		13,9	60,5
23-A	23	2,01	1,2	1,2	22,45		72,0	49,3	2,1	72,0	51,4	11,1		9,4	51,1
													1345,5		

Cantidades de obra

Volumen de excavación total	5186,1
Volumen de material para cimentación de tubería	1416,8
Volumen de recebo para cubrir tubería	2960,9
Volumen de sobrantes	2225,2

GUÍA RAS-006
SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
ALTERNATIVA SISTEMA SEPARADO- OPCIÓN 1
VOLÚMENES DE EXCAVACIÓN Y RELLENO

De	Pozo	a	Long (m)	Diám "	De	Di	Diám Nom	Bd	F. C.	Cota terreno		Cota clave		Recubrimiento		H med	
										Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf	Exc 1	Exc 2
18		17	118,8	20,0	0,61	0,51	500,00	1,01	1,9	61,94	61,34	60,94	60,23	1,00	1,11	1,64	
17		16	98,8	20,0	0,61	0,51	500,00	1,01	1,9	61,34	60,94	60,18	59,54	1,16	1,40	1,86	
16		15	98,8	20,0	0,61	0,51	500,00	1,01	3,0	60,94	59,63	59,50	58,61	1,44	1,02	1,81	
15		14	118,8	24,0	0,73	0,61	600,00	1,13	3,0	59,63	58,61	58,62	57,61	1,01	1,00	1,71	
14		13	38,23	30,0	0,91	0,76	750,00	1,31	2,2	58,61	58,86	57,57	57,50	1,04	1,36	2,07	
20		21	74,16	12,0	0,37	0,30	300,00	0,77	2,2	63,34	62,48	62,34	61,30	1,00	1,18	1,44	
21		22	76	12,0	0,37	0,30	300,00	0,77	2,2	62,48	62,06	61,30	60,39	1,18	1,67	1,77	
22		12	58,2	12,0	0,37	0,30	300,00	0,77	2,2	62,06	59,72	60,36	58,73	1,70	0,99	1,70	
21		25	74,92	12,0	0,37	0,30	300,00	0,77	3,0	62,48	61,75	61,48	60,58	1,00	1,17	1,44	
25		26	77,48	12,0	0,37	0,30	300,00	0,77	3,0	61,75	60,99	60,58	59,65	1,17	1,34	1,60	
26		33	104	20,0	0,61	0,51	500,00	1,01	2,2	60,99	60,96	59,64	59,23	1,35	1,73	2,13	
20		24	70,21	12,0	0,37	0,30	300,00	0,77	1,9	63,28	62,62	62,28	61,44	1,00	1,18	1,44	
24		31	50,31	12,0	0,37	0,30	300,00	0,77	1,9	62,62	61,46	61,41	60,40	1,21	1,06	1,49	

De	a	H med exc	Díam pozo sup	Díam pozo inf	L real	V exc pozo	V exc tub	V rell base	V rell atraque	V exc	V rell 1	V rell recub	V conc	Volumen tubería	V exc b caja
18	17	1,64	1.2	1.2	118,80		279,0	260,9	18,9	279,0	279,8	-35,4		34,7	196,8
17	16	1,86	1.2	1.2	98,80		254,4	217,0	15,7	254,4	232,7	-7,1		28,8	186,0
16	15	1,81	1.2	1.2	98,80		254,0	217,0	15,7	254,0		225,2	232,7	28,8	180,5
15	14	1,71	1.2	1.2	118,80		348,2	260,9	25,1	348,2		298,3	286,0	49,9	229,4
14	13	2,07	1.2	1.2	38,23		161,7	84,0	4,7	161,7		136,6	88,7	25,1	104,3
20	21	1,44	1.2	1.2	74,16		107,7	162,9	2,7	107,7		99,9	165,6	7,8	81,8
21	22	1,77	1.2	1.2	76,00		129,9	166,9	2,8	129,9		121,9	169,7	8,0	103,3
22	12	1,70	1.2	1.2	58,20		95,9	127,8	2,2	95,9		89,8	130,0	6,1	75,6
21	25	1,44	1.2	1.2	74,92		107,7	164,5	7,2	107,7		99,8	171,7	7,9	82,3
25	26	1,60	1.2	1.2	77,48		121,4	170,1	7,4	121,4		113,3	177,6	8,1	95,2
26	33	2,13	1.2	1.2	104,00		303,2	228,4	7,3	303,2		272,9	235,7	30,4	223,2
20	24	1,44	1.2	1.2	70,21		99,6	154,2	6,7	99,6	160,9	-68,7		7,4	77,5
24	31	1,49	1.2	1.2	50,31		73,1	110,5	4,8	73,1	115,3	-47,5		5,3	57,3
													1657,5		

Cantidades de obra

Volumen de excavación total	2336,0
Volumen de material para cimentación de tubería	788,7
Volumen de recebo para cubrir tubería	1299,0
Volumen de sobrantes	1037,0

GUÍA RAS-006

**SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
ALTERNATIVA SISTEMA SEPARADO- OPCIÓN 1
CANTIDADES DE OBRA TUBERÍAS**

De	a	Diám.	Long.	Clase	Materiales	Totales
		"	real			m.
1	2	16,00	82,00	1	2	82,00
2	3	20,00	85,70	1	2	85,70
3	5	24,00	120,00	1	3	
5	6	24,00	114,88	1	3	
6	7	24,00	81,50	1	3	
7	8	24,00	80,00	2	3	396,38
8	9	27,00	84,15	2	3	
9	10	27,00	104,10	2	3	188,25
10	11	30,00	73,72	2	3	
11	12	30,00	77,15	2	3	150,87
12	13	36,00	100,00	1	3	
13	13-A	36,00	103,00	1	3	203,00
13-A	13-B	40,00	85,00	2	3	
13-B	35	40,00	100,00	3	3	185,00
35	36	48,00	80,00	3	3	
36	37	48,00	100,00	3	3	
37	38	48,00	80,00	3	3	
38	39	48,00	79,12	3	3	
39	RIO	48,00	25,64	3	3	364,76
			1655,96			1655,96

GUÍA RAS-006

**SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
ALTERNATIVA SISTEMA SEPARADO- OPCIÓN 1
CANTIDADES DE OBRA TUBERÍAS**

De	a	Diám	Long	Clase	Material	Díametro	Total
		"	real			"	m.
19	23	12,00	65,60	1	2	12,00	134,30
23	30	30,00	14,69	1	2	16,00	100,00
30	31'	36,00	39,70	1	3	20,00	133,80
31'	31	36,00	66,16	1	3	24,00	246,51
31	32	40,00	73,20	1	3	30,00	14,69
32	33	42,00	79,12	2	3	36,00	105,86
33	34	48,00	98,50	2	3	40,00	73,20
34	35	48,00	101,30	2	3	42,00	79,12
				2	3	48,00	199,80
27	28	16,00	100,00	2	3		1087,28
28	29	20,00	100,00	1	3		
29	30-A	24,00	136,70	1	3		
30-A	30	24,00	20,60	2	3		
				3	3		
23-E	23-D	12,00	68,70	3	3		
23-D	23-C	20,00	33,80	3	3		
23-C	23-B	24,00	33,80	3	3		
23-B	23-A	24,00	32,96	3	3		
23-A	23	24,00	22,45	3	3		
			1087,28				

