

# **NORMA TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES Y LLUVIAS**

**NDC-SE-RA-001/V2.0**

**CÁMARAS DE INSPECCIÓN**



Código	NDC-SE-RA-001/V2.0
Estado	VIGENTE
Versión	2.0 – 23/07/20
Fuente	GUENA – EMCALI EICE ESP – DISEÑO - CONSTRUCCIÓN
Tipo de Documento	NORMA TÉCNICA DE SERVICIO
Tema	RECOLECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES Y LLUVIAS
Comité	TÉCNICO DE APROBACIÓN DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

Titulo	CÁMARAS DE INSPECCIÓN
--------	-----------------------

## ÍNDICE

	Pág.
<u>1. PROLOGO</u>	4
<u>2. OBJETO</u>	5
<u>3. ALCANCE</u>	5
<u>4. DEFINICIONES</u>	5
<u>5. REFERENCIAS NORMATIVAS</u>	6
<u>6. REQUISITOS</u>	7
6.1 GENERALIDADES	7
6.2 PARÁMETROS DE DISEÑO	8
6.3 CLASIFICACIÓN Y APLICACIÓN	8
6.3.1 Clasificación	8
6.3.2 Aplicación	16
6.4 CÁMARAS DE CAÍDA	16
6.5 CAÍDAS EN CÁMARAS	17
6.6 DISTANCIA ENTRE CÁMARAS DE INSPECCIÓN	17
6.7 DIMENSIONES BÁSICAS DE CÁMARAS	17
6.8 MUESTREO Y MÉTODO DE PRUEBA PARA CÁMARAS PREFABRICADAS	18
6.8.1 Transporte y Rotulado	18
6.9 CONEXIÓN DE LAS TUBERÍAS	19
6.10 MATERIALES	19
6.11 ANÁLISIS HIDRÁULICO DE CÁMARAS DE INSPECCIÓN	20
6.11.1 Pérdidas de energía en estructuras de conexión y/o inspección	20
6.11.2 Criterio de selección de la tubería hidráulicamente dominante	20
6.11.3 Régimen subcrítico	21
6.11.4 Régimen supercrítico	26
<u>7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	29
<u>8. ANEXOS</u>	30

## **1. PROLOGO**

La Unidad Estratégica de los Negocios de Acueducto y Alcantarillado - UENAA ha establecido el Área Funcional Sistema de Normas y Especificaciones Técnicas para gestionar el desarrollo y la actualización de las normas y especificaciones técnicas a ser utilizadas por el personal de EMCALI EICE ESP, contratistas, consultores, usuarios y otras partes interesadas. La misión principal del área, consiste en la normalización de los procesos, productos y servicios, para estar acorde con el estado del arte tecnológico y las exigencias gubernamentales, en beneficio de los diferentes sectores que participan en el desarrollo de la infraestructura del entorno y de la comunidad en general.

La versión final de esta Norma Técnica fue revisada y aprobada a través de los Comités Técnico y de Aprobación y ordenada su Publicación y Cumplimiento mediante la resolución de Gerencia General de EMCALI EICE ESP No. GG-001255 del 12 de Julio de 2011.

## **2. OBJETO**

Establecer los criterios para diseño y construcción de las estructuras hidráulicas que sirven de conexión entre colectores y que permiten el acceso a la red, para su inspección y mantenimiento.

## **3. ALCANCE**

Esta norma aplica para las cámaras de inspección construidas en Sitio, en concreto con altura menor o igual a 7 m y para conexión de tuberías de diámetro igual o mayor a 8 pulg (200 mm) con o sin cámaras de caída, para EMCALI EICE ESP. En cuanto a cámaras de inspección prefabricadas, se establecen los requisitos y características de los materiales que acepta EMCALI EICE ESP para ser instaladas en los sistemas de alcantarillado.

## **4. DEFINICIONES**

### **4.1. CÁMARAS DE INSPECCIÓN DE CONCRETO CONSTRUIDA EN-SITIO**

#### **4.1.1 Cámara de Caída**

La cámara de caída es una estructura de conexión (cámara de inspección), recomendada para terrenos con pendiente pronunciada, provista de un acceso especial, que actúa como disipador de energía.

#### **4.1.2 Cámara de Inspección**

Estructura construida en concreto, diseñada para permitir la ventilación, el acceso y el mantenimiento de los colectores de alcantarillado.

### **4.2. CÁMARAS DE INSPECCIÓN PREFABRICADAS EN GRP Y PLÁSTICA**

#### **4.2.1 Diámetro Real**

Diámetro interno de las cámaras de inspección prefabricadas.

#### **4.2.2 Flujo Relativo**

Este flujo se da cuando se relaciona un caudal principal con respecto a uno lateral

#### **4.2.3 Flujo Zambullido**

El flujo se da cuando algún colector descarga por encima de la lámina de agua existente en la cámara.

#### **4.2.4 GRP**

Cámaras construidas en Poliéster reforzado con fibra de vidrio.

#### **4.2.5 Plástica**

Cámara construida en polietileno y cloruro de polivinilo.

#### 4.2.6 Viga Perimetral

Estructura en concreto reforzado construida en el perímetro superior de las cámaras, diseñada para aislar la pieza prefabricada que conforma la cámara, de las cargas transmitidas por el tráfico u otras cargas, además de soportar la placa de cubierta.

### 5. REFERENCIAS NORMATIVAS

Para las siguientes referencias normativas aplica su versión vigente o reglamentación que las modifique, sustituya o adicione.

#### AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS.

- Standard specification for "fiberglass" (glass-fiber-reinforced thermosetting-resin) pressure pipe. Philadelphia: ASTM. (ASTM D3517)
- Standard specification for "fiberglass" (glass-fiber-reinforced thermosetting-resin) sewer pipe. Philadelphia: ASTM. (ASTM D3262)
- Standard test method for tensile properties of plastics. Philadelphia: ASTM. (ASTM D638)
- Standard test methods for concrete pipe, manhole sections, or tile. Philadelphia: ASTM. (ASTM C497)

#### AMERICAN WATER WORK ASSOCIATION.

- Fiberglass pressure pipe. Denver: AWWA. (ANSI/AWWA C950)

#### INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION.

- Dimensiones de cajas para transporte de equipos y materiales. Ginebra: ISO. (ISO 3394)
- Instrucciones sobre manejo y advertencias de equipos y materiales. Ginebra: ISO. (ISO 780 y 7000)

#### ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERÍA SÍSMICA.

- Accesorios y equipos de polipropileno (PP) para abastecimiento de agua. UNE-EN-1852, UNE-EN-13476 y la ISO 15494.
- Normas colombianas de diseño y construcción sismo resistente. Bogota: AIS. 2010 (NSR-10)

#### INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN

- Accesorios de polietileno (PE) para sistemas de suministro de agua. (NTC 4843)
- Ingeniería civil y arquitectura. Secciones de cámaras de inspección prefabricadas en concreto reforzado. Bogotá: ICONTEC (NTC 3789)
- Ingeniería civil y arquitectura. Unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillos y bloques cerámicos ICONTEC (NTC 4205)
- Plásticos. Espumas flexibles de poliuretano. Bogotá: ICONTEC. (NTC 2019)

