

Revisión: 00	02/10/2019	Pág. 1/15
DOCUMENTO DE CALIDAD CRITERIOS DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLADO		DC_61

EL DOCUMENTO DE CALIDAD: "CRITERIOS DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLADO" HA SIDO				
Preparado por:	Leonidas Dávila	Técnico de Proyectos	Fecha: 02/10/2019	Firma: 
Revisado por:	Miguel Alvarado	Subgerente Técnico	Fecha: 02/10/2019	Firma: 
Aprobado por:	Ma. Fernanda Concha	Comité de Calidad 2019/12	Fecha: 02/10/2019	Firma: 

REGISTRO DE CAMBIOS

Revisión No.	Fecha de la revisión	Resumen de los cambios
00	02/10/2019	Creación del documento.

CRITERIOS DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLADO

AMAGUA-CEM

Revisión: 00	02/10/2019	Pág. 2/15
DOCUMENTO DE CALIDAD CRITERIOS DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLADO		DC_6I

O. INDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	3
2.	DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA	3
3.	ALCANTARILLADO SANITARIO.....	3
3.1.	PERIODO DE DISEÑO.....	3
3.2.	DOTACIÓN.....	4
3.3.	DENSIDAD POBLACIONAL.....	4
3.4.	CAUDALES DE DISEÑO.....	4
3.5.	DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO.....	6
3.6.	NORMAS PARTICULARES DE DISEÑO.....	7
4.	ALCANTARILLADO PLUVIAL.....	12
4.1.	PERIODOS DE RECURRENCIA.....	12
4.2.	ÁREAS DE DRENAJE	12
4.3.	CAUDALES DE DISEÑO.....	13
4.4.	CURVAS DE INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA.....	13
4.5.	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA	14
4.6.	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	14
4.7.	DIÁMETRO MÍNIMO.....	14
4.8.	VELOCIDADES MÍNIMAS	15
4.9.	VELOCIDADES MÁXIMAS	15
4.10.	PROFUNDIDAD DE INSTALACIÓN DE TUBERÍAS.....	15
5.	ESTACIONES DE BOMBEO DE AGUA RESIDUAL.....	15

Revisión: 00	02/10/2019	Pág. 3/15
DOCUMENTO DE CALIDAD CRITERIOS DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLADO		DC_61

I. INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde a los criterios de diseño definidos para la proyección y dimensionamiento de las redes de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales de los sectores de cobertura de AMAGUA-CEM.

Los criterios aquí relacionados han sido definidos tomando como base las normas de diseño vigentes, la lista de materiales aprobados por las normas INEN, las normas de diseño definidas por organismos nacionales y que pudieran tener el carácter de mandatorio, así como las normas y criterios de la buena práctica de Ingeniería.

2. DOCUMENTACIÓN DE REFERENCIA

- a) Código de Práctica Ecuatoriano CPE INEN 5 Parte 9-I:1992, Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, Quito - Ecuador (1992).
- b) Normas y Criterios de Diseño para Acueducto y Alcantarillado en la Ciudad de Santiago de Guayaquil - Volumen 3, Normas para el diseño de redes de alcantarillado. International Water Services (Guayaquil) INTERAGUA Cía. Ltda. (INTERAGUA), Guayaquil - Ecuador (2008).
- c) Norma Técnica de Diseño NTD IA 001. Construcción de Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado, Estaciones de Bombeo Alcantarillado Sanitario y Pluvial, Versión 3. International Water Services (Guayaquil) INTERAGUA Cía. Ltda. (INTERAGUA), Guayaquil - Ecuador (2013).
- d) Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000. Sección II, Título D, Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Pluviales. Ministerio de Desarrollo Económico - Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico, Bogotá - Colombia (2000).
- e) NORMA ECUATORIANA VIAL NEVI-12 - MTOP. MINISTERIO DE TRANSPORTES Y OBRAS PÚBLICAS. QUITO ECUADOR. (2013)
- f) PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS 2012 - 2021. GOBIERNO PROVINCIAL DEL GUAYAS, Guayaquil - Ecuador (2013).
- g) PLAN DE DESARROLLO DE LA PROVINCIA DEL GUAYAS 2012-2021. GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO PROVINCIAL DEL GUAYAS. Guayaquil - Ecuador (2013).
- h) MAPAS DE AMENAZA. Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. Samborondón - Ecuador.

3. ALCANTARILLADO SANITARIO

3.1. PERIODO DE DISEÑO

El periodo de planeamiento o de diseño se estableció en función de la capacidad del sistema para atender la demanda futura, la densidad actual y de saturación, la programación de inversiones, la durabilidad de los materiales y equipos empleados, entre otros.