GUÍA RAS-006

**SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
ALTERNATIVA SISTEMA SEPARADO- OPCIÓN 1
CANTIDADES DE OBRA TUBERÍAS**

De	a	Diám "	Long real	Clase	Material	Diámetro "	Total m.
18	17	20,00	118,80	1	2	12,00	481,28
17	16	20,00	98,80	1	2	16,00	
16	15	20,00	98,80	1	3	20,00	420,40
15	14	24,00	118,80	1	3	24,00	118,80
14	13	30,00	38,23	1	3	30,00	38,23
				2	3		1058,71
20	21	12,00	74,16	2	3		
21	22	12,00	76,00	2	3		
22	12	12,00	58,20	2	3		
				2	3		
21	25	12,00	74,92	1	3		
25	26	12,00	77,48	1	3		
26	33	20,00	104,00	2	3		
				3	3		
20	24	12,00	70,21	3	3		
24	31	12,00	50,31	3	3		
				3	3		
			1058,71	3	3		
				3	3		

OPCIÓN 2 (ÁREA INUNDACIÓN)

TABLA N° 1

CÁLCULO DE ÁREAS DE DRENAJE Y COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA

Punto	Área drenaje (ha)	Área acumulada (ha)	Coefficiente Escorrentía ponderado	Observaciones
1	0,05	0,05	0,45	DESARROLLO ACTUAL 1ª ETAPA
2	0,30	0,35	0,45	
3	0,30	0,65	0,45	
5	0,80	1,45	0,45	
6	0,40	1,85	0,45	
7	0,30	2,15	0,45	
8	0,30	2,45	0,45	
9	0,30	2,75	0,45	
10	0,40	3,15	0,45	
11	0,60	3,75	0,45	
12	0,50	4,25	0,45	
13	1,20	5,45	0,45	
13-A	2,60	8,05	0,45	
13-B	0,40	8,45	0,45	
35	0,40	8,85	0,45	
36	13,30	22,15	0,45	
37	0,40	22,55	0,45	
38	0,40	22,95	0,45	
39	0,20	23,15	0,45	
PTAR	0,05	23,20	0,45	
	23,20			
18	0,6	0,60	0,45	DESARROLLO FUTURO 2ª ETAPA
17	0,4	1,00	0,45	
16	0,4	1,40	0,45	
15	0,5	1,90	0,45	
14	0,3	2,20	0,45	
13		Entrega		
	2,2			

Punto	Área drenaje (ha)	Área acumulada (ha)	Coefficiente Escorrentía ponderado	Observaciones
9	Inicial			DESARROLLO ACTUAL 1ª ETAPA
19	1,50	1,50	0,45	
23	2,30	3,80	0,45	
30	1,85	5,65	0,45	
31'	0,34	5,99	0,45	
31	1,61	7,60	0,45	
32	1,43	9,03	0,45	
33	3,00	12,03	0,45	
34	1,00	13,03	0,45	
35		Entrega		
13,03				
27	0,4	0,40	0,45	DESARROLLO FUTURO 2ª ETAPA
28	0,4	0,80	0,45	
29	0,4	1,20	0,45	
30A	0,15	1,35	0,45	
30		Entrega		
1,4				
23E	0,60	0,60	0,45	DESARROLLO ACTUAL 1ª ETAPA
23D	0,34	0,94	0,45	
23C	0,34	1,28	0,45	
23D	0,22	1,50	0,45	
23A	0,1	1,61	0,45	
23		Entrega		
1,61				
20	0,10	0,10	0,45	
21	0,10	0,20	0,45	
22	0,10	0,30	0,45	
12		Entrega		
0,30				
21	0,70	0,70	0,45	
25	0,70	1,40	0,45	
26	0,60	2,00	0,45	
33		Entrega		
2,00				
20	0,50	0,50	0,45	
24	0,50	1,00	0,45	
31	0,00	Entrega		
1,00				

GUÍA RAS-006
SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
ALTERNATIVA SISTEMA SEPARADO- OPCIÓN 2
CUADRO CÁLCULO DE VOLÚMENES

Pozo De	a	Long (m)	Díam "	Díam De	DI	Díam Nom	Bd	F. C.	Cota terreno		Cota clave		Recubrimiento		H med	
									Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Exc 1
1	2	82	12,0	0,37	0,30	300,00	0,77	1,5	64,70	65,17	63,65	63,53	1,05	1,64	1,70	1,70
2	3	85,7	12,0	0,37	0,30	300,00	0,77	1,9	65,17	65,02	63,50	63,28	1,67	1,74	2,06	2,06
3	5	120	16,0	0,49	0,41	400,00	0,89	1,9	65,02	63,80	63,35	63,11	1,67	0,69	1,64	1,64
5	6	114,88	16,0	0,49	0,41	400,00	0,89	2,2	63,80	63,43	63,08	62,74	0,72	0,69	1,17	1,17
6	7	81,5	16,0	0,49	0,41	400,00	0,89	2,2	63,43	63,10	62,71	62,46	0,72	0,64	1,15	1,15
7	8	80	16,0	0,49	0,41	400,00	0,89	1,9	63,10	62,86	62,43	62,15	0,67	0,71	1,15	1,15
8	9	84,15	16,0	0,49	0,41	400,00	0,89	1,9	62,86	63,42	62,12	61,83	0,74	1,59	1,63	1,63
9	10	104,1	16,0	0,49	0,41	400,00	0,89	1,9	63,42	62,65	61,80	60,91	1,62	1,74	2,15	2,15
10	11	73,72	16,0	0,49	0,41	400,00	0,89	1,9	62,65	61,29	60,88	60,00	1,77	1,29	2,00	2,00
11	12	77,15	16,0	0,49	0,41	400,00	0,89	1,9	61,29	59,72	59,97	58,81	1,32	0,91	1,58	1,58
12	13	100	20,0	0,61	0,51	500,00	1,01	2,2	59,72	58,86	58,88	58,23	0,84	0,63	1,32	1,32
13	13-A	103	24,0	0,73	0,61	600,00	1,13	3,0	58,86	59,00	58,30	57,79	0,56	1,21	1,59	1,59
13-A	13-B	85	24,0	0,73	0,61	600,00	1,13	3,0	59,00	59,02	57,76	57,33	1,24	1,69	2,17	2,17
13-B	35	100	30,0	0,91	0,76	750,00	1,31	3,0	59,02	59,15	57,45	57,29	1,57	1,86	2,59	2,59
35	35-A	100	36,0	1,10	0,91	900,00	1,50	3,0	59,15	58,80	57,41	56,91	1,74	1,89	2,86	2,86
35-A	35-B	100	36,0	1,10	0,91	900,00	1,50	3,0	58,80	58,80	56,88	56,38	1,92	2,42	3,22	3,22
35-B	RIO	100	36,0	1,10	0,91	900,00	1,50	3,0	58,80	58,80	56,35	55,85	2,45	2,95	3,75	3,75