**EMPRESAS MUNICIPALES DE CALI. EMCALI EICE ESP**

- Concretos y morteros. EMCALI EICE ESP (NCO-PM-AA-004)
- Conexiones domiciliarias de alcantarillado. EMCALI EICE ESP (NCO-SE-RA-003)
- Criterios de diseño de sistemas de alcantarillado. EMCALI EICE ESP (NDI-SE-RA-007)
- Criterios de diseño de anclajes en redes de acueducto y alcantarillado. EMCALI EICE ESP (NDI-SE-AA-017)
- Criterios de diseño estructural. EMCALI EICE ESP (NDC-SE-AA-019)
- Criterios para la evaluación de la conformidad de los productos que adquiere EMCALI. EMCALI EICE ESP (NPL-SE-NT-003)
- Excavaciones. EMCALI EICE ESP (NDC-SE-AA-006)
- Instalación y condiciones de recibo de redes de alcantarillado. EMCALI EICE ESP (NCO-SE-RA-004)
- Rellenos. EMCALI EICE ESP (NDC-SE-AA-012)
- Requerimientos para cimentación de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado. EMCALI EICE ESP (NDI-SE-AA-016)
- Suministro e instalación de acero. EMCALI EICE ESP (ECO-SE-AA-003)
- Suministro e instalación de concreto. EMCALI EICE ESP (ECO-SE-AA-004)
- Tuberías para alcantarillado. EMCALI EICE ESP (NDC-PM-RA-017)

**6. REQUISITOS****6.1 GENERALIDADES**

La presente norma aplica a cámaras de inspección de hormigón construidas en Sitio, de altura menor o igual a 7 m, donde se conecten tuberías de diámetro igual o mayor a 8 pulg., con diseños aprobados por EMCALI EICE ESP que cumplan con las normas de EMCALI EICE ESP “NDC-SE-AA-019 Criterios de diseño estructural” y “NDI-SE-RA-007 Criterios de diseño en sistemas de alcantarillado”.

Igualmente aplica para cámaras de inspección prefabricadas en GRP y para cámaras prefabricadas en polietileno y PVC.

EMCALI EICE ESP recomienda la instalación de las cámaras de inspección prefabricadas de GRP y Plásticas (polietileno y PVC) cuando la red de alcantarillado sobre la cual se va a instalar es igualmente en tubería de GRP y de PVC, respectivamente. Sin embargo, en las cámaras plásticas o GRP no se podrán conectar tuberías de concreto, pero en cámaras de concreto si se podrán conectar tuberías de PVC.

Las cámaras de inspección de concreto, GRP y plásticas (polietileno y PVC) deben ser instaladas o construidas cada vez que se presente cualquiera de las siguientes situaciones:

- Al inicio de un tramo (así no existan colectores que lleguen a él)
- Cambios de dirección
- Cambios de pendiente
- Intersección de tuberías
- Cambios en los diámetros de las tuberías
- Cambios en el material de las tuberías
- En conexiones domiciliarias de conjuntos residenciales, según la norma de EMCALI EICE ESP "NCO-SE-RA-003 Conexiones domiciliarias de alcantarillado"
- Cuando concurren varias tuberías
- Entre tramos rectos de tuberías cuando se alcance la distancia máxima establecida en esta norma.

## 6.2 PARÁMETROS DE DISEÑO

En el proceso de dimensionamiento de una estructura de conexión y/o cámara de inspección intervienen tanto los factores hidráulicos como los geométricos. Los aspectos geométricos que el diseño debe tener en cuenta son: los diámetros de las tuberías o ductos que convergen en la estructura o cámara, el número de tuberías o ductos convergentes, el radio de curvatura de la cañuela y la topografía del terreno. Por otro lado, el aspecto hidráulico más relevante en el proceso de dimensionamiento de las estructuras de conexión y/o inspección es el régimen de flujo que se presenta en cada una de las tuberías conectadas a la estructura.

## 6.3 CLASIFICACIÓN Y APLICACIÓN

### 6.3.1 Clasificación

Las cámaras de inspección de alcantarillado se clasifican según su geometría y material de fabricación así:

#### 6.3.1.1 Cámaras de Inspección en Concreto (Construidas En Sitio)

EMCALI EICE ESP clasifica las cámaras de inspección para alcantarillado, construidas en sitio así:

- **Cámaras tipo B.**

Son cámaras circulares con diámetro interior de 1.20 m, losa inferior y cilindro en hormigón simple y losa superior en hormigón armado. Se usan para tuberías con diámetros de 200 mm (8 pulg.) a 750 mm (30 pulg.). La profundidad máxima de instalación es de 5 m, sin refuerzo. Para profundidades de 5 a 7 m, se debe colocar refuerzo mínimo de acuerdo a cuantía del código NSR-10 o vigente a la fecha. Ver detalles constructivos en el Anexo 1 y Anexo 2.

**- Cámaras tipo 1.**

Son cámaras circulares con diámetro interior de 1.50 m, losa inferior y cilindro en hormigón simple, y losa superior en hormigón reforzado. Estas cámaras se usan para redes cuyos diámetros varíen entre 800 mm (32 pulg.) y 1200 mm, sin o con cambio de dirección hasta 45 grados con respecto a la línea de flujo. La profundidad máxima de instalación es de 5 m, sin refuerzo. Para profundidades entre 5 a 7 m, el cilindro Tipo B debe llevar refuerzo mínimo de acuerdo a cuantía del código NSR-10 o vigente a la fecha. Ver detalles constructivos en el Anexo 3.

**- Cámaras tipo 2.**

Son cámaras con base rectangular o trapezoidal en concreto reforzado y cilindro de acceso Tipo B (diámetro 1.2 m). Se usan para tuberías cuyos diámetros sean mayores de 1200 mm y que no tengan cambios de dirección. La profundidad máxima de instalación es de 5 m. Para profundidades entre 5 a 7 m, el cilindro Tipo B debe llevar refuerzo mínimo de acuerdo al diseño estructural. Ver detalles constructivos en el Anexo 4.

**- Cámaras tipo 3.**

Son cámaras con base de concreto reforzado y con muros curveados. Se usan para redes de diámetros mayores a 800 mm (32 pulg.), con cambios de dirección mayores a 45 grados en la línea de flujo y para tuberías de diámetros mayores a 1200 mm en cualquier cambio de dirección. La profundidad máxima de instalación es de 5 m. Para profundidades entre 5 a 7 m, el cilindro Tipo B debe llevar refuerzo de acuerdo al diseño estructural. Ver detalles constructivos en los Anexo 5, Anexo 6 y Anexo 7.

NOTA: Para las cámaras Tipo 2 y Tipo 3 se deben presentar los diseños hidráulicos y estructurales correspondientes.

Para colectores de diámetro mayor de 2000 mm, donde las condiciones hidráulicas lo permitan, se podrán construir bocas de acceso mediante la instalación de un cilindro Tipo B, previa aceptación de EMCALI EICE ESP.

Para calcular las cámaras Tipo 3 con muros curveados, en los Anexo 5, Anexo 6 y Anexo 7 se muestran los elementos que intervienen en el trazado geométrico de los lados internos y externos de los muros.