El valor adoptado para el diseño en los sectores es de 30 años, horizonte para el cual se esperan condiciones de saturación.

Horizonte de Diseño: Año 2048
 Periodo de Diseño: Año 2018 al Año 2048

Revisión: 00	02/10/2019	Pág. 4/15
DOCUMENTO DE CALIDAD		DC_61
CRITERIOS DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLADO		

3.2. DOTACIÓN

La dotación del área del proyecto se estableció mediante análisis de la información de micro-medición directa en todo Samborondón y Daule suministrada por AMAGUA-CEM y validación con registros de consumo de sectores con características socio-económicas similares, con densidad de población significativa, donde el servicio de acueducto ha operado con regularidad desde hace varios años.

El número total de usuarios para todas las urbanizaciones. Como dotación neta actual y futura se adoptó un valor de 250 l/hab./día.

3.3. DENSIDAD POBLACIONAL

Considerando que para el horizonte de diseño del sistema de alcantarillado en toda la cobertura estará en condición de saturación, se validó la densidad utilizada en AMAGUA-CEM para el dimensionamiento del sistema de abastecimiento de agua potable de 250 habitantes por hectárea. Este valor fue tomado como referencia para que las proyecciones de población no superen esta condición.

3.4. CAUDALES DE DISEÑO

En este numeral se definen los caudales de diseño de acuerdo a las normas para el diseño de redes de alcantarillado:

3.4.I. CAUDAL MEDIO DE AGUA RESIDUAL (Q_{md})

Para determinar el volumen de aguas residuales aportadas al sistema sanitario se considerará el aporte de aguas residuales por uso doméstico, industrial, comercial e institucional.

$$Q_{md} = Q_d + Q_I + Q_C + Q_{IN} \quad (1.1)$$

Donde:

- Q_{md} : Caudal Medio Diario de Aguas Residuales
- Q_D : Caudal Doméstico
- Q_{IN} : Caudal Institucional
- Q_C : Caudal Comercial
- Q_I : Caudal Industrial

3.4.I.I. Caudal de agua residual doméstica (Q_d)

El aporte doméstico (Q_d) se calculará de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Q_d = \frac{C \cdot D \cdot P}{86400} \quad (1.2)$$

Donde:

- Q_d : Caudal Medio de Agua Residual Doméstica en l/s
- C : Coeficiente de retorno igual a 0.8
- D : Dotación Unitaria de agua potable (l/hab./día) (según numeral **1.1** **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

Revisión: 00	02/10/2019	Pág. 5/15
DOCUMENTO DE CALIDAD		DC_61
CRITERIOS DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLADO		

- P Población (hab.)

3.4.1.2. Caudal de agua residual industrial (Q_I), comercial (Q_C) e institucional (Q_{IN})

El uso del suelo en el sector de cobertura es en general de carácter doméstico. Existen algunos desarrollos comerciales e industriales de escala menor y zonas de uso institucional, predominantemente colegios, cuyos aportes de caudal son marginales en relación al aporte doméstico. De acuerdo con lo anterior, se asume el aporte de caudal industrial, comercial e institucional como equivalente al 5% del aporte de caudal de agua residual doméstica.

3.4.2. CAUDAL POR CONEXIONES ILÍCITAS (Q_{CI})

De acuerdo con las normas para el diseño de redes de alcantarillado, el valor de referencia para los aportes de aguas lluvias al sistema de alcantarillado sanitario, provenientes de malas conexiones de bajantes de tejados y patios, puede considerarse entre 0.1-3 lps/ha.

El Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico de Colombia (RAS, 2000) recomienda que en caso de que exista un sistema de recolección y evacuación de aguas lluvias se deben considerar aportes máximos entre 0.1 y 0.2 lps/ha. En caso de que no disponga de un sistema de recolección y evacuación de aguas lluvias se deben considerar aportes máximos de drenaje pluvial domiciliario a la red sanitaria de 2 lps/ha.

Para efectos de diseño se adopta una tasa de conexiones ilícitas baja de 0.15 lps/ha, teniendo en cuenta que no existe un sistema de recolección y evacuación de aguas lluvias.