De	a	H med exc	Díam pozo		L real	V exc pozo	V exc tub	Vrell base	Vrell atraque	V exc	Vrell 1	Vrell recub	V conc	Volumen tubería	V exc b caja
			sup	inf											
1	2	1,70	1,2	1,2	80,80	2,16	130,5	6,5	3,0	132,6	9,5	114,7		8,5	105,0
2	3	2,06	1,2	1,2	84,50	2,56	159,6	6,8	8,1	162,2	14,9	138,5		8,9	133,0
3	5	1,64	1,2	1,2	118,80	2,10	231,3	10,7	15,1	233,4	25,8	185,4		22,2	173,4
5	6	1,17	1,2	1,2	113,68	1,57	179,8	10,2	5,9	181,3		160,1	16,1	21,2	118,3
6	7	1,15	1,2	1,2	80,30	1,54	125,2	7,2	4,2	126,7		111,7	11,4	15,0	81,7
7	8	1,15	1,2	1,2	78,80	1,55	119,1	7,1	10,0	120,6	17,1	88,8		14,7	80,7
8	9	1,63	1,2	1,2	82,95	2,08	160,5	7,5	10,5	162,6	18,0	129,1		15,5	120,1
9	10	2,15	1,2	1,2	102,90	2,67	246,1	9,3	13,1	248,8	22,3	207,2		19,2	196,0
10	11	2,00	1,2	1,2	72,52	2,50	163,8	6,5	9,2	166,3	15,7	137,0		13,5	128,5
11	12	1,58	1,2	1,2	75,95	2,03	143,6	6,8	9,6	145,6	16,5	115,0		14,2	106,6
12	13	1,32	1,2	1,2	98,80	1,73	207,4	11,9	6,9	209,1		180,3	18,8	28,8	131,4
13	13-A	1,59	1,2	1,2	101,80	2,04	284,5	17,6	21,5	286,6		243,8	39,1	42,8	182,7
13-B	13-B	2,17	1,2	1,2	83,80	2,70	289,2	14,5	17,7	291,9		256,7	32,2	35,2	205,4
13-B	35	2,59	1,5	1,5	98,50	4,97	478,2	23,0	26,5	483,2		418,5	49,5	64,7	335,2
35	35-A	2,86	1,5	1,5	98,50	5,46	618,0	34,0	34,5	623,4		530,3	68,5	93,1	422,4
35-A	35-B	3,22	1,5	1,5	98,50	6,09	670,3	34,0	34,5	676,4		583,3	68,5	93,1	474,8
35-B	RIO	3,75	1,5	1,5	98,50	7,03	748,5	34,0	34,5	755,5		662,4	68,5	93,1	552,9
													372,5		

Cantidades de obra

Volumen de excavación total	5006,3
Volumen de material para cimentación de tubería	139,8
Volumen de recebo para cubrir tubería	4262,6
Volumen de sobrantes	743,7

GUÍA RAS-006
SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
ALTERNATIVA SISTEMA SEPARADO- OPCIÓN 2
CUADRO CÁLCULO DE VOLÚMENES

De	Pozo	a	Long (m)	Díam "	De	Di	Díam Nom	Bd	F. C.	Cota terreno		Cota clave		Recubrimiento		H med	
										Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf	Exc 1	Exc 2
19	23		65,6	12,0	0,37	0,30	300	0,77	1,9	62,12	60,47	60,20	58,56	1,92	1,91	2,27	2,27
23	30		16,19	20,0	0,61	0,51	500	1,01	1,9	60,47	60,09	58,73	58,62	1,74	1,47	2,19	2,19
30	31'		41,2	30,0	0,91	0,76	750	1,31	2,2	60,09	59,68	58,84	58,75	1,25	0,93	1,97	1,97
31'	31		67,66	30,0	0,91	0,76	750	1,31	1,9	59,68	61,46	58,72	58,59	0,96	2,87	2,79	2,79
31	32		74,7	30,0	0,91	0,76	750	1,31	1,9	61,46	61,39	58,56	58,33	2,90	3,06	3,85	3,85
32	33		80,62	30,0	0,91	0,76	900	1,31	3,0	61,39	60,96	58,30	57,98	3,09	2,98	3,91	3,91
33	34		100	36,0	1,10	0,91	900	1,50	1,9	60,96	59,20	58,10	57,75	2,86	1,45	3,20	3,20
34	35		102,8	36,0	1,10	0,91	900	1,50	3,0	59,20	59,15	57,72	57,31	1,48	1,84	2,71	2,71
								0,40					57,29				
27	28		100	12,0	0,37	0,30	300	0,77	1,5	61,39	60,55	60,00	59,70	1,39	0,85	1,47	1,47
28	29		100	12,0	0,37	0,30	300	0,77	1,9	60,55	59,50	59,67	58,87	0,88	0,63	1,11	1,11
29	30-A		136,7	16,0	0,49	0,41	400	0,89	1,9	59,50	60,23	58,94	58,73	0,56	1,50	1,49	1,49
30-A	30		20,6	16,0	0,49	0,41	400	0,89	1,9	60,23	60,09	58,70	58,67	1,53	1,42	1,94	1,94
								0,40									
23-E	23-D		68,7	12,0	0,37	0,30	300	0,77	1,9	61,77	59,50	61,10	58,90	0,67	0,60	0,98	0,98
23-D	23-C		33,8	16,0	0,49	0,41	400	0,89	2,2	59,50	59,70	58,97	58,92	0,53	0,78	1,12	1,12
23-C	23-B		33,8	16,0	0,49	0,41	400	0,89	1,9	59,70	59,89	58,89	58,81	0,81	1,08	1,41	1,41
23-B	23-A		32,96	16,0	0,49	0,41	400	0,89	1,9	59,89	59,54	58,78	58,68	1,11	0,86	1,46	1,46
23-A	23		22,45	16,0	0,49	0,41	400	0,89	1,9	59,54	60,47	58,65	58,58	0,89	1,89	1,86	1,86