El cálculo de estos elementos geométricos se realiza con base en las siguientes expresiones:

$$T_1 = R_1 * \text{TAN}\left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad (\Delta \text{ en grados}) \quad \text{Ecuación 1}$$

$$T_2 = R_2 * \text{TAN}\left(\frac{\Delta}{2}\right) \quad (\Delta \text{ en grados}) \quad \text{Ecuación 2}$$

$$L_1 = R_1 * \Delta \quad (\Delta \text{ en radianes}) \quad \text{Ecuación 3}$$

$$L_2 = R_2 * \Delta \quad (\Delta \text{ en radianes}) \quad \text{Ecuación 4}$$

$R_1$  : Radio de la curvatura interna o del lado corto de la cámara, (m)

$R_2$  : Radio de la curva externa, (m)

$\Delta$  : Angulo de deflexión formado por los alineamientos del colector de entrada y el de la salida

$T_1, T_2$  : Longitud de las rectas tangentes correspondientes a  $R_1$  y  $R_2$ , (m)

$L_1, L_2$  : Longitud de los arcos de circulo interno y externo respectivamente, (m)

$L$  : Longitud del tramo recto medido como prolongación del eje desde un extremo hasta el centro de la cámara, (m)

$M_1$  : Tramo recto adicional a la curva interna  $L_1$ , (m)

$M_2$  : Tramo recto adicional a la curva externa  $L_2$ , (m)

$$N = M_2 - M_1$$

**Ecuación 5**

$$L = \left( \frac{T_1 + T_2 + N}{2} \right) + M_1$$

**Ecuación 6**

Dependiendo del ángulo de deflexión, el trazado geométrico de las curvas internas y externas puede corresponder a centros de curvatura diferente en el caso de ángulos menores ó a un centro de curvatura común en ángulos mayores.

- **Curvas con centro de curvatura diferente.**

Para los ángulos menores a 50 grados, el centro de curvatura de  $R_1$  es diferente al de  $R_2$  y están separados a una distancia igual a:

$$\frac{B}{\cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)}$$

**Ecuación 7**

Se tiene entonces:

$$T_2 = T_1$$

$$R_2 = R_1$$

$$N = B * \tan\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

**Ecuación 8**

$B$  = Ancho interno de la cámara (m)

- **Curvas con centro de curvatura común.**

Para ángulos mayores e iguales a 50 grados, al tener cambios de dirección más pronunciados, el centro de curvatura de los radios  $R_1$  y  $R_2$  es el mismo punto.

Se tiene, además:

$$R_2 = R_1 + B$$

**Ecuación 9**

$$N = 0$$

- **Selección de las tangentes.**

El proceso de cálculo de las curvas implica generalmente adoptar un valor de tangente para hallar el radio de curvatura. El valor de la tangente depende del diámetro del colector de salida, para cuya escogencia se sugiere clasificación incluida en la Tabla 1:

**Tabla 1 Clasificación diámetro colector de salida**

Longitud de las rectas Tangentes ( $T_1$ )	Diámetro nominal del colector de salida (DS)
0.50	$1.10 \geq DS$
0.75	$1.60 \geq DS > 1.10$
1.00	$2.10 \geq DS > 1.60$
1.25	$DS > 2.10$

DS: diámetro nominal del colector de salida.

- **Recomendaciones complementarias**

- La profundidad interna útil mínima es de 1.20 m.
- Mantener 0.25 m entre la corona del tubo más alto dentro de la estructura y la base de la losa superior.
- La cota de batea de salida estará encima de la losa de fondo un valor igual al espesor del tubo.
- El ancho interno de la cámara será igual al diámetro externo del tubo de salida aproximado por exceso al medio decímetro.

El valor de  $M_1$  es a criterio del diseñador pero puede ser relativamente pequeño o incluso despreciarse.

**6.3.1.2 Cámaras de Inspección Prefabricadas en GRP solo para instalar en tuberías de GRP**

**- Cámara o estructura de conexión Tipo I:**

Consiste en una tee invertida a la cual se le adapta un tramo de tubería para formar la cámara de inspección. Se usan para redes con diámetros hasta 1.20 m. La profundidad máxima de instalación es de 9 m. Ver detalles constructivos en el Anexo 8, Anexo 9, Anexo 17, Anexo 18, Anexo 19, Anexo 20 y Anexo 21.

**- Cámara o estructura de conexión Tipo II:**

Consiste en una tee invertida a la cual se le adapta un tramo de tubería para formar la cámara de inspección. Se usan para redes con diámetros mayores a 1.20 m. La profundidad máxima de instalación es de 9 m, ver detalles constructivos en el Anexo 10, Anexo 11, Anexo 17, Anexo 18, Anexo 19, Anexo 20 y Anexo 21.

**- Cámara o estructura de conexión Tipo III:**

Consiste en una cámara en la cual el cilindro de la cámara está apoyado en un codo que obedece a un cambio de lineamiento en la red. La profundidad máxima de instalación es de 9 m, ver detalles constructivos en el Anexo 12, Anexo 13, Anexo 17, Anexo 18, Anexo 19, Anexo 20 y Anexo 21.

**- Requisitos para instalación de cámaras prefabricadas en GRP**

- Las conexiones de los sumideros a las cámaras prefabricadas GRP no podrán efectuarse en el punto de empate de la tubería a la cámara, ni en el punto donde arranca el cilindro. Para control de este tipo de labores, debe aparecer un mensaje en la cámara indicando: "prohibido perforar esta cámara", las conexiones de sumideros en cámaras deben estar prefabricadas desde la planta de fabricación.
- Para la instalación de las cámaras, se debe llenar la zanja hasta una altura aproximada de 0.80 m. por debajo de la rasante para cámaras en GRP, altura a partir de la cual se debe construir una viga perimetral de 30 cm X 30 cm., a la cual se le coloca el acero de refuerzo, conforme se indica en los anexos para cámaras en GRP.
- Entre la viga perimetral y el cilindro en GRP se debe aplicar una lámina de lubricante de forma que no haya adherencia entre ambos materiales.
- Para las cámaras en GRP, una vez se funda la viga perimetral, y esta adquiera la resistencia requerida, se coloca un muro cilíndrico de mampostería unido con mortero, desde la viga fundida hasta la altura de la rasante menos el espesor de la placa de cubierta. Finalmente se coloca la tapa de la cámara de inspección, la cual queda 10 cm por encima del extremo superior de la cámara.
- No se permite la rotura en sitio para cualquier conexión a la cámara. La cantidad y magnitud de las conexiones que se pueden realizar a la cámara desde la planta están limitadas por la capacidad estructural del material.
- Bajo la placa de base se coloca una capa de nivelación con triturado para lograr un nivel adecuado a la cámara.
- El espesor de pared de la cámara no debe variar en + 5% o 5 mm. del espesor descrito en el diseño.
- Los trabajos de excavación e instalación de las cámaras de inspección y tuberías deben realizarse según los requerimientos de las normas de EMCALI EICE ESP "NDC-SE-AA-006

Excavaciones", "NDC-SE-AA-012 Rellenos" y "NCO-SE-RA-004 Instalación y condiciones de recibo de redes de alcantarillado".

- Los rellenos y el nivel de compactación requerido es el establecido en el diseño para la instalación de la tubería, previamente aceptado por EMCALI EICE ESP.

#### 6.3.1.3 Cámaras de inspección prefabricadas en plástico (polietileno y pvc)

##### - Cámara de inspección 1000 mm de diámetro.

La cámara de inspección y acceso 1000 denominadas así por su diámetro interior, tiene una base, un cono y el elevador ajustable. La base de polietileno es extremo campana para la conexión con el elevador que es espigo x espigo. El elevador, elaborado con perfil cerrado de PVC tiene hidrosellos en los dos extremos asegurando la hermeticidad y fácil instalación. Los conectores para la tubería son campana para tubería de PVC corrugada NTC 3722-1 usando el hidrosello correspondiente. Estos conectores son flexibles y pueden girarse 7.5 grados en cualquier dirección para acomodar mejor el ángulo de entrada de las tuberías. El cono de polietileno puede ser concéntrico o excéntrico y es campana para conectarse con el espigo del elevador, los hidrosellos están instalados en el elevador.