3.4.3. CAUDAL DE INFILTRACIÓN (Q_{INF})

De acuerdo con las normas para el diseño de redes de alcantarillado, se recomienda considerar los siguientes rangos para la estimación del caudal por infiltración:

- Infiltración alta: 0.15 - 0.4 l/s-ha
- Infiltración media: 0.1 - 0.3 l/s-ha
- Infiltración baja: 0.05 - 0.2 l/s-ha

De acuerdo con las investigaciones de suelos en las áreas de estudio en zonas de asentamientos en proceso de consolidación, están compuestas principalmente por suelo con matriz arenosa o limoarenosa y compacidad alta, lo que resulta en un suelo de permeabilidad media con infiltraciones entre 0.1 y 0.3 lps/ha.

Para efectos de diseño se adopta una tasa de infiltración de 0.10 lps/ha.

3.4.4. CAUDAL MÁXIMO HORARIO (Q_{MH})

El caudal máximo del día máximo se determinará a partir del caudal medio diario mediante el uso del factor de mayoración (F) de Harmon:

$$Q_{MH} = F \cdot Q_{md} \quad (1.3)$$

donde:

$$F = 1 + \frac{14}{(4 + P^{0.5})} \quad (1.4)$$

Revisión: 00	02/10/2019	Pág. 6/15
DOCUMENTO DE CALIDAD CRITERIOS DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLADO		DC_61

P Población en miles de habitantes

3.4.5. CAUDAL SANITARIO DE DISEÑO (Q_D)

El caudal de diseño de cada tramo de la red de colectores se determinará de la suma del caudal máximo horario del día máximo, Q_{MH} , y los aportes de caudal por infiltración y conexiones erradas:

$$Q_D = Q_{MH} + Q_{INF} + Q_{CI} \quad (1.5)$$

Cuando el caudal de diseño calculado en el tramo sea inferior a 1.5 l/s se adoptará este valor como caudal de diseño, siguiendo la recomendación del Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico de Colombia (RAS, 2000).

3.5. DIMENSIONAMIENTO HIDRÁULICO

Los colectores se diseñarán como conducciones a flujo libre por gravedad. El predimensionamiento hidráulico de la sección de los colectores se realizará suponiendo que el flujo es uniforme utilizando la ecuación de Manning (Ecuación 1.6)

$$V = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \quad (1.6)$$

donde, V es la velocidad media del flujo (m/s), n es el coeficiente de rugosidad de Manning (-), R es el radio hidráulico (m), Q es el caudal (m³/s) y S es la pendiente del colector (m/m).

3.5.1. MATERIALES

De acuerdo a las cargas vivas y muertas, la profundidad de instalación, el tipo de relleno usado, y la competencia del suelo en la instalación de tubería, se valorará el impacto de la carga para la selección de la rigidez mínima que deberá soportar la tubería, de acuerdo con las normas para el diseño de redes de alcantarillado:

- Para conexión intradomiciliaria se considerarán tuberías de PVC lisa desde 160 mm hasta 200 mm.
- Para la red terciaria (ramales y tirantes) se podrán utilizar tuberías de PVC de doble pared estructurada Tipo B.
- Para colectores con diámetro nominal hasta 760 mm se podrán utilizar tuberías de PVC de doble pared estructurada Tipo B.
- Para colectores con diámetro nominal desde 500 mm se podrán utilizar tuberías hormigón armado, dependiendo el caso particular de cada proyecto.

Para otro tipo de instalaciones de colectores como en excavaciones con tecnologías sin zanja u otro tipo de metodología, se podrán usar tuberías de acero o tubería de hierro dúctil.

3.5.2. COEFICIENTES DE RUGOSIDAD

Como criterio conservador y considerando que el coeficiente de rugosidad debe representar adecuadamente el efecto friccional en las condiciones de servicio que el colector experimentará durante toda su vida útil, se adoptó un valor de 0.013 para tuberías plásticas y de 0.015 para tuberías de concreto. Algunos de los factores para aumentar el coeficiente obedecen a la penetración de raíces,

Revisión: 00	02/10/2019	Pág. 7/15
DOCUMENTO DE CALIDAD CRITERIOS DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLADO		DC_61

crecimiento de biofilmes en el interior del conducto, depósitos de sedimentos y deformación del colector, entre otros (RAS, 2000).

3.6. NORMAS PARTICULARES DE DISEÑO

3.6.1. VELOCIDADES MÍNIMAS

Con el fin de impedir la generación de gas sulfhídrico y garantizar el lavado de los sólidos depositados se garantizará una velocidad mínima a tubo lleno en los colectores de 0.6 m/s y una velocidad real del flujo superior a 0.45 m/s. Se verificará que la velocidad mínima genere una fuerza tractiva superior a 0.12 kg/m², garantizando la autolimpieza de las tuberías.