De	a	H med exc	Díam pozo sup	Díam pozo inf	L real	V exc pozo	V exc tub	V rell base	V rell atraque	V exc	V rell t	V rell recub	V conc	Volumen tubería	V exc b caja
19	23	2,27	1,2	1,2	64,4	2,8	132,0	5,2	6,2	134,8	11,3	116,7		6,8	111,7
23	30	2,19	1,2	1,2	14,99	2,7	43,5	1,8	2,4	46,3	4,2	37,7		4,4	33,2
30	31'	1,97	1,5	1,5	39,7	3,9	162,2	9,3	4,9	166,1		140,0	14,2	26,1	102,6
31'	31	2,79	1,5	1,5	66,16	5,3	332,0	15,5	17,8	337,4	33,3	260,6		43,4	242,6
31	32	3,85	1,5	1,5	73,2	7,2	469,8	17,1	19,7	477,0	36,8	392,1		48,1	370,8
32	33	3,91	1,5	1,5	79,12	7,3	521,3	27,3	27,7	528,6		476,6	55,0	52,0	406,4
33	34	3,20	1,5	1,5	98,5	6,1	654,6	34,0	34,5	660,7	68,5	499,1		93,1	472,6
34	35	2,71	1,5	1,5	101,3	5,2	612,1	34,9	35,5	617,3		521,5	70,4	95,8	411,0
27	28	1,47	1,2	1,2	98,8	1,9	142,4	7,9	3,7	144,3	11,6	122,3		10,4	111,3
28	29	1,11	1,2	1,2	98,8	1,5	114,8	7,9	9,5	116,3	17,4	88,5		10,4	83,6
29	30-A	1,49	1,2	1,2	135,5	1,9	245,8	12,2	17,2	247,7	29,4	193,0		25,3	179,8
30-A	30	1,94	1,2	1,2	19,4	2,4	42,8	1,7	2,5	45,3	4,2	37,4		3,6	33,4
23-E	23-D	0,98	1,2	1,2	67,5	1,4	72,2	5,4	6,5	73,5	11,9	54,5		7,1	50,9
23-D	23-C	1,12	1,2	1,2	32,6	1,5	50,1	2,9	1,7	51,6		45,5	4,6	6,1	32,4
23-C	23-B	1,41	1,2	1,2	32,6	1,8	56,8	2,9	4,1	58,6	7,1	45,5		6,1	40,9
23-B	23-A	1,46	1,2	1,2	31,76	1,9	56,5	2,9	4,0	58,4	6,9	45,6		5,9	41,0
23-A	23	1,86	1,2	1,2	21,25	2,3	45,4	1,9	2,7	47,7	4,6	39,2		4,0	35,1
													144,2		

Cantidades de obra

Volumen de excavación total	3811,5
Volumen de material para cimentación de tubería	247,1
Volumen de recebo para cubrir tubería	3115,9
Volumen de sobrantes	695,6

GUÍA RAS-006
SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
ALTERNATIVA SISTEMA SEPARADO- OPCIÓN 2
CUADRO CÁLCULO DE VOLÚMENES

De	Pozo	a	Long (m)	Díam "	Díam "	De	Di	Díam Nom	Bd	F. C.	Cota terreno		Cota clave		Recubrimiento		H med	
											Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf	Exc 1	Exc 2
18		17	118,8	12,0	0,37	0,30	300	0,77	1,5	61,94	61,34	60,94	60,23	1,00	1,11	1,41		
17		16	98,8	12,0	0,37	0,30	300	0,77	1,5	61,34	60,94	60,20	59,60	1,14	1,34	1,59		
16		15	98,8	16,0	0,49	0,41	400	0,89	1,9	60,94	59,63	59,17	58,78	1,77	0,85	1,78		
15		14	118,8	16,0	0,49	0,41	400	0,89	4,0	59,63	58,61	59,05	58,51	0,58	0,10	0,81		
14		13	38,23	16,0	0,49	0,41	400	0,89	4,0	58,61	58,86	58,48	58,31	0,13	0,55	0,80		
							300	0,40	1,5				58,30					
20		21	74,16	12,0	0,37	0,30	300	0,77	1,5	63,34	62,48	62,34	61,30	1,00	1,18	1,44		
21		22	76	12,0	0,37	0,30	300	0,77	1,5	62,48	62,06	61,57	60,66	0,91	1,40	1,50		
22		12	58,2	12,0	0,37	0,30	300	0,77	1,5	62,06	59,72	60,63	59,00	1,43	0,72	1,43		
								0,40					58,88					
21		25	74,92	12,0	0,37	0,30	300	0,77	1,5	62,48	61,75	61,48	60,58	1,00	1,17	1,44		
25		26	77,48	12,0	0,37	0,30	300	0,77	1,5	61,75	60,99	60,85	59,92	0,90	1,07	1,33		
26		33	104	16,0	0,49	0,41	400	0,89	1,9	60,99	60,96	59,89	59,32	1,10	1,64	1,84		
								0,40					58,10					
20		24	70,21	12,0	0,37	0,30	300	0,77	1,5	63,28	62,62	62,28	61,44	1,00	1,18	1,44		
24		31	50,31	12,0	0,37	0,30	300	0,77	1,5	62,62	61,46	61,41	60,40	1,21	1,06	1,49		

De	a	H med exc	Diám pozo		L real	V exc pozo	V exc tub	V rell base	V rell atraque	V exc	V rell 1	V rell recub	V conc	Volumen tubería	V exc b caja
			sup	inf											
18	17	1,41	1,2	1,2	117,6	1,8	163,8	9,4	4,4	165,6	13,8	139,5		12,4	126,7
17	16	1,59	1,2	1,2	97,6	2,0	149,6	7,8	3,6	151,6	11,4	129,9		10,3	118,8
16	15	1,78	1,2	1,2	97,6	2,2	201,4	8,8	12,4	203,6	21,2	164,2		18,2	153,8
15	14	0,81	1,2	1,2	117,6	1,2	145,6	10,6	40,3	146,7		124,8	50,9	22,0	84,1
14	13	0,80	1,2	1,2	37,03	1,1	45,8	3,3	12,7	46,9		40,0	16,0	6,9	26,4
20	21	1,44	1,2	1,2	72,96	1,9	103,4	5,8	2,7	105,3	8,5	89,1		7,7	80,4
21	22	1,50	1,2	1,2	74,8	1,9	109,8	6,0	2,8	111,7	8,8	95,1		7,9	86,2
22	12	1,43	1,2	1,2	57	1,8	80,2	4,6	2,1	82,0	6,7	69,4		6,0	62,2
21	25	1,44	1,2	1,2	73,72	1,9	104,2	5,9	2,7	106,1	8,6	89,7		7,7	81,0
25	26	1,33	1,2	1,2	76,28	1,7	102,0	6,1	2,8	103,7	8,9	86,8		8,0	77,9
26	33	1,84	1,2	1,2	102,8	2,3	217,7	9,3	13,1	220,0	22,3	178,5		19,2	167,6
20	24	1,44	1,2	1,2	69,01	1,9	97,9	5,5	2,6	99,8	8,1	84,5		7,3	76,2
24	31	1,49	1,2	1,2	49,11	1,9	71,4	3,9	1,8	73,3	5,7	62,4		5,2	55,9
Cantidades de obra															
Volumen de excavación total														1616,4	
Volumen de material para cimentación de tubería														124,0	
Volumen de recebo para cubrir tubería														1353,8	
Volumen de sobrantes														262,6	
Volumen de recebo para cubrir tubería														67,0	