##### - Cámara de inspección 600 mm de diámetro.

La cámara de inspección de 600 denominada así por su diámetro interior, tiene una base y un elevador ajustable con características similares a la anterior, exceptuando la necesidad de cono. Esta cámara ha sido diseñada para permitir la inspección en los alcantarillados, manipulando los equipos desde la superficie, de tal forma que el acceso de las personas a los sistemas de alcantarillado sea mínimo, por los riesgos que esto trae, por la poca utilidad que estas inspecciones pueden representar y por la disponibilidad de tecnología moderna para su limpieza e inspección desde la superficie.

Las escaleras deben ser de material plástico no corrosivo, tipo fibra de vidrio reforzado.

La profundidad máxima de instalación para las cámaras 1000 y 600 es de 5 mts con una columna máxima de agua de 3mts. Los detalles de las cámaras 1000 y 600 pueden observarse en el Anexo 22, Anexo 23, Anexo 24, Anexo 25, Anexo 26, Anexo 27, Anexo 28, Anexo 29 y Anexo 30.

##### - Detalles de Conexión de Tuberías al Elevador.

Cuando es necesario la conexión de tuberías al elevador de la cámara se debe emplear un accesorio llamado "Adaptador En sitio", este accesorio permite una conexión versátil, hermética y segura. El detalle del adaptador se indica en la Figura 1.

**Figura 1. Adaptador “en sitio”**

También para ser usadas en los elevadores de la Cámara Inspección y Acceso 600 y 1000 Cajas de Inspección

#### - Recomendaciones de Cimentación y Rellenos.

La cimentación de la cámara no requiere de condiciones especiales:

Nivelar el fondo de la zanja con material granular y localizar la base de la cámara en el lugar de instalación, la base puede ser fácilmente manejada por dos personas. Si el suelo donde se localiza la cámara es de baja capacidad portante, se deben tomar las medidas recomendadas por el estudio de suelos.

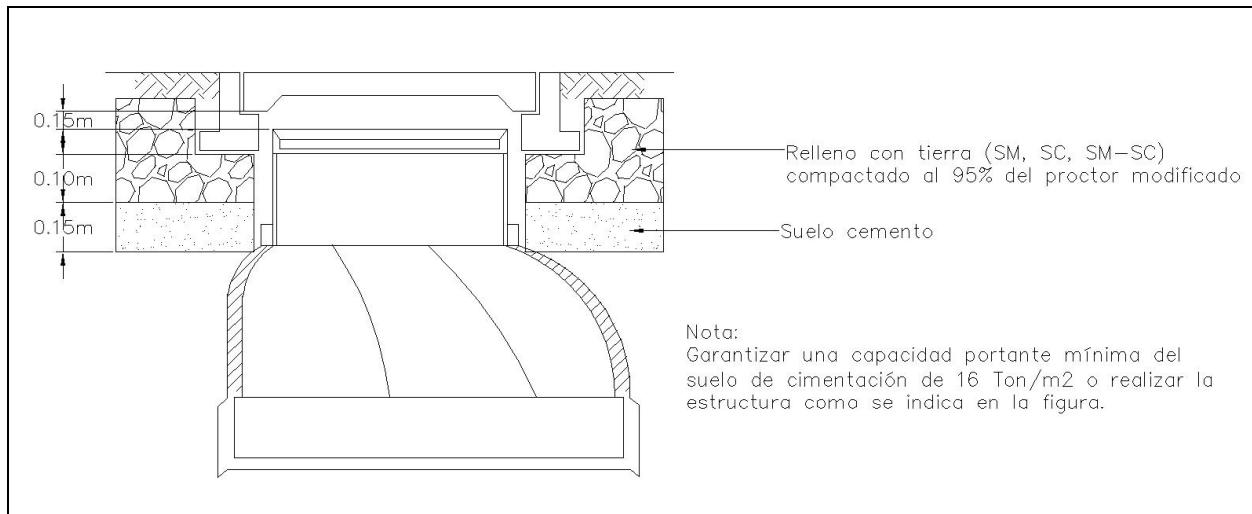
No se requiere el uso de solados en concreto para la cimentación de la cámara, el material granular se debe compactar por encima del 90% del próctor del material empleado.

La base de la cámara tiene la estructura necesaria para soportar los empujes del suelo y la subpresión ocasionada por la presencia de niveles freáticos hasta 3,0 m de altura.

El relleno alrededor de la cámara se puede realizar a medida que se van ensamblando los componentes de ésta, este material se debe compactar de acuerdo a los requerimientos estructurales de la vía ó área donde se localiza la cámara, observar la norma técnica de EMCALI EICE ESP “NDC-SE-AA-012 Rellenos”.

Con el objeto de lograr una transmisión homogénea y efectiva de las cargas vivas aplicadas, el aro – tapa debe estar apoyado como mínimo en una estructura de 0,15 m de suelo cemento al 15% en peso y una capa de roca muerta de 0,1 m compactada al 90% del próctor modificado, lo anterior para los casos donde no exista estructura vial con mayores especificaciones.

Sobre este relleno se instala el aro – base con la tapa, la cual se confina con el material final de la estructura de vía ó del área donde se localiza la cámara, ver Figura 2.

**Figura 2. Relleno**

#### **- Distanciamiento Mínimos entre Conexiones en el Elevador.**

Al elevador se le pueden hacer conexiones de tuberías en cualquier diámetro y a cualquier altura de acuerdo a las siguientes condiciones:

- Máximo número de Conexiones: Al elevador se le pueden hacer máximo cuatro conexiones a una misma altura, es decir, en el mismo diámetro, el distanciamiento ó separación de estas conexiones es de 90°. La separación en la vertical de estas conexiones es de 0,3 m, es decir no deben haber conexiones a menos de 0,3 m.
- La conexión técnica de estas conexiones es con el empleo del Adaptador “En sitio”, ver Figura 1.

#### **6.3.1.4 Revisión de Flotación y Determinación del Anclaje para las Cámaras o Estructuras de Conexión Prefabricadas**

Se debe realizar el cálculo de flotación para la instalación de las cámaras, de acuerdo con los datos de profundidad de la cámara y al peso unitario del suelo sobre el cual se va a apoyar.

#### **- Calculo del Factor de Seguridad (Fs) por empuje**

Sea:

B      Empuje

VT      Volumen de la Tee

VM      Volumen del cilindro

Vs      Volumen del suelo

w      Peso unitario del agua

s      Peso unitario del suelo

W Peso total de la cámara más el peso del suelo sobre la cámara

WT Peso de la Tee

WM Peso del cilindro

Ws Peso del suelo

Fs Factor de seguridad

$$B = (VT+VM)*w \quad \text{Ecuación 10}$$

$$Ws = Vs * s \quad \text{Ecuación 11}$$

$$W = (WT+WM)+Ws \quad \text{Ecuación 12}$$

$$Fs = W/B \quad \text{Ecuación 13}$$

Si:  $Fs < 1.2$  Debe construirse anclaje

#### - Determinación del anclaje

El  $Fs$  es menor a 1.2, cuando los empujes hidrostáticos son mayores que las cargas restauradoras, lo que quiere decir que debe preverse un anclaje para la instalación de la cámara, por lo cual puede tenerse en cuenta lo indicado en la norma de EMCALI EICE ESP "NDI-SE-AA-017 Criterios de diseño de anclajes en redes de acueducto y alcantarillado".