3.6.2. VELOCIDADES MÁXIMAS

Tuberías de Hormigón Armado: 4 m/s

Tuberías de PVC: 7 m/s.

3.6.3. PENDIENTES

La pendiente de las tuberías secundarias y de colectores se establecerá de acuerdo con la configuración topográfica de los tramos, teniendo en cuenta que las profundidades de instalación sean mínimas para disminuir los costos de instalación y evitar bombeos, cumpliendo con los criterios de velocidades máximas y mínimas.

La pendiente para la red terciaria "ramales" será la misma del terreno natural, aunque se verificará que no sea inferior a 5/1000.

3.6.4. RÉGIMEN DE FLUJO

Durante el diseño se verificará la no existencia de flujo crítico (Froude entre 0.9 y 1.1).

3.6.5. PROFUNDIDAD MÍNIMA DE INSTALACIÓN DE TUBERÍAS

Los valores mínimos de profundidad de instalación desde el terreno natural existente al lomo de la tubería serán:

- Zonas verdes y/o peatonales en material no rocoso o duro: 0.8 m.
- Zonas verdes y/o peatonales en material rocoso o duro: 0.6 m.
- Vías vehiculares: 1.20 m.

3.6.6. PROFUNDIDAD DE MÁXIMA DE INSTALACIÓN DE TUBERÍAS

En general, la profundidad máxima de instalación al lomo de la tubería no debe exceder de 5 m. En caso de requerirse mayor profundidad de instalación se justificará económica y técnicamente garantizando la estabilidad estructural de la tubería, cimentaciones, rellenos y recubrimientos.

3.6.7. CAUDAL DE MÁXIMO DE TUBERÍA

Para garantizar el flujo libre del sistema, permitir la ventilación del líquido e impedir la acumulación de gases tóxicos, la relación entre el caudal de diseño y caudal a tubo lleno (Q/Q_0) será inferior a 0.85.

Revisión: 00	02/10/2019	Pág. 8/15
DOCUMENTO DE CALIDAD CRITERIOS DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLADO		DC_61

3.6.8. DIÁMETRO MÍNIMO

En general el diámetro mínimo de las tuberías secundarias y principales se determinará en función de los requerimientos hidráulicos y nunca será menor a DN 220 mm. Para la red terciaria el diámetro mínimo será de DN 175 mm.

3.6.9. CONEXIONES DOMICILIARIAS

La conexión de las descargas domiciliarias en los colectores se hará a través de la red terciaria o ramales laterales. Estos ramales se instalarán en las aceras y recibirán todas las descargas domiciliarias que encuentren a su paso.

Se proyectarán ramales sanitarios que drenen dos manzanas cuando la pendiente promedio del terreno de la segunda manzana sea mayor al 2%. Lo anterior garantizará la no profundización de los ramales debido a cruces por las vías donde el recubrimiento será de 1.20 metros. En los casos donde la vía no sea transitable por un vehículo, el cruce se proyectará con 0.60 metros de profundidad al lomo de la tubería. Como referencia se considerarán los límites máximos de pendiente que están indicados en la Tablas 2A.204.I2 de la norma ecuatoriana vial (MTOP, 2013):

TABLA I. PENDIENTES MÁXIMAS – NORMA ECUATORIANA VIAL, Volumen 2A Tabla 2A.204.I2

Velocidad (Km/h)	Orografía del Terreno (%)			
	Plano	Ondulado	Montañoso	Escarpado
20	8	9	10	12
30	8	9	10	12
40	8	9	10	10
50	8	8	8	8
60	8	8	8	8
70	7	7	7	7
80	7	7	7	7
90	6	6	6	6
100	6	5	5	5
110	5	5	5	5

Los ramales laterales descargarán en un pozo de revisión del colector. La conexión de las descargas domiciliarias con los ramales laterales se la hará a través de las cajas domiciliarias. El diámetro mínimo de los ramales laterales (red terciaria) será de 200mm.

3.6.10. CAJA DOMICILIARIA

La conexión domiciliaria se iniciará una caja de revisión (domiciliaria) a la cual le llegará la conexión intradomiciliaria.

Si el proyecto está considerando construir una caja en PVC con diámetro de 400 mm por cada vivienda o lotes existentes.

Las cajas domiciliarias en hormigón se proyectarán en los siguientes casos:

- Cuando ingresa más de un ramal a la caja domiciliaria.
- Al final de cada manzana en los tirantes y cruces por vías.
- Cuando se requieren cambios en la horizontal y vertical de más del 10%.
- Cuando la pendiente del terreno es superior a 30%.
- Cuando la profundidad es superior a 2 metros (caja de hormigón armado).