GUÍA RAS-006

**SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
ALTERNATIVA SISTEMA SEPARADO- OPCIÓN 2
CUADRO DE CANTIDADES DE TUBERÍA**

De	a	Diám. "	Long real	Clase	Materiales	Totales m.
1	2	12,00	80,80	1	2	
2	3	12,00	84,50	1	2	165,30
3	5	16,00	118,80	1	2	
5	6	16,00	113,68	1	2	
6	7	16,00	80,30	1	2	
7	8	16,00	78,80	1	2	
8	9	16,00	82,95	1	2	
9	10	16,00	102,90	1	2	
10	11	16,00	72,52	1	2	
11	12	16,00	75,95	1	2	725,90
12	13	20,00	98,80	1	2	98,80
13	13-A	24,00	101,80	1	3	
13-A	13-B	24,00	83,80	1	3	185,60
13-B	35	30,00	98,50	1	3	98,50
35	35-A	36,00	98,50	1	3	
35-A	35-B	36,00	98,50	2	3	
35-B	RIO	36,00	98,50	2	3	295,50
			1569,60			1569,60

GUÍA RAS-006

**SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
ALTERNATIVA SISTEMA SEPARADO- OPCIÓN 2
CUADRO DE CANTIDADES DE TUBERÍA**

De	a	Diám "	Long real	Clase	Material	Long totales	m
19	23	12,0	64,4	1	2	12"	329,50
23	30	20,0	15,0	1	2	16"	273,1
30	31'	30,0	39,7	1	3	20"	14,99
31'	31	30,0	66,2	2	3	30"	258,18
31	32	30,0	73,2	3	3	36"	199,80
32	33	30,0	79,1	1	3		1075,58
33	34	36,0	98,5	3	3		
34	35	36,0	101,3	1	3		
27	28	12,0	98,8	1	2		
28	29	12,0	98,8	1	2		
29	30-A	16,0	135,5	1	2		
30-A	30	16,0	19,4	1	2		
23-E	23-D	12,0	67,5	1	2		
23-D	23-C	16,0	32,6	1	2		
23-C	23-B	16,0	32,6	1	2		
23-B	23-A	16,0	31,8	1	2		
23-A	23	16,0	21,3	1	2		
			1075,6				

GUÍA RAS-006
SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
ALTERNATIVA SISTEMA SEPARADO- OPCIÓN 2
CUADRO DE CANTIDADES DE TUBERÍA

De	a	Díam "	Long real	Clase	Material	Long. totales	m
18	17	12,0	117,6	1	2	12"	688,08
17	16	12,0	97,6	1	2	16"	355,0
16	15	16,0	97,6	1	2		1043,11
15	14	16,0	117,6	1	2		
14	13	16,0	37,0	1	2		
				1	2		
20	21	12,0	73,0	1	2		
21	22	12,0	74,8	1	2		
22	12	12,0	57,0	1	2		
21	25	12,0	73,7	1	2		
25	26	12,0	76,3	1	2		
26	33	16,0	102,8	1	2		
20	24	12,0	69,0	1	2		
24	31	12,0	49,1	1	2		
			1043,1				



DISEÑO SISTEMA COMBINADO

DETERMINACIÓN DE CAUDALES

De	a	Q -A. servidas sin C.E. l/s	Q- A. lluvias l/s	Q- diseño l/s
1	2	6,98	27,87	34,85
2	3	7,07	45,01	52,07
3	5	7,32	90,16	97,48
5	6	7,44	100,81	108,24
6	7	7,52	106,19	113,71
7	8	7,65	113,13	120,78
8	9	8,39	119,63	128,02
9	10	9,16	189,65	198,80
10	11	10,20	219,95	230,15
11	12	11,13	245,49	256,63
12	13	13,32	310,38	323,70
13	13-A	19,09	448,47	467,56
13-A	13-B	19,78	460,28	480,06
13-B	35	20,59	473,33	493,92
35	36	34,23	171,13	205,35
36	37	35,00	174,99	209,98
37	38	35,31	176,53	211,83
38	39	35,61	178,07	213,68
39	PTAR	35,71	178,57	214,28
35	35-A		1363,77	1363,77
35-A	35-B		1364,87	1364,87
35-B	RIO		1357,05	1357,05
19	23	6,95	119,45	126,41
23	30	7,18	325,06	332,24
30	31'	7,77	481,03	488,80
31'	31	8,07	501,36	509,43
31	32	9,47	618,86	628,33
32	33	10,70	717,65	728,35
33	34	14,08	1119,40	1133,48
34	35	14,93	1179,80	1194,73
27	28	7,00	31,85	38,85
28	29	7,10	56,44	63,54
29	30-A	7,20	78,84	86,04
30-A	30	7,22	74,37	81,59

De	a	Q -A. servidas sin C.E. l/s	Q- A. lluvias l/s	Q- diseño l/s
23-E	23-D	6,86	47,78	54,64
23-D	23-C	6,89	72,94	79,83
23-C	23-B	6,93	94,66	101,59
23-B	23-A	6,96	106,95	113,91
23-A	23	6,96	111,17	118,14
18	17	7,02	47,78	54,80
17	16	7,12	71,90	79,02
16	15	7,22	92,76	99,98
15	14	7,34	116,23	123,57
14	13	7,40	123,32	130,72
20	21	6,85	42,21	49,06
21	22	6,91	80,92	87,83
22	12	6,96	115,93	122,89
21	25	6,86	47,78	54,64
25	26	6,92	92,78	99,70
26	33	7,01	148,78	155,78
20	24	6,86	49,37	56,24
24	31	6,91	82,37	89,28

GUÍA RAS-006
SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
ALTERNATIVA SISTEMA COMBINADO- OPCIÓN 2
CUADRO CÁLCULO DE VOLÚMENES