#### 6.3.2 Aplicación

- Las cámaras de inspección de hormigón se aplicarán en obras nuevas y de reparación de los cruces de tuberías. Igualmente pueden ser utilizadas en obras nuevas y reparaciones de vías en pavimento rígido (concreto) y pavimento flexible.
- Las cámaras de inspección prefabricadas en plástico (polietileno y PVC) se aplicarán principalmente en la zona de ladera.

#### 6.4 CÁMARAS DE CAÍDA

Deben proyectarse cámaras de caída cuando la clave del tubo de llegada esté a más de 1.20 m de la clave del tubo de salida.

#### - Cámaras de caída en concreto construidas en Sitio

- El diámetro máximo del bajante será de 15 pulg. a menos que se justifique uno de mayor diámetro. ver detalles constructivos en el Anexo 31.
- Cuando se presenten caídas superiores a 3.00 m ó EMCALI EICE ESP lo considere conveniente se deben proyectar estructuras especiales de caída. La profundidad máxima de instalación es de 5 m. En el Anexo 32, se presentan esquemas de estructuras especiales, la aceptación de este tipo de estructuras o cualquier otro, debe ser aprobada por EMCALI EICE ESP.

#### - Cámaras de caída prefabricadas plásticas (polietileno y PVC)

Para realizar las cámaras de caída existen los siguientes accesorios, en el diámetro del colector de Entrada:

- Tee PVC NTC 3722-1: Accesorio de donde parte la bajante de la cámara de caída, el diámetro de la Tee es del colector de entrada.
- Bajante: Tubo PVC NTC 3722-1 Instalado en forma vertical y de altura variable.
- Codo 90° PVC NTC 3722-1: Accesorio que permite el cambio de dirección vertical al níples horizontal para conectar a la campana de la base de la cámara de caída, que tiene un diámetro interior de 1000 mm.

La profundidad máxima de instalación es de 5 m. En el Anexo 33 se tiene el esquema de las cámaras de caída.

### 6.5 CAÍDAS EN CÁMARAS

En una cámara las cotas de energía de los colectores afluente siempre serán iguales o mayores a la cota de energía del colector de salida, después de descontarle las pérdidas. Este cálculo se hace por medio del método de la energía específica.

Para cálculos rápidos a nivel de anteproyecto, se podrán aplicar los siguientes criterios empíricos, que en la mayoría de veces cumple con la condición requerida en el parágrafo anterior: mantener a la misma altura dentro de la cámara las claves de todos los conductos que concurren a ella. Cuando esto no sea posible las bateas de los conductos mayores quedarán más bajas respecto a las bateas de los demás; en la mitad de los diámetros para tuberías de salida de diámetros menores o iguales a 18" y tres cuartos de la diferencia de los diámetros para tuberías de salida de diámetros mayores a 18".

En cámaras intermedias que a la vez van a ser usadas como cámaras iniciales, la batea de los tramos iniciales debe colocarse a una altura no inferior a la de la clave del tramo secundario ó conducto principal más alto que llegue a la cámara o salga de ella.

En cualquier caso, la diferencia mínima entre cotas de batea entre los tubos de entrada y salida en una cámara será de 1 cm.

### 6.6 DISTANCIA ENTRE CÁMARAS DE INSPECCIÓN

La distancia máxima entre cámaras de inspección en redes de alcantarillado será de 90.00 m.

### 6.7 DIMENSIONES BÁSICAS DE CÁMARAS

#### - Diámetro Interno

- El diámetro interno para las cámaras de inspección en concreto, construidas en Sitio. Se indican en el numeral 6.3.1.1 y en el Anexo 1, Anexo 3 y Anexo 5.
- El diámetro interno de la parte Cilíndrica de las cámaras de inspección prefabricada de GRP, debe ser siempre de 1,20 m
- El diámetro interno de la parte cilíndrica de las cámaras de inspección prefabricada plástica (polietileno y PVC) es de 0.60 y 1.00 m.

**- Tapas de acceso**

- Tapas y Aro – Tapas de la Cámara de Inspección prefabricadas plásticas (polietileno y PVC). Para asegurar la calidad se debe cumplir con la norma técnica de EMCALI EICE ESP "NDC-PM-DA-046 Tuberías para acueducto" y la norma NTC 4843 accesorios de polietileno (PE) para sistemas de suministro de agua

Para las tapas y Aro – tapa se utiliza el polipropileno, material plástico no reciclable. Para asegurar la calidad se debe cumplir con las normas UNE-EN-1852, UNE-EN-13476 y la ISO 15494 Accesos y equipos de polipropileno (PP) para abastecimiento de agua.

En el Anexo 28, Anexo 29 y Anexo 30 se tienen los detalles de los Aro – Tapas de la cámara de inspección PVC NTC 3722-1

- Las tapas de acceso para las cámaras prefabricadas en GRP se indican en el Anexo 17, Anexo 18, Anexo 19 y Anexo 20.
- Las tapas para las cámaras de concreto construidas en Sitio se indica en el Anexo 2.

**- Rigidez o resistencia**

- La rigidez mínima de las cámaras en GRP será de PS = 18 Psi. De acuerdo con las condiciones del terreno y la profundidad de la red, podrá aumentar según como lo indique el diseño.
- La rigidez mínima de las cámaras prefabricadas plásticas (polietileno y PVC) es de PS = 10 Psi. De acuerdo con las condiciones del terreno y la profundidad de la red, podrá aumentar según como lo indique el diseño.
- La resistencia mínima a la compresión de las cámaras de concreto construidas en Sitio, debe ser de 21 MPa (210 kg/cm<sup>2</sup>)

**6.8 MUESTREO Y MÉTODO DE PRUEBA PARA CÁMARAS PREFABRICADAS**

Para las cámaras prefabricadas de GRP y plásticas (Polietileno y PVC) el proveedor debe remitir a la empresa el Certificado de Conformidad por lotes del producto o el sello de producto, de acuerdo con los requisitos de esta norma, emitido por un organismo de certificación reconocido por la Superintendencia de Industria y Comercio o por el organismo de acreditación del país de origen afiliado al International Accreditation Forum (IAF), teniendo en cuenta lo indicado en la norma de EMCALI EICE ESP "NPL-SE-NT-003 Criterios para la evaluación de la conformidad de los productos que adquiere EMCALI".

El certificado de conformidad debe incluir la verificación de las propiedades de las cámaras y los accesorios exigidos en las normas correspondientes.

**6.8.1 Transporte y Rotulado****6.8.1.1 Transporte**

Las secciones deben transportarse de tal forma que se garanticen las condiciones de seguridad para evitar daños en el material.

#### 6.8.1.2 Rotulado

El rotulado de cámaras de redes de alcantarillado debe realizarse de manera legible e indeleble en el tubo, y debe contener como mínimo la siguiente información:

- Normas que cumple la tubería
- Diámetro interno real
- Nombre del fabricante o marca registrada
- Tipo de cámara
- Rígidez, resistencia o clase
- Fecha de fabricación

Las cámaras de inspección prefabricadas deben indicar en la sección de unión del cilindro con el cuerpo de la cámara el aviso de: "prohibido perforar esta cámara".

### 6.9 CONEXIÓN DE LAS TUBERÍAS

Para tuberías flexibles con acople mecánico; se debe instalar una unión a la llegada del cilindro, de acuerdo con las recomendaciones de cada fabricante. La unión debe quedar adherida externamente al cilindro y el tubo se instala en la unión, para permitir acople mecánico y liberación de esfuerzos entre el cilindro y el tubo, garantizando la estanqueidad de la conexión.