Revisión: 00	02/10/2019	Pág. 9/15
DOCUMENTO DE CALIDAD CRITERIOS DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLADO		DC_61

- Cuando se requiera una caída entre la cota invert de la tubería de entrada a la caja domiciliaria y la cota invert de la tubería de salida.
- Cuando este previsto el acceso de equipos y/o vehículos sobre la caja verificando el conjunto formado por losa de techo y tapas para cargas de tránsito correspondientes a un camión HS 20 con una carga de 7.257 kg. / rueda.
- Para otro tipo de solicitudes importantes de carga en vías (peatonales, zonas verdes), se evaluará el tipo de tráfico o carga.

3.6.II. DISPOSICIÓN GENERAL DE LOS COLECTORES

Los trazados de los conductos de alcantarillado se proyectarán evitando interferencias con las líneas de acueducto, gas, electricidad, teléfono o poliducto si es el caso. Se tendrá en cuenta los trazados y diseños entregados por la promotora o constructora y las diversas instituciones involucradas, además se cumplirá con lo siguiente:

- Las tuberías y colectores seguirán en general las pendientes del terreno natural.
- Las redes de alcantarillado secundario se localizarán a 1.50 metros del eje de las vías públicas previendo el espacio para futuras redes de drenaje pluvial.
- Se construirán colectores terciarios "ramales" a cada lado de la vía por debajo de las aceras, sobre las cuales se instalarán las cajas domiciliarias. Es decir, se instalarán dos por calle excepto en calles peatonales, en donde se colocará una sola tubería a la cual se conectarán las conexiones domiciliarias de ambos costados. Los ramales se conectarán al sistema secundario en las cámaras de dicho sistema, localizadas en las intersecciones de las vías mediante tirantes.

Las distancias mínimas libres entre los colectores que conformarán el alcantarillado y las tuberías de otras redes de servicios públicos, en lo posible serán de al menos 1.0 m en la dirección horizontal y 0.2 m en la dirección vertical.

3.6.I2. UBICACIÓN DE CÁMARAS DE INSPECCIÓN

La separación máxima entre cámaras cumplirá con las longitudes recomendadas.

TABLA 2. DISTANCIAS MÁXIMAS RECOMENDADAS DE LAS TUBERIAS SEGÚN EL DIÁMETRO
(Fuente Interagua, 2008)

DIÁMETRO, (mm)	DISTANCIA MÁXIMA, (m)
< 200 mm	100
200 mm a 450 mm	120
450 mm a 600 mm	150

3.6.I3. CÁMARAS DE CAÍDA

Si fueren necesarias las cámaras de caída las cuales son estructuras de conexión frecuentes en terrenos con pendiente pronunciada, que con el objeto de evitar velocidades mayores de las máximas permisibles se utiliza la cámara como un dissipador de energía.

Todos los colectores que lleguen a una estructura de conexión con una diferencia mayor de 0.75 m con respecto a la batea del colector de salida, entregarán al pozo incluyendo una cámara de caída.

Revisión: 00	02/10/2019	Pág. 10/15
DOCUMENTO DE CALIDAD CRITERIOS DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLADO		DC_61

El colector de entrada debe unirse con el fondo de la cámara mediante un tubo bajante que está colocado fuera de la misma. La tubería se debe prolongar con su pendiente original hasta la parte interior de la cámara, con objeto de facilitar la inspección y limpieza del conducto.

El diámetro del tubo bajante debe ser de máximo 315 mm, a menos que se justifique uno de mayor diámetro y en ningún caso menor que 200 mm. De dependiendo del diámetro nominal de la tubería de entrada a la cámara de inspección (D_e), se utilizarán los diámetros para el tubo bajante ($D_{caída}$):

$$D_e \leq 350\text{mm} \rightarrow D_{caída} = 220\text{ mm}$$

$$350\text{mm} < D_e \leq 650\text{mm} \rightarrow D_{caída} = 280\text{ mm}$$

$$650\text{mm} < D_e \leq 900\text{mm} \rightarrow D_{caída} = 400\text{ mm}$$

3.6.14. PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN ESTRUCTURAS DE CONEXIÓN Y CÁMARAS DE INSPECCIÓN

La pérdida de energía se calcula en función de la diferencia de diámetros para alcantarillas entre 450 mm y 750 mm de diámetro. A partir de dicho diámetro recomienda utilizar el Método de la Energía Específica para determinar la pérdida de energía.