De	Pozo	Long (m)	Díam "	De	Di	Díam Nom	Bd	F. C.	Cota terreno		Cota clave		Recubrimiento		H med	
									Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf	Exc 1	Exc 1
1	2	82	12,0	0,37	0,30	300,00	0,77	1,5	64,70	65,17	63,65	63,53	1,05	1,64	1,70	1,70
2	3	85,7	12,0	0,37	0,30	300,00	0,77	1,9	65,17	65,02	63,50	63,24	1,67	1,78	2,08	2,08
3	5	120	16,0	0,49	0,41	400,00	0,89	1,9	65,02	63,80	63,31	63,02	1,71	0,78	1,71	1,71
5	6	114,88	16,0	0,49	0,41	400,00	0,89	1,9	63,80	63,43	62,99	62,66	0,81	0,77	1,26	1,26
6	7	81,5	16,0	0,49	0,41	400,00	0,89	1,9	63,43	63,10	62,63	62,37	0,80	0,73	1,23	1,23
7	8	80	16,0	0,49	0,41	400,00	0,89	1,9	63,10	62,86	62,34	62,05	0,76	0,81	1,25	1,25
8	9	84,15	16,0	0,49	0,41	400,00	0,89	1,9	62,86	63,42	62,02	61,68	0,84	1,74	1,76	1,76
9	10	104,1	16,0	0,49	0,41	400,00	0,89	1,9	63,42	62,65	61,65	60,61	1,77	2,04	2,37	2,37
10	11	73,72	16,0	0,49	0,41	400,00	0,89	1,9	62,65	61,29	60,58	59,62	2,07	1,67	2,33	2,33
11	12	77,15	20,0	0,61	0,51	500,00	1,01	1,9	61,29	59,72	59,69	59,36	1,60	0,36	1,56	1,56
12	13	100	20,0	0,61	0,51	500,00	1,01	4,0	59,72	58,86	59,33	58,65	0,39	0,21	0,88	0,88
13	13-A	103	24,0	0,73	0,61	600,00	1,13	4,0	58,86	59,00	58,72	58,19	0,14	0,81	1,18	1,18
13-A	13-B	85	24,0	0,73	0,61	600,00	1,13	3,0	59,00	59,02	58,16	57,69	0,84	1,33	1,79	1,79
13-B	35	100	30,0	0,91	0,76	750,00	1,31	2,2	59,02	59,15	57,81	57,63	1,21	1,52	2,24	2,24
35	36	80	20,0	0,61	0,51	500,00	1,01	1,9	59,15	58,62	57,35	57,13	1,80	1,49	2,23	2,23
36	37	100	20,0	0,61	0,51	500,00	1,01	1,9	58,62	58,37	57,10	56,82	1,52	1,55	2,12	2,12
37	38	80	20,0	0,61	0,51	500,00	1,01	1,9	58,37	58,22	56,79	56,55	1,58	1,67	2,21	2,21
38	39	79,12	20,0	0,61	0,51	500,00	1,01	1,9	58,22	57,43	56,52	56,29	1,70	1,14	2,00	2,00
39	PTAR	25,64	20,0	0,61	0,51	500,00	1,01	1,9	57,43	57,43	56,26	56,18	1,17	1,25	1,80	1,80

De	a	H med exc 2	Diám pozo		L real	V exc pozo	V exc tub	V rell base	V rell atraque	V exc	V rell 1	V rell recub	V conc	Volumen tubería	V exc b caja
			sup	inf											
1	2	1,70	1,2	1,2	80,80	2,16	130,5	6,5	3,0	132,6	9,5	114,7		8,5	105,0
2	3	2,08	1,2	1,2	84,50	2,59	161,0	6,8	8,1	163,6	14,9	139,9		8,9	134,4
3	5	1,71	1,2	1,2	118,80	2,18	238,3	10,7	15,1	240,5	25,8	192,5		22,2	180,5
5	6	1,26	1,2	1,2	113,68	1,66	182,2	10,2	14,4	183,9	24,7	138,0		21,2	126,8
6	7	1,23	1,2	1,2	80,30	1,64	127,1	7,2	10,2	128,7	17,4	96,3		15,0	88,0
7	8	1,25	1,2	1,2	78,80	1,66	126,1	7,1	10,0	127,7	17,1	95,9		14,7	87,7
8	9	1,76	1,2	1,2	82,95	2,23	169,7	7,5	10,5	171,9	18,0	138,4		15,5	129,3
9	10	2,37	1,2	1,2	102,90	2,92	266,6	9,3	13,1	269,5	22,3	227,9		19,2	216,4
10	11	2,33	1,2	1,2	72,52	2,88	185,6	6,5	9,2	188,5	15,7	159,2		13,5	150,3
11	12	1,56	1,2	1,2	75,95	2,01	172,3	9,1	12,1	174,3	21,2	130,9		22,2	119,7
12	13	0,88	1,2	1,2	98,80	1,24	161,4	11,9	41,6	162,7		133,9	53,5	28,8	88,0
13	13-A	1,18	1,2	1,2	101,80	1,58	237,3	17,6	60,5	238,9		196,1	78,1	42,8	135,5
13-A	13-B	1,79	1,2	1,2	83,80	2,27	253,4	14,5	17,7	255,6		220,4	32,2	35,2	169,6
13-B	35	2,24	1,5	1,5	98,50	4,36	438,3	23,0	12,1	442,6		377,9	35,2	64,7	290,3
35	36	2,23	1,2	1,2	78,80	2,76	231,8	9,5	12,5	234,6	22,0	189,6		23,0	177,3
36	37	2,12	1,2	1,2	98,80	2,64	279,5	11,9	15,7	282,1	27,6	225,7		28,8	211,1
37	38	2,21	1,2	1,2	78,80	2,74	230,1	9,5	12,5	232,8	22,0	187,8		23,0	175,5
38	39	2,00	1,2	1,2	77,92	2,51	211,7	9,4	12,4	214,2	21,7	169,7		22,7	157,7
39	PTAR	1,80	1,2	1,2	24,44	2,28	61,3	2,9	3,9	63,5	6,8	49,6		7,1	44,3
													198,9		

Cantidades de obra

Volumen de excavación Total	3908,3
Volumen de material para cimentación de tubería	286,6
Volumen de recebo para cubrir tubería	3184,4
Volumen de sobrantes	723,8

GUÍA RAS-006
SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
ALTERNATIVA SISTEMA COMBINADO- OPCIÓN 2
CUADRO CÁLCULO DE VOLÚMENES