La cimentación mínima que debe utilizarse en los dos primeros tramos de tubería debe ser la correspondiente a la especificada en la Norma de EMCALI EICE ESP "NDI-SE-AA-016 Requerimientos para cimentación de tuberías en redes de acueducto y alcantarillado", y los rellenos alrededor del pozo de inspección se deben colocar según el diseño aprobado por EMCALI EICE ESP.

### 6.10 MATERIALES

Aquellos materiales destinados a la construcción de este tipo de estructuras y que a juicio de EMCALI EICE ESP, no reúnan los requisitos de calidad exigidos, o que no cumplan las pruebas a que sean sometidos, deben ser rechazados.

Los materiales a utilizar deben cumplir como mínimo los siguientes requisitos:

- Concreto reforzado, debe cumplir con la norma EMCALI EICE ESP "NCO-PM-AA-004 Concretos y morteros", y los parámetros específicos establecidos en la presente norma.
- Mortero de pega con resistencia mínima de 12.5 MPa (125 kg/cm<sup>2</sup>) y impermeabilizado integralmente.
- Ladrillo tolete recocido para los muros fabricados según la norma ICONTEC "NTC 4205 Ingeniería civil y arquitectura. Unidades de mampostería de arcilla cocida. Ladrillos y bloques cerámicos" con una resistencia mínima a la compresión de 10 MPa (100 kg/cm<sup>2</sup>).
- El acero de refuerzo debe cumplir con lo establecido en las especificaciones de EMCALI EICE ESP "ECO-SE-AA-003 Suministro e instalación de acero" y "ECO-SE-AA-004 Suministro e instalación de concreto". Las dimensiones, diámetros, cantidades y calidad deben cumplir con lo indicado en los planos y detalles constructivos que resulten tomando como base el Anexo 4, Anexo 5, Anexo 6 y Anexo

7 y de lo que se indica en el Anexo 1, Anexo 2, Anexo 3, Anexo 8, Anexo 9, Anexo 10, Anexo 11, Anexo 12, Anexo 13, Anexo 15, Anexo 16 y Anexo 21 suministrados por EMCALI EICE ESP.

- Para las cámaras prefabricadas, se debe solicitar la certificación indicada en el numeral 6.7, de la presente norma.

## 6.11 ANÁLISIS HIDRÁULICO DE CÁMARAS DE INSPECCIÓN

El análisis hidráulico de cámaras de inspección o de estructuras o cámaras especiales para sistemas de alcantarillado es enteramente compatible con la Norma de EMCALI EICE ESP "NDI-SE-RA-007 Criterios de diseño de sistemas de alcantarillado".

### 6.11.1 Pérdidas de energía en estructuras de conexión y/o inspección

La pérdida de energía experimentada por el flujo de agua en las estructuras de conexión y/o inspección se debe a la superposición de varios fenómenos allí presentes. Entre estos fenómenos se destacan los cambios de dirección que experimenta el flujo, las expansiones y contracciones que se llevan cabo en la estructura, la confluencia de chorros y el efecto de la cañuela de direccionamiento de flujo.

El grado de relevancia de cada uno de los fenómenos que intervienen en el proceso de pérdida de energía al interior de la estructura, depende del tipo de régimen bajo el cual operen las tuberías conectadas a la estructura. De acuerdo con lo anterior, la manera de aproximarse a la estimación de las pérdidas de energía en las cámaras de conexión y/o inspección es diferente dependiendo si el régimen de flujo es subcrítico o supercrítico.

Adicionalmente, el cálculo de las pérdidas menores de energía causadas por la presencia de estructuras en sistemas de alcantarillado requiere del conocimiento de cuál de las tuberías de llegada es la que domina la hidráulica y establece el régimen de flujo.

### 6.11.2 Criterio de selección de la tubería hidráulicamente dominante

En aquellas cámaras de conexión y/o inspección en las cuales convergen más de una tubería entrante, es necesario determinar cuál de ellas es la hidráulicamente dominante para hacer los cálculos de pérdidas menores en la cámara. Se proponen los tres siguientes criterios:

#### 1. Conducto con menor ángulo de deflexión

En este caso se selecciona como conducto dominante aquel que presente menor ángulo de deflexión con respecto al conducto de salida. Se recomienda emplear este criterio cuando el conducto que presente esta característica transporte un caudal semejante al de los demás conductos.

#### 2. Conducto con mayor altura de velocidad (1)

Este criterio propone seleccionar como conducto hidráulicamente dominante aquel que presente mayor altura de velocidad. Con la utilización de este criterio de selección es posible que se obtenga como conducto dominante uno que presente un caudal muy inferior al de los demás conductos entrantes a la cámara.

#### 3. Conducto con mayor valor resultante de multiplicar el caudal (Q) por la velocidad (v).

Este criterio propone seleccionar como conducto hidráulicamente dominante aquel que al multiplicar el caudal que transporta por la velocidad de flujo, de como resultado el mayor valor.

### 6.11.3 Régimen subcrítico

Cuando las tuberías de entrada y de salida conectadas a la estructura de conexión y/o inspección operen bajo régimen de flujo subcrítico, puede aplicarse el criterio de empate de la línea de energía como se muestra en la Figura 3. El empate por línea de energía se lleva a cabo empleando la ecuación 14:

$$\begin{aligned}
 E_1 &= E_2 + h_m \\
 E_1 &= y_1 + \frac{v_1^2}{2g}; E_2 = y_2 + \frac{v_2^2}{2g} \\
 H_p &= E_2 - E_1 + h_m
 \end{aligned}
 \tag{Ecuación 14}$$

Donde:

$H_p$  = Caída de fondo en la estructura de conexión y/o inspección (m).

$v_1$  = Velocidad en la tubería de entrada (m/s).

$v_2$  = Velocidad en la tubería de salida (m/s).

$y_1$  = Profundidad el flujo en de la tubería de entrada (m).

$y_2$  = Profundidad el flujo en de la tubería de salida (m).

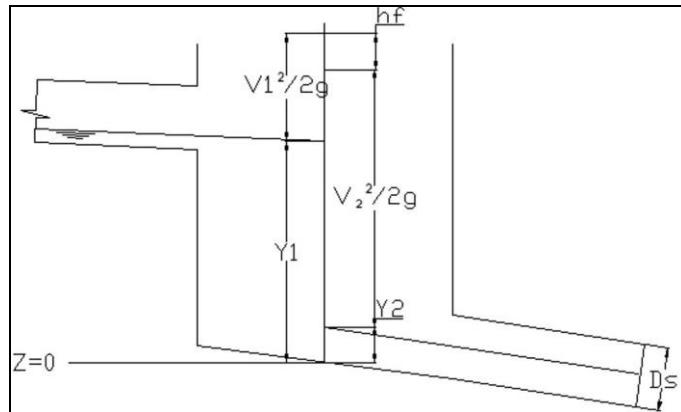
$E_1$  = Energía específica en la tubería de entrada (m).

$E_2$  = Energía específica en la tubería de salida (m).

$h_m$  = Pérdidas menores en la estructura de conexión y/o inspección (m)

Altura de velocidad = Término  $v^2/2g$  en la ecuación de energía.