Como criterio general se adopto el Método de la Energía Específica para calcular las pérdidas en estructuras de conexión, teniendo en cuenta los criterios definidos en el RAS-2000 donde se consideran las condiciones del flujo, cambios en el alineamiento, radios de curvatura y características geométricas de las cámaras y colectores, como se indica a continuación.

Régimen subcrítico: La cota de invert del colector de salida se determinará mediante empate de la línea de energía entre los colectores de entrada y salida, considerando las pérdidas de cabeza en las estructuras de conexión. Las pérdidas de energía ocurridas por la unión de colectores y el cambio en la dirección de flujo se estimarán como:

$$\Delta H_e = \Delta E + K_k |Hv_2 - Hv_1| + \Delta H_c \quad (1.2)$$

$$\Delta E = (y_2 + Hv_2) - (y_1 + Hv_1) \quad (1.3)$$

$$\Delta H_c = K_c \cdot Hv \quad (1.4)$$

donde, ΔH_e pérdidas de energía ocurridas por la unión de colectores, ΔE es la diferencia de energía específica entre el colector de salida y el colector principal de entrada a la estructura, ΔH_c es la pérdida de energía por cambio de dirección del colector principal, Hv_1, Hv_2 son la cabeza de velocidad en el colector principal de entrada y de salida respectivamente, K_k es 0.2 para velocidad creciente y 0.4 para velocidad decreciente, K_c es el coeficiente de pérdida de energía por flujo curvilíneo dentro de la estructura (ver Tabla 3) y y_1, y_2 son las profundidades de flujo en el colector principal de entrada y de salida respectivamente.

Tabla 3 Valores del coeficiente K_c (RAS, 2000)

Régimen del Flujo	Radio curvatura/Diámetro	K_c
Subcrítico	1.0 - 1.5	0.40
	1.5 - 3.0	0.20
	> 3.0	0.05

Régimen supercrítico: La unión de dos tuberías con flujo supercrítico se calculará suponiendo la pérdida de toda la energía cinética del colector de entrada, por lo que la elevación de entrada en la estructura de

Revisión: 00	02/10/2019	Pág. 11/15
DOCUMENTO DE CALIDAD		DC_61
CRITERIOS DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLADO		

unión se calculará empatando niveles del agua entre el flujo de entrada y de salida. Este comportamiento es equivalente al de una masa de agua estacionaria que para salir de la estructura de unión debe hacerlo por el orificio formado por el colector de salida (RAS, 2000).

El diseño puede presentarse de manera sumergida o no sumergida, dependiendo del diámetro del colector y del caudal efluente.

Entrada no sumergida: Se presenta cuando,

$$\frac{Q}{D_s^2(g \cdot D_s)^{0.5}} \leq 0.62 \quad (1.5)$$

la profundidad esperada del agua en la estructura de conexión (H_w), se estima como:

$$H_w = K \cdot D_s \left(\frac{H_c}{D_s} + \frac{H_e}{D_s} \right) \quad (1.6)$$

$$H_e = 0.589 \cdot D_s \left(\frac{Q}{D_s^2(g \cdot D_s)^{0.5}} \right)^{2.61} \quad (1.7)$$

Entrada sumergida: Se presenta cuando,

$$\frac{Q}{D_s^2(g \cdot D_s)^{0.5}} > 0.62 \quad (1.8)$$

la profundidad esperada del agua en la estructura de conexión (H_w), se estima como:

$$H_w = K \cdot D_s \left(0.7 + 1.91 \left(\frac{Q}{D_s^2 \cdot (g \cdot D_s)^{0.5}} \right)^2 \right) \quad (1.9)$$

donde, Q es el caudal de salida de la estructura de unión (m³/s), D_s es el diámetro del colector de salida de la estructura-pozo (m), g es la aceleración de la gravedad, igual a 9,81 m/s², H_w es la profundidad esperada del agua en la estructura de conexión (m), H_c es la energía específica para la condición de flujo crítico, H_e es el incremento de altura debido a las pérdidas de energía y K es el coeficiente que depende de la relación entre el diámetro de la estructura de unión D_p y el diámetro del colector de salida D_s (Tabla 4).

Tabla 4 Coeficiente K (RAS, 2000)

D _p /D _s	K
Mayor de 2	1.2
Entre 1.6 y 2	1.3
Entre 1.3 y 1.6	1.4
Menor de 1.3	1.5

Transición de flujo de supercrítico a subcrítico: Cuando el régimen del flujo cambia de flujo de supercrítico a subcrítico entre los colectores de entrada y de salida, la elevación de la cota de batea del colector de salida se calculará empatando los niveles del agua entre la entrada y la salida.