Pozo De	a	Long (m)	Díam "	De	Di	Díam Nom	Bd	F.C.	Cota terreno		Cota clave		Recubrimiento		H med Exc 1	
									Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf
19	23	65,6	12,0	0,37	0,30	300	0,77	1,9	62,12	60,47	60,20	58,56	1,92	1,91	2,27	2,27
23	30	16,19	24,0	0,73	0,61	600	1,13	1,9	60,47	60,09	58,83	58,78	1,64	1,31	2,18	2,18
30	31'	41,2	30,0	0,91	0,76	750	1,31	2,2	60,09	59,68	58,90	58,83	1,19	0,85	1,90	1,90
31'	31	67,66	30,0	0,91	0,76	750	1,31	1,9	59,68	61,46	58,80	58,66	0,88	2,80	2,72	2,72
31	32	74,7	30,0	0,91	0,76	750	1,31	1,9	61,46	61,39	58,63	58,41	2,83	2,98	3,78	3,78
32	33	80,62	30,0	0,91	0,76	900	1,31	3,0	61,39	60,96	58,38	58,06	3,01	2,90	3,83	3,83
33	34	100	36,0	1,10	0,91	900	1,50	1,9	60,96	59,20	58,18	57,83	2,78	1,37	3,13	3,13
34	35	102,8	36,0	1,10	0,91	900	1,50	3,0	59,20	59,15	57,80	57,38	1,40	1,77	2,64	2,64
							0,40					57,35				
27	28	100	12,0	0,37	0,30	300	0,77	1,5	61,39	60,55	60,00	59,70	1,39	0,85	1,47	1,47
28	29	100	12,0	0,37	0,30	300	0,77	2,2	60,55	59,50	59,67	59,17	0,88	0,33	0,96	0,96
29	30-A	136,7	16,0	0,49	0,41	400	0,89	1,9	59,50	60,23	59,24	58,99	0,26	1,24	1,22	1,22
30-A	30	20,6	16,0	0,49	0,41	400	0,89	1,9	60,23	60,09	58,96	58,93	1,27	1,16	1,68	1,68
							0,40					58,90				
23-E	23-D	68,7	12,0	0,37	0,30	300	0,77	3,0	61,77	59,50	61,20	59,21	0,57	0,29	0,78	0,78
23-D	23-C	33,8	16,0	0,49	0,41	400	0,89	4,0	59,50	59,70	59,28	59,22	0,22	0,48	0,82	0,82
23-C	23-B	33,8	16,0	0,49	0,41	400	0,89	2,2	59,70	59,89	59,19	59,11	0,51	0,78	1,11	1,11
23-B	23-A	32,96	16,0	0,49	0,41	400	0,89	2,2	59,89	59,54	59,08	58,97	0,81	0,57	1,16	1,16
23-A	23	22,45	16,0	0,49	0,41	400	0,89	1,9	59,54	60,47	58,94	58,86	0,60	1,61	1,57	1,57
							0,40					58,83				
							0,40									

De	a	H med exc 2	Díam pozo		L real	V exc pozo	V exc tub	V rell base	V rell atraque	V exc	V rell 1	V rell recub	V conc tubería	V exc b caja	
			sup	inf											
19	23	2,27	1,2	1,2	64,4	2,8	132,0	5,2	6,2	134,8	11,3	116,7		6,8	111,7
23	30	2,18	1,2	1,2	14,99	2,7	50,9	2,6	3,2	53,6	5,8	41,5		6,3	36,9
30	31'	1,90	1,5	1,5	39,7	3,7	158,6	9,3	4,9	162,4		136,3	14,2	26,1	99,0
31'	31	2,72	1,5	1,5	66,16	5,2	325,7	15,5	17,8	330,9	33,3	254,2		43,4	236,2
31	32	3,78	1,5	1,5	73,2	7,1	462,8	17,1	19,7	469,9	36,8	385,0		48,1	363,8
32	33	3,83	1,5	1,5	79,12	7,2	513,7	27,3	27,7	520,9		468,9	55,0	52,0	398,8
33	34	3,13	1,5	1,5	98,5	5,9	643,9	34,0	34,5	649,8	68,5	488,2		93,1	461,8
34	35	2,64	1,5	1,5	101,3	5,1	601,0	34,9	35,5	606,1		510,3	70,4	95,8	399,9
27	28	1,47	1,2	1,2	98,8	1,9	142,4	7,9	3,7	144,3	11,6	122,3		10,4	111,3
28	29	0,96	1,2	1,2	98,8	1,3	106,9	7,9	3,7	108,2		97,8	11,6	10,4	72,3
29	30-A	1,22	1,2	1,2	135,5	1,6	212,2	12,2	17,2	213,8	29,4	159,1		25,3	146,2
30-A	30	1,68	1,2	1,2	19,4	2,1	38,4	1,7	2,5	40,5	4,2	32,7		3,6	28,9
23-E	23-D	0,78	1,2	1,2	67,5	1,1	63,2	5,4	6,5	64,4		57,3	11,9	7,1	40,4
23-D	23-C	0,82	1,2	1,2	32,6	1,2	40,7	2,9	11,2	41,9		35,8	14,1	6,1	23,6
23-C	23-B	1,11	1,2	1,2	32,6	1,5	49,8	2,9	1,7	51,3		45,2	4,6	6,1	32,2
23-B	23-A	1,16	1,2	1,2	31,76	1,6	49,9	2,9	1,7	51,4		45,5	4,5	5,9	32,7
23-A	23	1,57	1,2	1,2	21,25	2,0	40,1	1,9	2,7	42,1	4,6	33,5		4,0	29,7
													186,3		

Cantidades de obra

Volumen de excavación total	3686,1
Volumen de material para cimentación de tubería	205,4
Volumen de recebo para cubrir tubería	3030,2
Volumen de sobrantes	655,8

GUÍA RAS-006
SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
ALTERNATIVA SISTEMA COMBINADO- OPCIÓN 2
CUADRO CÁLCULO DE VOLÚMENES

De	Pozo	Long (m)	Díam "	De	Di	Díam Nom	Bd	F. C.	Cota terreno		Cota clave		Recubrimiento		H med Exc 1
									Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf	
18	17	118,8	16,0	0,49	0,41	400	0,89	1,9	61,94	61,34	60,94	60,70	1,00	0,64	1,29
17	16	98,8	16,0	0,49	0,41	400	0,89	3,0	61,34	60,94	60,67	60,47	0,67	0,47	1,03
16	15	98,8	16,0	0,49	0,41	400	0,89	1,9	60,94	60,63	60,04	59,45	0,90	1,18	1,50
15	14	118,8	16,0	0,49	0,41	400	0,89	1,9	60,63	59,61	59,72	59,01	0,91	0,60	1,22
14	13	38,23	16,0	0,49	0,41	400	0,89	3,0	59,61	58,86	58,98	58,75	0,63	0,11	0,84
						300	0,40	1,5							
20	21	74,16	12,0	0,37	0,30	300	0,77	1,5	63,34	62,48	62,34	61,30	1,00	1,18	1,44
21	22	76	12,0	0,37	0,30	300	0,77	1,5	62,48	62,06	61,57	60,81	0,91	1,25	1,43
22	12	58,2	12,0	0,37	0,30	300	0,77	1,9	62,06	59,72	60,78	59,33	1,28	0,39	1,19
							0,40								
21	25	74,92	12,0	0,37	0,30	300	0,77	1,5	62,48	61,75	61,48	60,58	1,00	1,17	1,44
25	26	77,48	12,0	0,37	0,30	300	0,77	1,5	61,75	60,99	60,85	59,92	0,90	1,07	1,33
26	33	104	16,0	0,49	0,41	400	0,89	1,9	60,99	60,96	59,89	59,27	1,10	1,69	1,86
							0,40					58,18			
20	24	70,21	12,0	0,37	0,30	300	0,77	1,5	63,28	62,62	62,28	61,44	1,00	1,18	1,44
24	31	50,31	12,0	0,37	0,30	300	0,77	1,5	62,62	61,46	61,41	60,40	1,21	1,06	1,49
35	35-A	100	36,0	1,10	0,91	900	1,50		59,15	58,80	57,10	56,60	2,05	2,20	3,18
35-A	35-B	100	36,0	1,10	0,91	900	1,50		58,80	58,80	56,57	56,07	2,23	2,73	3,53
35-B	RIO	100	36,0	1,10	0,91	900	1,50		58,80	58,80	56,04	55,54	2,76	3,26	4,06

De	a	H med exc	Diam pozo		L real	V exc pozo	V exc tub	V rell base	V rell atraque	V exc	V rell 1	V rell recub	V conc	Volumen tubería	V exc b caja
			sup	inf											
18	17	1,29	1,2	1,2	117,6	1,7	191,5	10,6	14,9	193,2	25,5	145,7		22,0	134,3
17	16	1,03	1,2	1,2	97,6	1,4	140,6	8,8	12,4	142,0		123,8	21,2	18,2	89,6
16	15	1,50	1,2	1,2	97,6	1,9	177,8	8,8	12,4	179,8	21,2	140,4		18,2	130,3
15	14	1,22	1,2	1,2	117,6	1,6	184,8	10,6	14,9	186,4	25,5	139,0		22,0	127,5
14	13	0,84	1,2	1,2	37,03	1,2	46,9	3,3	4,7	48,1		41,2	8,0	6,9	27,5
20	21	1,44	1,2	1,2	72,96	1,9	103,4	5,8	2,7	105,3	8,5	89,1		7,7	80,4
21	22	1,43	1,2	1,2	74,8	1,9	105,4	6,0	2,8	107,3	8,8	90,6		7,9	81,8
22	12	1,19	1,2	1,2	57	1,6	69,7	4,6	5,5	71,3	10,0	55,3		6,0	51,8
21	25	1,44	1,2	1,2	73,72	1,9	104,2	5,9	2,7	106,1	8,6	89,7		7,7	81,0
25	26	1,33	1,2	1,2	76,28	1,7	102,0	6,1	2,8	103,7	8,9	86,8		8,0	77,9
26	33	1,86	1,2	1,2	102,8	2,3	220,1	9,3	13,1	222,4	22,3	180,9		19,2	170,0
20	24	1,44	1,2	1,2	69,01	1,9	97,9	5,5	2,6	99,8	8,1	84,5		7,3	76,2
24	31	1,49	1,2	1,2	49,11	1,9	71,4	3,9	1,8	73,3	5,7	62,4		5,2	55,9
35	35-A	3,18	1,5	1,5	98,5	6,0	630,3			636,3		543,2		93,1	468,5
35-A	35-B	3,53	1,5	1,5	98,5	6,6	682,7			689,3		596,2		93,1	520,8
35-B	RIO	4,06	1,5	1,5	98,5	7,6	760,8			768,4		675,3		93,1	599,0
													29,2		

Cantidades de obra

Volumen de excavación total	3732,8
Volumen de material para cimentación de tubería	153,2
Volumen de recebo para cubrir tubería	3144,0
Volumen de sobrantes	588,9

GUÍA RAS-006

**SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
ALTERNATIVA SISTEMA COMBINADO- OPCIÓN 2
CUADRO DE CANTIDADES DE TUBERÍA**

De	a	Diám "	Long real	Clase	Materiales	Long total
1	2	12	80,8	1	2	
2	3	12	84,5	1	2	165,3
3	5	16	118,8	1	2	
5	6	16	113,68	1	2	
6	7	16	80,3	1	2	
7	8	16	78,8	1		
8	9	16	82,95	1	2	
9	10	16	102,9	1	2	
10	11	16	72,52	1	2	649,95
11	12	20	75,95	1	2	
12	13	20	98,8	1	2	
13	13-A	24	101,8	1	3	
13-A	13-B	24	83,8	1	3	185,6
13-B	35	30	98,5	1	3	98,5
35	36	20	78,8	1	2	
36	37	20	98,8	1	2	
37	38	20	78,8	1	2	
38	39	20	77,92	1	2	
39	PTAR	20	24,44	1	2	533,51
			1632,86			1632,86

GUÍA RAS-006

**SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
ALTERNATIVA SISTEMA COMBINADO- OPCIÓN 2
CUADRO DE CANTIDADES DE TUBERÍA**

De	a	Diám "	Long real	Clase	Material	Long totales	m
19	23	12,0	64,4	1	2	12"	329,50
23	30	24,0	15,0	1	2	16"	273,1
30	31'	30,0	39,7	1	3	24"	14,99
31'	31	30,0	66,2	2	3	30"	258,18
31	32	30,0	73,2	3	3	36"	199,80
32	33	30,0	79,1	1	3		1075,58
33	34	36,0	98,5	3	3		
34	35	36,0	101,3	1	3		
27	28	12,0	98,8	1	2		
28	29	12,0	98,8	1	2		
29	30-A	16,0	135,5	1	2		
30-A	30	16,0	19,4	1	2		
23-E	23-D	12,0	67,5	1	2		
23-D	23-C	16,0	32,6	1	2		
23-C	23-B	16,0	32,6	1	2		
23-B	23-A	16,0	31,8	1	2		
23-A	23	16,0	21,3	1	2		
			1075,6				

GUÍA RAS-006
SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS
ALTERNATIVA SISTEMA COMBINADO- OPCIÓN 2
CUADRO DE CANTIDADES DE TUBERÍA

De	a	Diam "	Long real	Clase	Material	Long totales	m
18	17	16,0	117,6	1	2	12"	472,88
17	16	16,0	97,6	1	2	16"	570,2
16	15	16,0	97,6	1	2	36"	295,50
15	14	16,0	117,6	1	2		1338,61
14	13	16,0	37,0	1	2		
				1	2		
20	21	12,0	73,0	1	2		
21	22	12,0	74,8	1	2		
22	22	12,0	57,0	1	2		
21	25	12,0	73,7	1	2		
25	26	12,0	76,3	1	2		
26	33	16,0	102,8	1	2		
20	24	12,0	69,0	1	2		
24	31	12,0	49,1	1	2		
35	35-A	36,0	98,5	2	3		
35-A	35-B	36,0	98,5	3	3		
35-B	RIO	36,0	98,5	2	3		
			1338,6				