**Figura 3 Criterio de empate de línea de energía en una cámara**



En aquellos casos en los que el valor de  $H_p$  sea positivo, la estructura de conexión y/o inspección debe tener una caída de fondo de altura,  $H_p$ , entre la cota batea de la tubería hidráulicamente dominante y la

de la tubería de salida. Se debe verificar que las cotas de energía de las tuberías entrantes a la estructura sean mayores que la de la tubería de salida, esto con el objetivo de evitar la formación de resaltos hidráulicos. En aquellos casos en los que  $H_p$  resulte negativo o cero, la estructura no debe tener caída de fondo, sin embargo, se debe verificar nuevamente que las cotas de energía de las tuberías afluente sean mayores que la de la tubería de salida.

Existen diferentes aproximaciones al cálculo de las pérdidas menores de energía en la estructura dependiendo de los factores que se tengan en cuenta. Las metodologías de cálculo recomendadas son las siguientes:

### 1. Método Estándar

Este método incluye de manera directa las características geométricas de la cámara y las condiciones hidráulicas de la misma en el cálculo de las pérdidas menores de energía. La aplicación de este método es recomendada en aquellos casos en los que ingresen a la cámara dos tuberías como máximo, que presenten régimen de flujo subcrítico y el diámetro del tubo de entrada mayor sea igual al del tubo de salida. Si bien existen coeficientes de pérdidas para este método, se recomienda emplearlo especialmente en aquellos casos en los que el ángulo de deflexión máximo sea menor o igual a  $15^\circ$ .

El cálculo se lleva a cabo multiplicando la altura de velocidad en el conducto de salida de la cámara por un factor de pérdidas menores que depende de la conformación geométrica de la misma, como se muestra a continuación:

$$h_m = K_m \left( \frac{v_2^2}{2g} \right) \quad \text{Ecuación 15}$$

Donde,

$h_m$  = Pérdidas menores en la cámara de inspección y/o conexión (m).

$K_m$  = Coeficiente de pérdidas menores (Ver Tabla 2).

$v_2$  = Velocidad en el conducto de salida (m/s).

**Tabla 2. Coeficientes de pérdidas menores Método Estándar**

Descripción de la cámara	Coeficiente de pérdida $K_m$
Tubería única de entrada, sin cañuela, $\Delta = 0^\circ$	0.5
1 tubería de entrada, sin cañuela $\Delta = 90^\circ$	0.8
2 conductos entrantes, ángulo entre ellas mayor a $90^\circ$	0.9
3 o más conductos entrantes	1.0

Donde,  $\Delta$  = Ángulo de intersección (grados).

### 2. Método AASTHO

En este caso se tienen en cuenta tanto las características de los flujos entrantes como las de los salientes a la cámara de conexión y/o inspección. Se recomienda emplear este método en aquellos casos en los que ingresen más de 2 tuberías a la cámara, que presenten flujo subcrítico y que el diámetro del tubo de salida sea mayor al diámetro mayor de los tubos de entrada.

El modelo está determinado por las siguientes ecuaciones:

$$h_m = C_s (H_o + H_I + H_b)$$

Ecuación 16

$$H_o = 0.25 \left( \frac{v_2^2}{2g} \right)$$

Ecuación 17

$$H_I = 0.35 \left( \frac{v_1^2}{2g} \right)$$

Ecuación 18

$$H_b = K \left( \frac{v_1^2}{2g} \right)$$

Ecuación 19

Donde,

$H_0$  = Pérdida de altura por contracción (m).

$H_I$  = Pérdida de altura por expansión (m).

$H_b$  = Pérdida de altura por cambio de dirección (m).

$C_s$  = Factor de corrección por uso de cañuela (igual a 0.5).

$v_2$  = Velocidad de flujo colector de salida (m/s).

$v_1$  = Velocidad de flujo colector de entrada (m/s).

$K$  = Factor de corrección de pérdidas por cambio de dirección.

$h_m$  = Pérdida menor de energía al interior de la cámara (m).

El valor de  $K$  depende del ángulo de deflexión en la cámara de conexión y/o inspección; los valores establecidos por el modelo se pueden observar en la Tabla 3.

**Tabla 3. Factor de corrección de pérdidas por cambio de dirección**

<b>K</b>	<b>Ángulo de deflexión</b>
0.0	0°
0.19	15°
0.35	30°
0.47	45°
0.56	60°
0.64	75°
0.7	90°
0.7	180°

### 3. Metodología HEC-22

Este método consiste en multiplicar la altura de velocidad en el conducto de salida por un coeficiente de pérdidas menores. Este método tiene como principal característica el involucrar un buen número de variables propias de la red en el cálculo del coeficiente de pérdidas menores. Su aplicación es válida en aquellos casos en los que se presenten regímenes de flujo supercrítico y existan tubos entregando caudal por encima de la lámina de agua de la cámara.

Este modelo está compuesto por las siguientes ecuaciones:

$$h_m = K_t \frac{v_2^2}{2g} \quad \text{Ecuación 20}$$

$$K_t = K_o \cdot C_b \cdot C_Q \cdot C_d \cdot C_D \cdot C_p \quad \text{Ecuación 21}$$

Donde,

$K_t$  = Coeficiente de pérdidas ajustado.

$K_0$  = Coeficiente de pérdidas inicial.

$C_b$  = Corrección por uso de cañuela.

$C_d$  = Corrección por profundidad de flujo.

$C_D$  = Corrección por diámetros.

$C_Q$  = Corrección por flujo relativo.

$C_p$  = Corrección por flujo zambullido.

$h_m$  = Pérdida menor de energía al interior de la cámara (m).

Los valores y ecuaciones para el cálculo de cada coeficiente de la Ecuación 21 se presentan a continuación:

- **Coeficiente de pérdidas inicial**

$$K_0 = 0.1 \cdot \left( \frac{D_p}{D_s} \right) \cdot (1 - \operatorname{Sen} \Delta) + 1.4 \cdot \left( \frac{D_p}{D_s} \right)^{0.15} \cdot \operatorname{Sen} \Delta \quad \text{Ecuación 22}$$

Donde,

$D_p$  = Diámetro interno real de la cámara de conexión y/o inspección (m).

$D_s$  = Diámetro interno real de la tubería de salida (m).

$\Delta$  = Ángulo de intersección entre los conductos de salida y de entrada (grados).

- **Factor de corrección por uso de cañuela.**

El valor de  $C_b$  depende del comportamiento hidráulico de la cámara y de la forma de la cañuela; los valores se pueden observar en la Tabla 4.

**Tabla 4. Valores de  $C_b$  para diferentes tipos de cañuela**

Tipo de Cañuela	Flujo presión ( $d/D_s > 3.2$ )	Flujo libre ( $d/D_s < 1.0$ )
Piso deprimido	1.0	1.0
Media banca	0.95	0.15
Banca llena	0.75	0.07
Si $1.0 < d/D_s < 3.2$ , se interpola linealmente		

- **Factor por corrección por flujo relativo  $C_Q$**

Es función del ángulo de entrada y del porcentaje de flujo que entra a través de una tubería lateral. Este factor se aplica sólo si hay tres o más conductos en la cámara entrando al mismo nivel, de lo contrario el factor es 1. Este factor se puede calcular empleando la Ecuación 23.

$$C_Q = (1 - 2 \operatorname{Sen} \Delta) \left[ 1 - \frac{Q_1}{Q_0} \right]^{\frac{3}{4}} + 1 \quad \text{Ecuación 23}$$

Donde,

$Q_1$  = Caudal tubería lateral ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

$Q_0$  = Caudal de salida en la estructura ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

$\Delta$  = Ángulo de intersección entre los conductos de salida y de entrada (grados).

- **Factor de corrección por diámetro  $C_D$**

Sólo es significativo para flujo a presión. Cuando la relación entre la profundidad de agua en la cámara y el diámetro de la tubería de salida es mayor a 3.2, se debe hacer esta corrección, de lo contrario el valor de  $C_D$  es igual a 1. El valor de  $C_D$  se puede estimar con la Ecuación 24.

$$C_D = 0.5 \left[ \frac{D_s}{D_i} \right]^3 \quad \text{Ecuación 24}$$

Donde  $D_i$  y  $D_s$  son los diámetros internos reales de los conductos de entrada y salida respectivamente.

- **Factor de corrección por flujo  $C_d$**

Por su parte el factor de corrección por flujo se aplica solamente cuando la relación entre la profundidad de agua en la cámara y el diámetro de la tubería de salida es menor a 3.2, de lo contrario su valor es 1. Este factor se calcula con la Ecuación 25.

$$C_d = \left[ \frac{y}{D_s} \right]^{3/5}$$

**Ecuación 25**

Donde  $y$  es la profundidad de agua en la cámara.

- **Factor de corrección por flujo zambullido**

Sólo se aplica en aquellos casos en los que algún colector descargue por encima de la lámina de agua existente en la cámara. En cualquier otro caso el valor de  $C_p$  es 1. Este factor puede calcularse empleando la Ecuación 26.

$$C_p = 1 + 0.2 \left[ \frac{h}{D_s} \right] \left[ \frac{h-y}{D_s} \right]$$

**Ecuación 26**

Donde,

$h$  = Distancia vertical medida entre la línea de flujo de la tubería que descarga por encima y el centro de la sección de la tubería de salida (m).

$D_s$  = Diámetro interno real del conducto de salida (m).

$y$  = Profundidad de agua en la cámara (m).

#### 6.11.4 Régimen supercrítico

La unión de tuberías operando bajo régimen supercrítico se lleva a cabo mediante dos diferentes mecanismos: unión de tuberías sin caída y unión de tuberías con caída en la estructura de unión.

##### 6.11.4.1 Unión de tuberías sin caída en la estructura de unión

La unión de colectores sin cámara de caída se puede realizar cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- Las cotas de energía de las tuberías afluentes deben ser aproximadamente iguales.
- La cota de energía de la tubería de salida debe ser menor que la de las tuberías de entrada.
- Aportes de caudal inferiores al 10% del caudal principal pueden llegar por encima de la cota de la lámina de agua al interior de la estructura de conexión y/o inspección.
- El máximo ángulo permitido entre la tubería principal de entrada y la de salida, en relación al diámetro de esta última debe ser el establecido en la Tabla 5.

**Tabla 5. Máximos ángulos de intersección permitidos**

Diámetro nominal interno de la tubería de salida (mm)	Ángulo
$DN \leq 250$	$90^\circ$
$250 < DN \leq 350$	$75^\circ$
$350 < DN \leq 530$	$60^\circ$
$530 < DN \leq 900$	$45^\circ$

Diámetro nominal interno de la tubería de salida (mm)	Ángulo
DN>900	15°

- La unión de tuberías con diámetros mayores a los 900 mm (Ver Figura 4) debe hacerse mediante un análisis hidráulico basado en la ecuación de cantidad de movimiento. Esta ecuación se puede expresar de la siguiente manera:

$$\frac{Q_3^2}{gA_3} + \frac{b_3 y_3^2}{2} = \frac{Q_1^2}{gA_1} + \frac{Q_2^2}{gA_2} \cos\Delta + b_3 \frac{b_3 y_1^2}{2} \quad \text{Ecuación 27}$$

Donde,

$Q_1$  = Caudal tubería de entrada 1 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

$Q_2$  = Caudal tubería de entrada 2 ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

$Q_3$  = Caudal tubería de salida ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

$A_1$  = Área mojada transversal de la tubería de entrada 1 ( $\text{m}^2$ ).

$A_2$  = Área mojada transversal de la tubería de entrada 2 ( $\text{m}^2$ ).

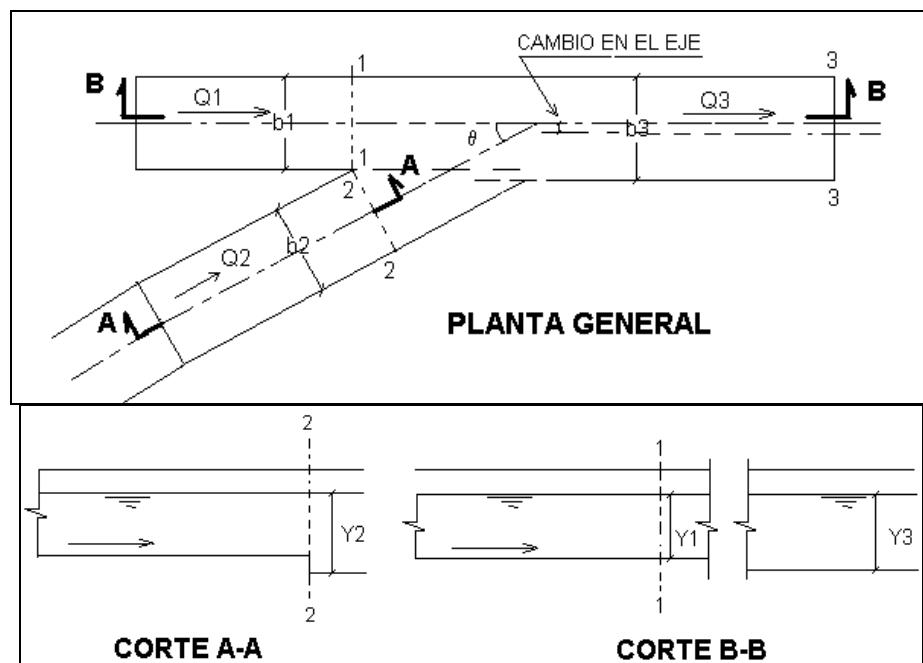
$A_3$  = Área mojada transversal de la tubería de salida ( $\text{m}^2$ ).

$y$  = Profundidades de flujo (m).

$\Delta$  = Ángulo de intersección (grados).

En la Ecuación 27, los únicos valores desconocidos son  $b_3$  y  $y_3$ , los cuales pueden ser determinados mediante un proceso iterativo en el que se adopten valores de  $b_3$  para encontrar el correspondiente valor de  $y_3$ . Con el objetivo de evitar la formación de resaltos hidráulicos se debe verificar que el flujo en el conducto 3 siga siendo supercrítico.

**Figura 4 Unión de tuberías sin caída para diámetros mayores a 900 mm**



#### 6.11.4.2 Unión de tuberías con caída en la estructura de unión

El diseñador debe sustentar y calcular de acuerdo con la literatura técnica específica las caídas en las cámaras de inspección.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Sistema de Normas Técnicas de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (SISTEC), 2006.

Normas de Diseño y Construcción de Acueducto y Alcantarillado de Empresas Municipales de Cali, 1999.

Normas de Acueducto y Alcantarillado de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga, 2006.

Normas de Acueducto y Alcantarillado de Aguas de Cartagena S.A. ESP, Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Cartagena, 2005.

Normas de Diseño de Acueducto y Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín (EPM) ,2006.

HAESTAD METHODS. Stormcad for windows, storm sewer design & analysis software, user's guide. U.S.A: Haestad Methods, 2000

PEREZ CARMONA, Rafael. Desagües. Bogotá: Editorial Escala, 1988

## **8. ANEXOS**

(ver archivo en Anexos)