Transición de flujo de subcrítico a supercrítico: Cuando el régimen del flujo cambia de flujo de subcrítico a supercrítico entre los colectores de entrada y de salida, la elevación de la cota de batea del colector de salida se calculará empatando el nivel del H_w con el nivel del flujo de entrada.

4. ALCANTARILLADO PLUVIAL

El diseño hidráulico del sistema de alcantarillado pluvial deberá cumplir las siguientes condiciones.

- La relación Caudal de diseño / Caudal a tubo lleno máxima en tiempo húmedo podrá ser igual a uno permitiendo flujo a tubo lleno.
- La capacidad hidráulica del sistema será suficiente para el caudal de diseño con una velocidad de flujo que produzca auto limpieza.

4.1. PERIODOS DE RECURRENCIA

Con el fin de garantizar el correcto funcionamiento a futuro del sistema de drenaje y prever los cruces entre el alcantarillado pluvial y sanitario se realizará el diseño del Sistema de Drenaje Pluvial (Troncal) con capacidad para lluvia de acuerdo a los siguientes tipos de diseño:

- Predimensionamiento: 10 años de periodo de recurrencia.
- Diseño de detalle: El periodo de retorno de diseño debe determinarse de acuerdo con la importancia de las áreas y el nivel de riesgo que la autoridad competente establezca. En la
- Tabla se establecen valores de periodos de retorno o grado de protección.

Tabla 5. Periodos de retorno o grado de protección (TABLA D.4.2 (RAS, 2000))

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 en zonas planas y que drenan áreas mayores de 1000 ha *	10	25	25
Canales abiertos en zonas montañosas (alta velocidad) o a media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 ha	25	25	50

*Parte revestida a 10 años, más borde libre a 100 años

4.2. ÁREAS DE DRENAJE

La extensión y el tipo de áreas tributarias se determinarán para cada tramo por diseñar. El área aferente incluirá el área tributaria propia del tramo en consideración y será determinada por medición directa en planos, y su delimitación será consistente con las redes de drenaje natural (adaptadas con la configuración de las calles).

4.3. CAUDALES DE DISEÑO

Para el predimensionamiento de las redes se calcularán los caudales de diseño aplicando el método Racional, donde se calcula el caudal pico de aguas lluvias con base en la intensidad media del evento de precipitación, con una duración igual al tiempo de concentración del área de drenaje y un coeficiente de escorrentía. La ecuación del método racional se indica a continuación:

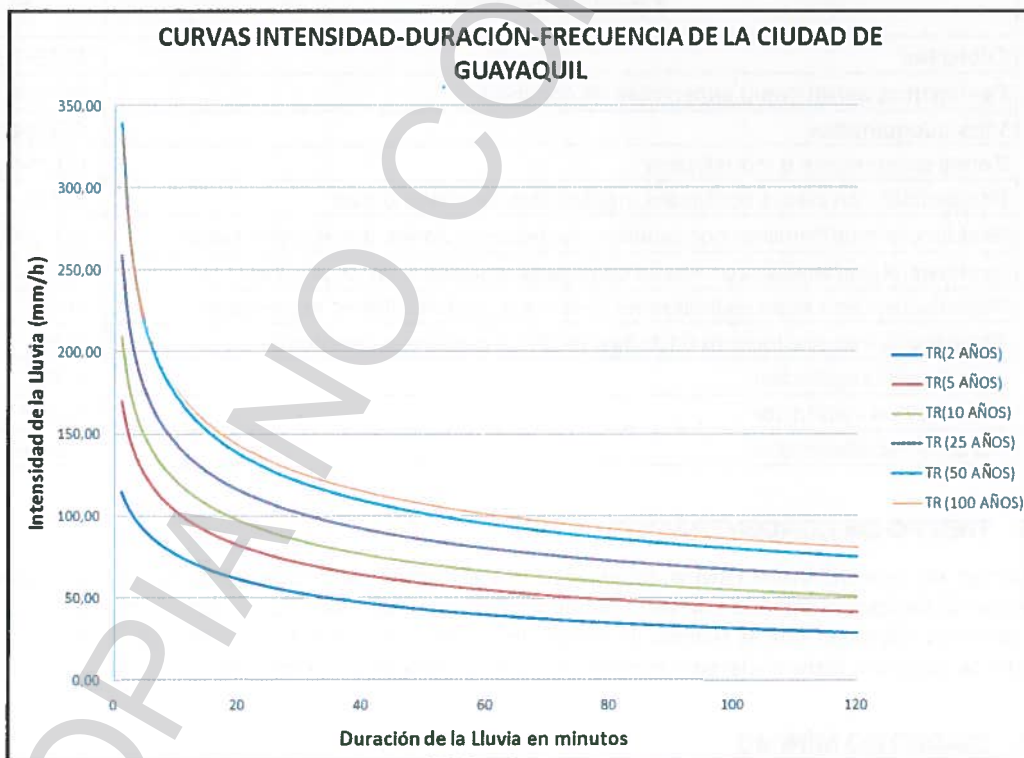
$$Q = C \cdot I \cdot A$$

donde, Q es el caudal de escorrentía (l/s), C es el coeficiente de escorrentía (-), I es la intensidad de la lluvia (mm/h) y A es el área de la cuenca hidrológica o área de drenaje (ha).

Es importante mencionar que la metodología empleada es válida a nivel de prefactibilidad. Para diseño detallado se deben ajustar los caudales utilizando software de modelación que permita representar la variación temporal de la lluvia y el tránsito de caudales considerando la atenuación de la onda de creciente. Los ajustes al predimensionamiento por el cambio de caudales asociado debe tener en cuenta que el sistema no se profundice, ya que las cotas invert del predimensionamiento serán utilizadas para la proyección del sistema sanitario.

4.4. CURVAS DE INTENSIDAD - DURACIÓN - FRECUENCIA

Para estimar los caudales de diseño se utilizarán las curvas de intensidad-duración-frecuencia actualizadas por el Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado para la ciudad de Guayaquil realizado para INTERAGUA, las cuales se presentan en la siguiente Figura.



Curvas IDF de la Ciudad de Guayaquil (PMAA, 2011).

Revisión: 00	02/10/2019	Pág. 14/15
DOCUMENTO DE CALIDAD CRITERIOS DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLADO		DC_61

Las funciones de ajuste representativas de las curvas IDF para Guayaquil y zonas aledañas se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 6. Curvas IDF de la Ciudad de Guayaquil

Período de Retorno Tr (Años)	Ecuación curvas I-D-F		
	$I(t_d) = \frac{c}{t_d^e + f}$		
	c	f	e
2	742.53	5.47	0.63
5	570.75	2.35	0.5077
10	521.00	1.49	0.45
25	486.47	0.88	0.40
50	471.72	0.39	0.37
100	463.15	0.38	0.35

4.5. COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

El coeficiente de escorrentía, C, es función del tipo de suelo, del grado de permeabilidad de la zona, de la pendiente del terreno y otros factores que determinan la fracción de la precipitación que se convierte en escorrentía. En su determinación deben considerarse las pérdidas por infiltración en el suelo y otros efectos. En la tabla 7 se presentan los coeficientes de escorrentía en función del tipo de superficie.

Tabla 7. Coeficiente de escorrentía o impermeabilidad (Tabla D.4.5 (RAS, 2000))

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 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	0,20-0,35

4.6. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

El tiempo de concentración estará compuesto por el tiempo de entrada y el tiempo de recorrido en el colector. 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. Para el sistema troncal pluvial el tiempo de concentración inicial será de 15 minutos.

4.7. DIÁMETRO MÍNIMO

El tamaño mínimo de los colectores tendrá un diámetro nominal de 400 mm o deben justificarlo con mediante los análisis de diseño predimensionados.

Revisión: 00	02/10/2019	Pág. 15/15
DOCUMENTO DE CALIDAD CRITERIOS DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ALCANTARILLADO		DC_61

4.8. VELOCIDADES MÍNIMAS

La velocidad mínima real será de 0.9 m/s para colectores y de 1.0 m/s para condiciones de tubo lleno.

4.9. VELOCIDADES MÁXIMAS

Como valor generalizado se adoptará como velocidad máxima de diseño 4 m/s.

4.10. PROFUNDIDAD DE INSTALACIÓN DE TUBERÍAS

Los valores mínimos de profundidad de instalación a lomo de la tubería serán:

- Zonas verdes y/o peatonales: 0.8 m
- Vías vehiculares: 1.20 m

5. ESTACIONES DE BOMBEO DE AGUA RESIDUAL

Para el diseño de las Estaciones de Bombeo de Agua Residual (EBAR) se tendrán en cuenta las consideraciones de la Norma técnica de Diseño de INTERAGUA, Construcción de Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado - ESTACIONES DE BOMBEO ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL.