

**NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS  
PARA EL DISEÑO Y EJECUCIÓN DE  
OBRAS E INSTALACIONES HIDRÁULICAS**

**INDICE**

<b>Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Ejecución de Obras e Instalaciones Hidráulicas.....</b>	
<b>SECCIÓN 1. GENERALIDADES</b>	
1. Introducción.....	
2. Objetivo	
3. Campo de aplicación.....	
4. Terminología.....	
5. Símbolos y abreviaturas.....	
5. Unidades.....	
<b>SECCIÓN 2. NORMAS DE DISEÑO PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO</b>	
1. Datos de proyecto.....	
1.1. Capacidad de almacenamiento y de regulación de los vasos y tanques.....	
1.2. Gastos de diseño de conductos cerrados, canales y estructuras.....	
1.2.1. Sistemas de agua potable.....	
A) Período de diseño	
B) Población de diseño	
C) Dotación de agua potable	
D) Gastos de diseño	
1.2.2. Sistemas de alcantarillado sanitario.....	
A) Período de diseño	
B) Población de diseño	
C) Aportación de aguas negras	
D) Gastos de diseño	
1.2.3. Sistemas de alcantarillado pluvial.....	
A) Gasto de diseño	
B) Coeficiente de escurrimiento	
C) Intensidad de precipitación	
D) Tiempo de concentración	
1.2.4. Gastos de diseño para revisión y corrección de cauces naturales.....	
1.2.5. Gastos de diseño en conducciones para agua de riego.....	
A) Plan de cultivos	
B) Gastos de diseño	
2. Diseño geométrico e hidráulico.....	
2.1. Presas y sus estructuras.....	
2.1.1. Alcance.....	
2.1.2. Cortina o presa propiamente dicha.....	
A) Trazo en planta	
B) Corona	
C) Capacidad y funcionamiento de vaso	
D) Bordo libre	
2.1.3. Obra de desvío.....	
A) Canal o tajo de desvío	
B) Conducto de desvío	
C) Cierre	
2.1.4. Obra de toma.....	
A) Estructura de entrada	
B) Transiciones de entrada y salida	
C) Conducto	
D) Codo vertical	
E) Tanque amortiguador	
F) Obra de toma a través de cortina de concreto	
G) Obra de toma en presas derivadoras	
2.1.5. Obras de excedencias.....	
A) Obras de excedencias con descarga libre	
B) Obras de excedencias controladas	
2.1.6. Diques.....	
2.2. Tanques.....	
2.2.1. Alcance.....	
2.2.2. Método analítico para determinar el volumen de regulación necesario.....	
2.2.3. Método gráfico para determinar el volumen de regulación necesario.....	
2.2.4. Método alternativo para determinar la capacidad del tanque.....	

- 2.3. Tuberías a presión.....
- 2.3.1. Información general.....
- 2.3.2. Diseño geométrico.....
- 2.3.3. Diseño hidráulico.....
  - A) Ecuaciones para flujo permanente
  - B) Pérdidas de energía por fricción en la conducción
  - C) Pérdidas locales
  - D) Conducción por gravedad
  - E) Conducción por bombeo
  - F) Velocidades permisibles
- 2.3.4. Instalación de válvulas de admisión y expulsión de aire y desagües.....
- 2.3.5. Selección del material de la tubería.....
- 2.4. Conducciones a superficie libre.....
- 2.4.1. Capacidad de las conducciones.....
- 2.4.2. Fórmulas generales de diseño.....
- 2.4.3. Diseño de las conducciones.....
  - A) Canales sin revestir
  - B) Canales revestidos
  - C) Alcantarillado y conductos cerrados
- 2.4.4. Estructuras.....
- 2.5. Redes.....
- 2.5.1. Redes de distribución de agua potable.....
  - A) Memoria descriptiva
  - B) Índice
  - C) Localización del área de proyecto
  - D) Información de apoyo
  - E) Memoria de cálculo
- 2.5.2. Redes de alcantarillado sanitario.....
  - A) Memoria descriptiva
  - B) Índice
  - C) Localización del área de proyecto
  - D) Información de apoyo
  - E) Memoria de cálculo
- 2.5.3. Redes de alcantarillado pluvial.....
  - A) Memoria descriptiva y de cálculo
  - B) Índice
  - C) Localización del área de proyecto
  - D) Sinopsis del proyecto
  - E) Recopilación básica de información
  - F) Objetivo del proyecto
  - G) Datos generales del proyecto
  - H) Memoria de cálculo
- 2.6. Instalaciones hidrosanitarias en edificios.....
- 2.6.1. Alcance.....
- 2.6.2. Datos de proyecto.....
- 2.6.3. Instalaciones hidráulicas.....
  - A) Cálculo de pérdidas de carga en las tuberías y piezas de distribución
  - B) Tanques y cisternas
  - C) Tubería
  - D) Conducción de agua caliente
- 2.6.4. Instalaciones contra incendio.....
  - A) Gastos de diseño
  - B) Diámetros de las tuberías de distribución
  - C) Válvulas
  - D) Reductores de presión
- 2.6.5. Otro sistema de distribución de agua.....
  - A) Cálculos de gastos de aguas residuales
  - B) Diámetros de las tuberías
  - C) Trampas para grasas
- 2.7. Bombas e instalaciones de bombeo.....
- 2.7.1. Bombas.....
- 2.8. Plantas de potabilización.....
- 2.8.1. Definiciones.....
  - A) Tiempo de retención

- B) Carga superficial
- C) Carga sobre vertedor
- 2.8.2 Lineamientos generales para el diseño hidráulico de las plantas de potabilización.....
- 2.8.3 Rejillas.....
- 2.8.4. Tanques de sedimentación.....
  - A) Hidráulica de la entrada
  - B) Hidráulica de la descarga
  - C) Sedimentadores de alta tasa o de flujo entre placas paralelas
- 2.8.5. Sistemas de aireación.....
  - A) Aireadores por gravedad
  - B) Aireadores por aspersión
  - C) Aireadores por difusión
- 2.8.6. Mezclado y floculación.....
  - A) Mezclado
  - B) Floculación
- 2.8.7. Filtración.....
- 2.9 Plantas de tratamiento.....
- 2.9.1. Tratamiento preliminar.....
  - A) Rejillas
  - B) Tanques desarenadores
  - C) Otras operaciones de tratamiento preliminar
- 2.9.2. Tratamiento primario.....
  - A) Tanques de sedimentación primaria
- 2.9.3. Desinfección.....
  - A) Tanques de cloración
- 2.9.4. Postaireación.....
  - A) Aireación en cascadas
  - B) Aireación mecánica o mediante difusores de aire
- 2.9.5. Tratamiento secundario.....
  - A) Proceso de lodos activados
- 2.9.6. Filtros percoladores.....
- 2.9.7. Biodiscos (Contactores biológicos rotativos)...
- 2.9.8. Lagunas de estabilización .....
  - A) Estructuras de entrada y de salida
  - B) Conductos de interconexión
  - C) Construcción de los diques
  - D) Construcción del fondo d
  - E) Control de los escurrimientos superficiales
- 2.10 Equipo y maquinaria hidráulica.....
- 2.10.1. Proceso de selección de válvulas.....
  - A) Válvulas para servicio de bloqueo o cierre
  - B) Válvulas para estrangulación
  - C) Materiales de construcción
  - D) Sobre capacidades de presión y temperatura
  - E) Sobre el material de empaquetaduras y juntas
  - F) Sobre el costo y disponibilidad
  - G) Sobre la evaluación
- 2.10.2. Evaluación de la pérdida de presión en válvulas.....
  - A) Válvulas de compuerta de cuña
  - B) Válvulas de compuerta de doble obturador
  - C) Válvulas de globo
  - D) Válvulas de globo en Y
  - E) Válvulas angulares bridadas
  - F) Válvulas angulares soldadas
  - G) Válvulas de retención de disco oscilante
  - H) Válvulas de retención de obturador ascendente
  - I) Válvulas de retención de obturador ascendente en Y
  - J) Válvulas de retención de disco basculante
  - K) Válvulas de retención y cierre de tipo recto
  - L) Válvulas de retención y cierre tipo angular
  - M) Válvulas de pie con filtro
  - N) Válvulas de globo
  - O) Válvulas de mariposa
- 2.10.3. Pérdidas de presión por rozamiento en las paredes de la tubería.....

- 2.10.4. Pérdidas de presión por cambios en la dirección del flujo y cambio de la sección transversal de la tubería.....
  - A) Estrechamiento brusco y gradual
  - B) Ensanchamiento brusco y gradual
- 2.10.5. Normas sobre soldadura en tuberías.....
- 2.10.6. Normas sobre el diseño de compuertas.....
  - A) Estructuración
  - B) Carga
  - C) Diseño de la pantalla

### SECCIÓN 3. NORMAS DE DISEÑO PARA LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL

- 1. Empujes y presiones.....
  - 1.1. Definición.....
  - 1.2. Presas.....
    - 1.2.1. Presas de tierra y roca.....
      - A) Forma de considerar el empuje del agua  $E_a$
      - B) Forma de considerar la presión de poro  $U_p$
      - C) Forma de considerar las fuerzas de filtración  $FF$
    - 1.2.2. Presas de gravedad.....
      - A) Empuje hidrostático
      - B) Subpresión
      - C) Empuje de azolves
      - D) Sismo
  - 1.3. Tanques.....
    - 1.3.1. Carga muerta.....
    - 1.3.2. Empuje hidrostático.....
    - 1.3.3. Empuje del terreno.....
    - 1.3.4. Cargas vivas.....
    - 1.3.5. Maquinaria.....
    - 1.3.6. Viento.....
    - 1.3.7. Sismo.....
  - 1.4. Tuberías a presión.....
    - 1.4.1. Golpe de ariete.....
    - 1.4.2. Esfuerzos circunferenciales.....
    - 1.4.3. Esfuerzos longitudinales.....
      - A) Esfuerzos debidos a cambios de temperatura
      - B) Esfuerzos como consecuencia de la deformación radial
    - 1.4.4. Esfuerzos de viga.....
    - 1.4.5. Apoyos en las tuberías de acero.....
    - 1.4.6. Esfuerzos de pandeo.....
  - 1.5. Canales.....2
- 2. Estructuras de tierra y roca.....
  - 2.1. Definición.....
  - 2.2. Tipos de estructuras.....
  - 2.3. Criterios de análisis.....
    - 2.3.1. Estabilidad de taludes.....
    - 2.3.2. Tubificación.....
    - 2.3.3. Asentamientos.....
    - 2.3.4. Licuación.....
  - 2.4. Cimentación de las cortinas.....
    - 2.4.1. Cimentación en aluvión.....
      - A) Trincheras
      - B) Pantalla rígida
      - C) Pantalla flexible
      - D) Delantales
      - E) Inyecciones
    - 2.4.2. Cimentación en roca.....
      - A) Inyecciones
      - B) Recomendaciones
- 3. Estructuras de concreto y mampostería.....
  - 3.1. Alcance.....
  - 3.2. Criterios de diseño estructural.....
  - 3.3. Análisis.....
  - 3.4. Materiales.....

- 3.5. Factores de resistencia.....
- 3.5.1. Revisión de los estados límite.....
- 3.6. Presas.....
- 3.6.1. Presas de gravedad.....
  - A) Cargas ordinarias
  - B) Cargas extraordinarias
  - C) Cargas ordinarias y sismo
- 3.7. Presas de contrafuertes.....
- 3.7.1. Presas tipo Ambursen.....
- 3.8. Presas derivadoras.....
- 3.8.1. Volteo.....
- 3.9. Estructuras hidráulicas de mampostería de fragmentos de roca.....
- 3.9.1. Materiales.....
- 4. Estructuras metálicas.....
- 4.1. Alcance.....
- 4.2. Esfuerzos permisibles.....
  - 4.2.1. Tensión.....
  - 4.2.2. Compresión.....
  - 4.2.3. Esfuerzo permisible a cortante.....
- 4.3. Soldadura.....
- 4.4. Diseño de la pared de un tanque.....
- 4.5. Arreglo de las placas que forman la pared del tanque.....
- 4.5.1. Diferentes tipos de atiesadores.....
- 4.6. Tanques elevados de acero.....

#### SECCIÓN 4. NORMAS SOBRE ASPECTOS CONSTRUCTIVOS

- 1. Consideraciones generales.....
  - 1.1. Alcance.....
  - 1.2. Mecánica de rocas.....
  - 1.3. Excavaciones profundas.....
  - 1.4. Secciones transversales de construcción.....
  - 1.5. Control de las secciones de las estructuras....
  - 1.6. Control de calidad.....
    - 1.6.1. Estructuras de tierra.....
    - 1.6.2. Estructuras de roca.....
    - 1.6.3. Estructuras de concreto.....
    - 1.6.4. Estructuras de mampostería.....
      - A) Estructuras de mampostería de piedra
      - B) Estructuras de mampostería de tabique
      - C) Estructuras de mampostería de block
    - 1.6.5. Estructuras de acero.....
  - 1.7. Recepción entrega de las estructuras.....
- 2. Estructuras de tierra y roca.....
  - 2.1. Procedimientos de construcción de las estructuras de tierra y roca.....
    - 2.1.1. Estructuras de tierra.....
      - A) Terraplenes con material impermeable para ataguías
      - B) Terraplenes con material impermeable para bordos, dentellones y zona central de las cortinas de las presas
      - C) Estructuras de roca
    - 2.2. Desmote y despirme del terreno.....
    - 2.3. Entrega del trazo y nivelación de los ejes.....
    - 2.4. Secciones de construcción.....
    - 2.5. Avances de obra.....
- 3. Estructuras de concreto y mampostería.....
  - 3.1. Estructuras de concreto.....
    - 3.1.1. Características físicas del concreto.....
      - A) Peso volumétrico
      - B) Resistencia
      - C) Impermeabilidad
      - D) Dosificación
      - E) Agregados
      - F) Revenimiento
      - G) Otras características físicas
    - 3.1.2. Características químicas del concreto.....
      - A) Resistencia a los sulfatos

- B) Resistencia a los ácidos
- C) Curados con vapor
- D) Concretos con altas temperaturas de fraguado
- E) Concretos puzolánicos
- 3.1.3. Características físicas del acero.....
  - A) Grado estructural
  - B) Longitud, diámetros y pesos
  - C) Acero de presfuerzo
  - D) Acero estructural
  - E) Tuberías
- 3.1.4. Características químicas del acero.....
- 3.1.5. Cimbras .....
- 3.1.6. Equipos y herramientas.....
- 3.1.7. Juntas.....
  - A) Juntas de dilatación
  - B) Juntas de llave o de cortante
  - C) Juntas de impermeabilidad
- 3.1.8. Curado y sus aplicaciones.....
  - A) Curado primario o elemental
  - B) Curado con aditivos
  - C) Curado en autoclave o similar
- 3.2. Estructuras de mampostería.....
  - 3.2.1. Estructuras de tabique de barro recocido.....
  - 3.2.2. Estructuras de tabiques de concreto.....
  - 3.2.3. Mamposterías de piedras naturales.....
    - A) Morteros
    - B) Diseño
    - C) Procedimiento constructivo
    - D) Cimientos
    - E) Muros de contención
- 3.3. Prefabricados y ensambles.....
- 4. Estructuras metálicas.....
  - 4.1. Condiciones generales de los materiales.....
    - 4.1.1. Identificación del material.....
    - 4.1.2. Control de calidad de los materiales.....
      - A) Rechazos
  - 4.2. Conexiones.....
    - 4.2.1. Estructuras remachadas o atornilladas.....
      - A) Preparación de las conexiones
      - B) Colocación de remaches y tornillos
      - C) Inspección visual de los tornillos
    - 4.2.2. Estructuras soldadas.....
      - A) Preparación de los materiales
      - B) Aplicación de la soldadura
      - C) Calidad de la soldadura
      - D) Inspección de la soldadura
  - 4.3. Fabricación y montaje.....
    - 4.3.1. Fabricación en taller.....
      - A) Contraflecha, curvado y enderezado
    - 4.3.2. Montaje.....
      - A) Métodos de montaje
      - B) Soportes provisionales durante el montaje
      - C) Tolerancias
  - 4.4. Protección de las estructuras.....
    - 4.4.1. Corrosión.....
      - A) definición
      - B) Métodos de control de la corrosión
    - 4.4.2. Fuego.....
  - 4.5. Requisitos complementarios para estructuras metálicas específicas.....
    - 4.5.1. Tanques y recipientes.....
      - A) Recipientes superficiales
      - B) Tanques elevados
      - C) Recipientes a presión
      - D) Inspección y prueba de tanques

- 4.5.2. Tuberías de acero.....
  - A) Fabricación de tuberías
  - B) Transporte
  - C) Carga y descarga
  - D) Zanjado
  - E) Instalación
  - F) Uniones con soldadura
  - G) Prueba hidrostática de campo
  - H) Inspecciones
- 4.5.3. Compuertas y obturadores.....
- 5. Construcciones en el subsuelo.....
  - 5.1. Estudios básicos de ingeniería geotécnica y geológica.....
  - 5.2. Túneles.....
    - 5.2.1. Trazo de túneles.....
    - 5.2.2. Sistema de soporte.....
      - A) Requisitos de soporte
      - B) Tipos de soporte
    - 5.2.3. Ventilación.....
    - 5.2.4. Control de polvos.....
  - 5.3. Pozos para captación de agua.....
    - 5.3.1. Exploración hidrogeológica.....
    - 5.3.2. Métodos de perforación.....
    - 5.3.3. Exploración de pozos.....
    - 5.3.4. Ademes.....
      - A) Diámetro del ademe
      - B) Tipos de materiales de ademes
    - 5.3.5. Filtros.....
    - 5.3.6. Protección sanitaria.....
- 5. Redes de distribución y evacuación.....
  - 5.1. Alcances.....
  - 5.2. Especificaciones generales de construcción de redes de distribución y evacuación.....
    - 5.2.1. Características del polietileno de alta densidad.....
      - A) Dimensiones de la tubería de polietileno de alta densidad
      - B) Rangos de temperatura de la tubería de polietileno de alta densidad
      - C) Unión de la tubería de polietileno de alta densidad
    - 5.2.2. Instalación de tuberías de redes de distribución de agua potable.....
      - A) Mejoramiento del fondo de la zanja y relleno de la misma en redes de distribución
    - 5.2.3. Pruebas hidrostáticas.....
      - A) Premisas
      - B) Equipo de prueba
      - C) Procedimiento para llevar a cabo la prueba hidrostática
      - D) Fugas máximas permisibles
    - 5.2.4. Desinfección de la tubería .....
  - 5.3. Redes de evacuación de aguas negras y pluviales.....
    - 5.3.1. Tuberías de concreto.....
    - 5.3.2. Tuberías de P.V.C.....
    - 5.3.3. Tuberías de fibrocemento .....
    - 5.3.4. Instalación de tuberías de redes de evacuación de aguas negras y pluviales.....
      - A) Anchos de zanjas
    - 5.3.5. Mejoramiento del fondo de la zanja y relleno de la misma.....
      - A) Plantilla clase "A". Factor de carga 2.25
      - B) Plantilla clase "B". Factor de carga 1.90
      - C) Plantilla clase "C". Factor de carga 1.50
  - 6.3.6. Profundidad mínima y máxima.....

## SECCIÓN 5. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- 1. Referencias .....
- 2. Bibliografía.....



NORMAS TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA EL DISEÑO Y  
EJECUCIÓN DE OBRAS E INSTALACIONES HIDRÁULICASSECCIÓN UNO  
G E N E R A L I D A D E S

## 1. INTRODUCCIÓN

En el Distrito Federal de los Estados Unidos Mexicanos se requiere continua y permanentemente construir numerosas obras de infraestructura hidráulica, así como edificaciones para vivienda, oficinas, industria, comercio, servicios hospitalarios y otros servicios. Tanto estas obras como las instalaciones correspondientes deben cumplir requisitos básicos de ingeniería para su buen funcionamiento, seguridad estructural, relaciones con el medio ambiente, duración y economía, según lo establece el Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal promulgado por el Gobierno de esta entidad federativa. En relación con lo que establece el Reglamento en su artículo 1 y para apoyar lo estipulado en sus Títulos Quinto, Sexto, Séptimo y Noveno, el Gobierno del Distrito Federal emite estas Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Ejecución de Obras e Instalaciones Hidráulicas dentro del Distrito Federal.

## 2. OBJETIVO

Con estas Normas se pretende fijar los requisitos mínimos de ingeniería para el diseño y ejecución de las obras e instalaciones hidráulicas de infraestructura y edificación en el Distrito Federal, a fin de asegurar su buen funcionamiento hidráulico y su seguridad estructural, así como establecer recomendaciones en cuanto a los métodos y procedimientos de diseño y construcción, sugerir valores de los parámetros que intervienen en el diseño y proporcionar al diseñador y al constructor o instalador bases que faciliten su trabajo de ingeniería dentro de la práctica recomendada internacionalmente.

## 3. CAMPO DE APLICACIÓN

Estas Normas se aplicarán en todos los trabajos de diseño y ejecución de obras e instalaciones hidráulicas que realicen o pretendan realizar el Gobierno y los particulares, dentro del Distrito Federal, así como en aquéllos que se realicen en otras entidades federativas de los Estados Unidos Mexicanos que tengan por objeto dotar al Distrito de servicios de abastecimiento de agua o de drenaje y saneamiento o bien que, por cualquier causa, sean financiados o dirigidos, total o parcialmente, por el Gobierno del Distrito Federal.

## 4. TERMINOLOGÍA

A fin de aclarar al no especialista, y evitar posibles confusiones en el significado con que se utilizan algunos de los términos que se emplean en estas Normas, a continuación se proporciona una lista de los más usuales, junto con la explicación respectiva:

**Ademe.-** Estructura que se instala en zonas excavadas a fin de contrarrestar el empuje horizontal de la tierra que tiende a cerrar los espacios excavados, produciendo derrumbes sobre los mismos.

**Agua potable.-** Agua que cumple con las características físicas de color, olor y sabor, así como de contenido de minerales y materia biológica, para consumo humano.

**Aguas negras.-** Agua de desecho producida por el consumo humano.

**Aguas residuales.-** Agua de desecho producto de las actividades industriales.

**Altura de precipitación.-** Cantidad de agua producto de la lluvia, refiriéndose a la altura de la lámina de agua que se acumula en una superficie horizontal.

**Aportación.-** Cantidad de agua, negra y residual, que se vierte a los sistemas de alcantarillado.

**Avenida.-** Crecida impetuosa de un río, generalmente debida a la lluvia o al deshielo.

**Avenida de diseño.-** Avenida que sirve como parámetro para el diseño de obras hidráulicas sobre el cauce de los ríos, basada en consideraciones de carácter técnico, de probabilidad de ocurrencia y de riesgo de daños.

**Bordo.-** Estructura, generalmente de tierra, construida alrededor de una superficie de terreno para formar lagunas artificiales, o colocada a los lados de un cauce para aumentar su capacidad y evitar su desbordamiento.

**Bordo libre.-** Tolerancia de altura que se deja en la parte alta de las estructuras hidráulicas para evitar el derramamiento del agua almacenada o circulante en ellas.

**Canal.-** Estructura abierta al aire libre, natural o artificial, que sirve para la conducción o desalojo del agua.

**Capacidad de almacenamiento.-** En las presas, es la cantidad de agua que pueden contener entre las elevaciones correspondientes a los niveles mínimo y máximo de operación.

**Capacidad de regulación.-** Volumen suficiente en un tanque o embalse para almacenar el agua que llega de una fuente, a régimen constante, y poder satisfacer las demandas del líquido, variables, a lo largo del día, o para retener temporalmente el agua de una avenida con objeto de reducir el gasto aguas abajo de la estructura.

**Cárcamo.-** Depósito excavado en el suelo para captar escurrimientos que después serán bombeados.

**Cimacio.-** Geometría específica de una estructura vertedora, apegada a la forma de la descarga de un vertedor de pared delgada. Estructura con esa forma.

**Cisterna.-** Tanque para almacenamiento de agua potable construido bajo el nivel del suelo.

**Coefficiente de escurrimiento.-** Cociente del volumen o gasto de agua que escurre entre el volumen o gasto de agua que llueve, en una superficie determinada.

**Coefficiente de variación diaria.-** Coeficiente que representa el incremento en la demanda de agua potable en el día de mayor consumo a lo largo del año, en relación con la demanda media anual.

**Coefficiente de variación horaria.-** Coeficiente que representa el incremento en la demanda de agua potable en la hora de mayor consumo a lo largo del día, en relación con la demanda media del día.

**Coefficiente de variación instantánea.-** Coeficiente para determinar el escurrimiento máximo que se puede presentar en un instante dado en una red de alcantarillado.

**Compuerta.-** Barrera móvil utilizada en presas y canales para regular el paso del agua a través de una sección dada.

**Conducto a presión.-** Conducto cerrado que lleva el agua a una presión mayor que la atmosférica, generada por carga hidráulica o de bombeo.

**Conducto cerrado.-** Tubo o túnel por el que circula el agua. Puede funcionar a superficie libre o a presión.

**Corona.-** Parte superior de la cortina, cuando sea posible y conveniente, se utilizará como tramo de un camino.

**Cortina.-** Estructura de una presa que cierra el paso al agua de la corriente para provocar su almacenamiento.

**Cresta.-** Punto más alto de un vertedor.

**Cuenca.-** Extensión de terreno delimitada por el lugar geométrico de los puntos más altos del mismo ("parteaguas"), que define la zona de captación de las aguas pluviales.

**Dentellón.-** Excavación de sección trapecial que se rellena con concreto y se liga a las estructuras para fijarlas al suelo y evitar desplazamientos horizontales o aumentar la longitud del paso de las filtraciones.

**Desagüe.-** Estructura de una presa que permite la salida de agua del vaso para vaciar el embalse en forma programada.

**Dique.-** Estructura de tierra, concreto o mampostería que se construye en los puertos geográficos para evitar fugas del embalse de una presa y aumentar

así su capacidad.

**Dotación.**- En agua potable, es la cantidad de agua asignada a cada habitante, considerando todos los consumos de los servicios municipales, industriales y comerciales y las pérdidas físicas en el sistema, en un día medio anual.

**Drenaje combinado.**- Red de alcantarillado por la que se desalojan simultáneamente las aguas negras y residuales y las pluviales.

**Drenaje separado.**- Red de alcantarillado diseñado para desalojar exclusivamente las aguas negras y residuales o las aguas pluviales.

**Embalse.**- Retención artificial de las aguas de un río, mediante la construcción de una presa, para su utilización en diferentes fines.

**Empuje.**- Fuerza debida a la acción del agua o de materiales sueltos que actúa sobre las superficies de las estructuras de retención.

**Estructura desarenadora.**- Estructura de una presa que tiene por objeto retener los materiales de acarreo tanto de fondo como de suspensión para evitar que entren a la obra de toma.

**Estructuras de mampostería.**- Estructuras construidas a base de pedacera de roca o de ladrillo, juntada con un elemento aglutinante como mortero de cemento y arena.

**Estructuras de roca.**- Estructuras que se construyen a base de rocas, de diferentes tamaños, colocadas y acomodadas sin aglutinante.

**Floculación.**- En las plantas de tratamiento y potabilización de agua, etapa en la que el agua se mezcla con compuestos químicos para que se formen grumos con los sólidos suspendidos, suficientemente grandes para que se precipiten y puedan ser apartados.

**Gasto.**- Volumen de agua que pasa por una sección en una unidad de tiempo.

**Gasto de diseño.**- El que se prevé que circulará en condiciones críticas en un sistema, conducto o estructura, y con base en el cual se realiza el diseño de éste.

**Gasto máximo diario.**- Cantidad de agua potable que se debe surtir el día de mayor consumo a lo largo del año.

**Gasto máximo extraordinario.**- Para el drenaje, caudal de agua de desecho que considera aportaciones de agua que no forman parte de las descargas normales, como por ejemplo bajadas de aguas pluviales de las azoteas. Para un río, gasto de pico de una avenida extraordinaria.

**Gasto máximo horario.**- Cantidad de agua potable que se debe surtir a la hora de mayor consumo a lo largo del día de mayor consumo.

**Gasto máximo instantáneo.**- Valor máximo del escurrimiento que se puede presentar en un momento dado en algún sistema, cauce o conducto.

**Gasto medio diario.**- Cantidad de agua potable requerida para satisfacer las necesidades de una población en un día de consumo promedio.

**Golpe de ariete.**- Fenómeno transitorio que se presenta en los conductos a presión ante un cierre abrupto de válvulas, presentándose aumentos y reducciones bruscas de presión en el agua que pueden llevar a la falla del sistema.

**Hidrograma.**- Representación gráfica que describe el comportamiento del agua, con respecto al tiempo, al entrar o salir de algún almacenamiento.

**Instalaciones hidráulicas.**- En las edificaciones, es el conjunto de tuberías y muebles que distribuyen el agua potable.

**Instalaciones sanitarias.**- En las edificaciones, es el conjunto de tuberías y muebles que desalojan el agua de desecho del consumo humano.

**Intensidad de precipitación.**- Cantidad de agua que llueve, medida en altura de precipitación, en una unidad de tiempo.

**Laguna de estabilización.**- Depósito para tratamiento primario de aguas residuales en donde el agua se deja reposar para su sedimentación para posteriormente pasarla a otro sistema o descargarla al medio ambiente.

**Laguna de regulación.**- Almacenamiento superficial cuya función es retener el agua proveniente de lluvias excesivas para después dejarla salir paulatinamente y no afectar los sistemas de alcantarillado.

**Lámina de riego.**- Cantidad de agua adicional al agua proporcionada por la lluvia, que requieren los cultivos para su desarrollo, medida en altura de agua.

**Ley de demandas.**- Relación de la variación de la demanda de agua en un período determinado.

**Licuación.**- Fenómeno que se da en suelos con alto contenido de agua cuando, debido a cambios de presión, se pierde su estructura y se comporta como un fluido.

**Lumbrera.**- Excavación vertical por la que se puede tener acceso a instalaciones o estructuras subterráneas.

**Obra de desvío.**- Conjunto de obras que sirven para desviar los escurrimientos del río durante la construcción de la presa.

**Obra de excedencias.**- Estructura que permite la salida de los excedentes de agua en el vaso de almacenamiento restituyéndola al río sin peligro de daños para la presa ni para las poblaciones de aguas abajo.

**Obra de excedencias controlada.**- Tipo de vertedor en que el escurrimiento se controla mediante dispositivos que se pueden abrir o cerrar a voluntad.

**Obra de toma.**- Estructura que permite enviar a voluntad el agua del embalse hacia canales de riego, conducciones para abastecimiento a plantas generadoras de energía eléctrica o potabilizadoras.

**Nivel de aguas mínimo NAMín.**- En las presas, es el nivel que se estima alcanzarán los azolves que se espera lleguen al vaso durante la vida útil de la presa.

**Período de diseño.**- Tiempo en el que se estima que las estructuras alcanzarán su máxima capacidad de uso prevista; "vida útil" de diseño.

**Período de retorno.**- Término que se refiere al recíproco de la probabilidad de que un evento sea igualado o superado en un año cualquiera.

**Plan de cultivos.**- Programa de los cultivos a realizarse en una zona determinada basado en estudios económico - agrológicos.

**Población.**- Conjunto de los habitantes de un país, región o ciudad.

**Población de diseño.**- Población que se estima para un período de diseño determinado, con base en la cual se realizarán los diseños.

**Potabilización de agua.**- Procedimiento por medio del cual se logra que el agua obtenga las características necesarias para el consumo humano.

**Pozo de absorción.**- Excavación en la que se retiene el agua de lluvia para que se infiltre lentamente al subsuelo.

**Pozo a cielo abierto.**- Excavación de dimensiones suficientes para que un técnico pueda bajar y examinar los diferentes estratos de suelo en su estado natural, así como las condiciones precisas referentes al agua contenida en el suelo.

**Precipitación.**- Caída del agua atmosférica, en forma de lluvia.

**Presa.**- Estructura o conjunto de estructuras que se construyen sobre un río con objeto de regular su caudal o embalsar el agua para aprovecharla en distintos fines

**Presión.**- Cociente de la fuerza aplicada a una superficie entre el área de ella.

**Presión de poro.**- En el suelo o estructuras térreas, es la presión actuante debida al agua.

**Sifón invertido.**- Conducto cerrado que se construye en drenes o canales para vencer obstáculos como ríos, caminos, barrancas, líneas de ferrocarril, etc.

**Simulación del funcionamiento de vaso.**- Análisis hidráulico del comportamiento del embalse basado en: las entradas de agua al vaso según los registros de lluvias y/o escurrimientos existentes, una ley de demandas según el uso al que se destine el agua de la presa, la evaporación del embalse y la ley de excedentes al rebasar el NAMO.

**Subpresión.-** Presión hidrostática interna o presión actuante en las cimentaciones debida a la altura del embalse. También se llama así al empuje resultante.

**Tajo.-** Corte profundo que se hace en el terreno para permitir el paso del agua de un lado a otro de una elevación. En la construcción de las presas, se usa como obra de desvío del cauce principal del río.

**Tanque.-** Depósito para almacenar fluidos.

**Tanque amortiguador.-** es un canal de longitud corta para disipación de energía, está revestido de concreto y colocado al pie de un vertedor o de cualquier otra estructura que descargue a régimen supercrítico.

**Tanque de tormentas.-** Tanque que se dispone para captar el agua de lluvia para después desalojarla lentamente al sistema de alcantarillado.

**Tiempo de concentración.-** Tiempo que tarda el escurrimiento de una gota de agua desde el punto más alejado de la zona de estudio hasta el punto considerado de una red de alcantarillado u otra estructura o sistema.

**Tiempo de ingreso.-** El que tarda en entrar el agua producto de la lluvia a las coladeras.

**Torre de oscilación.-** Estructura alta, abierta a la atmósfera, que se construye en las conducciones a presión para evitar los efectos nocivos de fenómenos como el golpe de ariete.

**Trampa para grasas.-** Caja de concreto con una geometría particular que se construye antes de la descarga a la red de alcantarillado para retener grasas y evitar el ingreso de éstas a la red.

**Tránsito de avenidas (análisis o simulación del).-** Método con el cual se simula el paso de las aguas a través del vaso de una presa o a lo largo de un cauce.

**Tratamiento de agua.-** Conjunto de procedimientos por medio de los cuales se mejora, en diferentes grados, la calidad de las aguas negras o residuales.

**Tubería.-** Conducto fabricado de diferentes materiales, generalmente de sección circular; puede trabajar a presión o como canal.

**Tubificación.-** Fenómeno que se da en estratos de suelos finos en los que empiezan a formarse pequeños tubos debido a las fuerzas de filtración del agua que circula por ellos.

**Túnel.-** Estructura excavada en el terreno, de sección cerrada, por la que se puede conducir agua, o alojar un camino, ferrocarril u otro conducto.

**Uso consuntivo.-** Cantidad de agua que requieren las plantas para su desarrollo, más la cantidad que se evapora del terreno que las rodea y la infiltración profunda.

**Vaso.-** Depósito natural formado por la configuración topográfica de un sitio; generalmente, el término se refiere al que se forma al cerrar el paso a un río por medio de una presa.

**Vertedor de canal lateral.-** Vertedor de cresta recta en el cual el canal colector al que descarga es sensiblemente paralelo a la cresta.

**Vida útil.-** Tiempo esperado en que la obra sirva para los propósitos de diseño sin tener que erogarse gastos de mantenimiento elevados que hagan antieconómico su uso.

**Volumen de escurrimiento.-** Cantidad total de agua que escurre sobre una superficie determinada.

## 5. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

Dada la amplitud de los temas tratados, y con objeto de no hacer una relación de símbolos demasiado extensa, que sería más confusa que útil, los símbolos y abreviaturas que lo requieran se explican en cada ocasión en la que aparecen.

## 5. UNIDADES

La Ley Federal sobre Metrología y Normalización estipula, en su artículo 5, que el Sistema General de Unidades de Medida es el único legal y de uso obligatorio, y que éste se integra con las unidades básicas del Sistema Internacional de Unidades, así como con las suplementarias, derivadas, múltiplos y submúltiplos de todas ellas que apruebe la Conferencia General de Pesas y Medidas y se prevean en Normas Oficiales Mexicanas, y se integra también con las no comprendidas en el Sistema Internacional que acepte el mencionado organismo y se incluyan en dichos ordenamientos.

Sin perjuicio de lo anterior, en estas Normas se utilizan las unidades acostumbradas por la práctica de la ingeniería mexicana, para facilitar su uso y aplicación. Las equivalencias de estas unidades con aquellas del Sistema Internacional son ampliamente conocidas, por lo que no se

consideró necesario publicarlas aquí.

## SECCIÓN DOS NORMAS PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO HIDRÁULICO

### 1. DATOS DE PROYECTO

Los datos de proyecto para la ejecución de una obra hidráulica, generalmente se extraen del cúmulo de estudios previos que deben realizarse durante su planeación. También es de considerar que cuanto mayor sea la importancia del proyecto, mayor son en número y más profundamente se realizan los estudios, incluso, pueden llegar a efectuarse en diferentes épocas del año y bajo circunstancias específicas, siendo a veces repetitivos para fines de comparación y aclaración.

Sin pretender abundar en cuales son los datos de proyecto indispensables para la realización de una obra hidráulica, podemos decir que serán todos aquellos aspectos físicos, químicos, climáticos e hidrológicos que conforman una cuenca y sus escurrimientos, superficiales y subterráneos, así como los aspectos socioeconómicos de sus asentamientos humanos, incluida la industria, la agricultura, la ganadería y la recreación, la ecología y sus ramificaciones, que inciden o tendrán relación con las obras hidráulicas que se planean.

Como puede apreciarse, es una cantidad considerable de información la que se relaciona con un proyecto de obras hidráulicas.

#### 1.1 Capacidad de almacenamiento y de regulación de vasos y de tanques

La capacidad de un Vaso o de un Tanque debe determinarse principalmente en función del uso que se le quiera asignar al mismo, a saber:

Uso de los Vasos	Uso de los Tanques
1.- Almacenamiento	1.- Almacenamiento
2.- Control de avenidas	2.- Regulación de gastos
3.- Retención de azolves	
4.- Recarga de acuíferos	

En cualquier caso, el conocimiento del régimen o hidrograma de entradas y del régimen o hidrograma de salidas, así como las diferencias aritméticas entre ambos, deberá tenerse específicamente bien definida. Si no fuera así, se deberá suponer alguna de estas leyes, o las dos, según sea el caso, con el fin de poder realizar un análisis simulado del funcionamiento del vaso, y/o del tanque, durante, por lo menos, un año completo (52 semanas mínimo).

Se entenderá por hidrograma a la gráfica del volumen de agua a través de un lapso de tiempo predeterminado.

No hay que olvidar que en los vasos deberán tomarse muy en cuenta los volúmenes de evaporación, mismos que se determinarán con mediciones directas en la cuenca. También se tomará en consideración el concepto de que el volumen que entra menos el volumen que sale, deja un volumen almacenado o regulado, en términos generales.

$$V \text{ alm.} = V \text{ ent.} - V \text{ sal.}$$

Inmediatamente después se determinará cada una de las fallas o deficiencias de abastecimiento en el caso 1; o los posibles derrames en el caso 2. Los casos 3 y 4 se analizarán posteriormente.

Como quiera que sea, se tendrá que determinar un volumen necesario o inicial, para no tener más del 2% de fallas, deficiencias o errores (1 semana) en la simulación del funcionamiento del vaso, en todos los casos correspondientemente estudiados.

Se determinará después la suma total de los volúmenes acumulados, que serán la suma de las diferencias de los volúmenes de entrada menos los de salida, a través de un tiempo determinado.

Conocido dicho volumen total acumulado, se definirá el volumen medio mensual del año, dividiendo la suma de los volúmenes acumulados

entre 12 meses. A partir de este valor, se calculará el volumen medio trimestral (multiplicando por 3), siendo este último, el que servirá como básico para el cálculo de la capacidad de almacenamiento.

Si el volumen trimestral así determinado y multiplicado por el coeficiente 1.2, se puede confinar dentro de un área de 0.1 ha de la cuenca del río, con una cortina de 35 m de altura total como máximo y considerando uno o más anchos modulados, de 100 m. o fracción cada uno, en la corona de la cortina, el embalse se considerará aceptable. En caso contrario se buscará otra alternativa en otro lugar de la corriente, de tal suerte que geológicamente sea factible la construcción de la cortina

Se procurarán embalses que no pongan en peligro las viviendas o industrias aledañas, por lo que se limitarán a una capacidad máxima de 1.50 millones de m<sup>3</sup> por cada módulo de corona, con una altura de 35 m de cortina.

Cuando se esté diseñando una laguna de regulación, esta capacidad podría ser mayor, si se cuenta con mayores superficies planas y bordos de entre 1.5 y 3.0 m de altura, siempre y cuando se trate de captar aguas de drenaje combinadas. Las aguas industriales exclusivamente o con productos químicos peligrosos, no se almacenarán a cielo abierto, de preferencia se utilizarán tanques cerrados o depósitos subterráneos para dicho fin, cuidando los aspectos de impermeabilidad de los muros y del fondo principalmente.

Tratándose de tanques, el volumen trimestral se multiplicará por 1.3, aceptándose si el resultado queda comprendido entre 10 mil y hasta 50 mil m<sup>3</sup>, que ese ha sido el mayor tamaño utilizado en la actualidad para los supertanques.

Para el caso 3 de los vasos, retención de azolves, deberá llevarse a cabo la medición directa de los azolves arrastrados en el agua, todo un trimestre durante la época lluviosa (junio a agosto), determinando, de acuerdo a la vida útil del vaso (50 años como mínimo), la capacidad total necesaria de azolves.

En estos casos, se deberá considerar que la cortina servirá para contener, hasta su corona, el volumen establecido, no dejando ningún bordo libre.

Los cálculos estructurales y de estabilidad, fundamentales en estos casos, se normarán con el reglamento de las construcciones del D. F. y sus normas complementarias, así como con la práctica de la mecánica de suelos o geotécnica.

Los aspectos constructivos serán motivo de otro apartado en la presente norma, pero no dejaremos de mencionar aquí, la importancia de la impermeabilidad de las estructuras que confinen aguas residuales, tanto como para no contaminar el suelo adjunto, como para no permitir filtraciones hacia el interior de las mismas.

En el caso 4, recarga de acuíferos, el volumen puede no ser tan fundamental, pues la recarga puede hacerse al cabo de varios ciclos de llenado y durante un tiempo relativamente grande. Esto significa que pueden construirse embalses con materiales más baratos, como piedra braza por ejemplo, cuando la capacidad resulte menor a 3000 m<sup>3</sup>.

Sin embargo, en estos casos, se deberá diseñar la infiltración del agua al terreno, a través de pozos específicamente proyectados y construidos, de acuerdo a los resultados directos de las mediciones respectivas de campo.

## 1.2 Gastos de diseño de conductos cerrados, canales y estructuras

### 1.2.1 Sistemas para agua potable.

#### A) Periodo de diseño

Se fijará en función de la población y de acuerdo con el estudio de factibilidad técnica y económica correspondiente. Sin embargo dicho periodo no deberá ser menor a los presentados en la tabla 1-1 (Ref. 2).

TABLA 1 -1.- Periodos de diseño

Población (habitantes)	Periodo de diseño

menos de 4,000	5 años
De 4,000 a 15,000	10 años
De 15,000 a 70,000	15 años
Más de 70,000	20 años

B) Población de diseño

Para su cálculo, se utilizarán métodos establecidos, tales como el aritmético, geométrico o logístico (Ref. 2). En todos los casos deberán representarse gráficamente los resultados obtenidos y seleccionar la población en función de la historia demográfica de los tres últimos censos.

C) Dotación de agua potable

Deberá de seleccionarse tomando como base los datos estadísticos que posea la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica. En caso de no existir dichos datos podrán tomarse los valores que se presentan en la tabla 1-2.

TABLA 1-2.- Dotación de agua potable

Población de proyecto (habitantes)	Dotación (l/hab/día)
De 2,500 a 15,000	100
De 15,000 a 30,000	125
De 30,000 a 70,000	150
De 70,000 a 150,000	200
Mayor a 150,000	250

D) Gastos de diseño

Los diferentes gastos que se utilizan en el diseño de redes de abastecimiento de agua potable, gasto medio diario, gasto máximo diario y gasto máximo horario, deberán tomarse de datos estadísticos de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica. En caso de no existir la información antes mencionada, los gastos de diseño se calcularán de la siguiente forma:

? Gasto medio diario anual. Expresado en l/s y se calculará con la expresión:

$$Q_m = \frac{D \cdot P}{86,400}$$

donde:

- Q<sub>m</sub> Gasto medio diario anual, en l/s
- D Dotación, en l/hab/día
- P Población, en hab.

? Gasto máximo diario. Se calculará afectando al gasto medio diario anual por un coeficiente de variación diaria de acuerdo con la siguiente expresión.

$$Q_{MD} = Q_m \cdot C_{VD}$$

donde:

- Q<sub>MD</sub> Gasto máximo diario, en l/s.
- Q<sub>m</sub> Gasto medio diario anual, en l/s
- C<sub>VD</sub> Coeficiente de variación diaria

? Gasto máximo horario. Se calculará afectando al gasto máximo diario por un coeficiente de variación horaria de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Q_{MH} = Q_{MD} \cdot C_{VH}$$



donde:

- $Q_{MH}$  Gasto máximo horario, en l/s.  
 $Q_{MD}$  Gasto máximo diario, en l/s.  
 $C_{VH}$  Coeficiente de variación horaria

Los coeficientes de variación diaria y horaria, se tomarán igual a 1.2 y 1.5 respectivamente.

Los gastos de diseño para los diferentes componentes del sistema de abastecimiento de agua potable serán los que se muestran en la tabla 1-3 (Ref. 2).

TABLA 1-3.- Gastos de diseño

Componente	Gasto de diseño (lt/s)
Fuente y obra de captación	$Q_{MD}$
Conducción	$Q_{MD}$
Potabilizadora	$Q_{MD}$
Tanque de regularización	$Q_{MD}$
Conducción para alimentación a la red	$Q_{MD}$
Red de distribución	$Q_{MH}$

### 1.2.2 Sistemas de alcantarillado sanitario

#### A) Periodo de diseño

Se determinará como se dispuso en el caso de agua potable de acuerdo con el inciso 1.2.1-A de estas normas.

#### B) Población de diseño

Se calculará como se estableció en el inciso 1.2.1-B de estas normas.

#### C) Aportación de aguas negras

? En zonas urbanas. Deberá basarse en datos estadísticos de la Dirección General de Construcción y Operación hidráulica. En caso de no contar con dichos datos, las aportaciones se tomarán del 70% al 80% de la dotación de agua potable. El porcentaje se definirá proporcionalmente al nivel socioeconómico de la zona.

? En áreas industriales. Se tomará la aportación de ellas considerando la posibilidad de regular, tratar y reusar sus caudales dentro de las propias industrias, antes de hacer las descargas a la red. En caso de no contar con información para hacer las consideraciones citadas, las aportaciones se tomarán como se especificó en el inciso anterior.

#### D) Gastos de diseño

Los diferentes gastos que se utilizan en el diseño de redes de alcantarillado sanitario, medio diario, mínimo y máximo instantáneo, deberán tomarse de datos estadísticos de la Dirección General de Construcción y Operación Hidráulica. En caso de no existir dicha información estos gastos se calcularán de la siguiente forma:

? Gasto medio diario. Expresado en l/s, incluye usos domésticos, comerciales e industriales, se calculará con la expresión:

$$Q_m = \frac{A \cdot P}{86,400}$$

donde:

$Q_m$  Gasto medio diario anual, en l/s.

A Aportación, en l/hab/día

P Población, en hab.

? Gasto mínimo. Se tomará como la mitad del Gasto medio diario, pero no deberá ser menor de 1.5 l/s en zonas donde los excusados sean de 16 l o 1.0 l/s en zonas donde los excusados sean de 6 l.

? Gasto máximo instantáneo. Se calculará afectando al gasto medio diario por un coeficiente de variación "M", de la siguiente forma:

$$Q_{MI} = Q_m \cdot M$$

donde:

$Q_{MI}$  Gasto máximo instantáneo, en l/s.

$Q_m$  Gasto medio diario anual, en l/s.

M Coeficiente de variación instantánea.

Los valores del coeficiente M, se presentan en la tabla 1-4.

TABLA 1-4.- Coeficiente de variación "M".

Población (P) (habitantes)	M
P<1,000	3.8
1,000<P<63,450	$M = \frac{14}{4 \cdot \sqrt{P}}$ P en miles de habitantes
P>63,450	2.17

? Gasto máximo extraordinario. Se calculará en función del gasto máximo instantáneo de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Q_{ME} = 1.5 \cdot Q_{MI}$$

donde:

$Q_{ME}$  Gasto máximo extraordinario, en l/s.

$Q_{MI}$  Gasto máximo instantáneo, en l/s.

Con el gasto máximo extraordinario se llevará a cabo el diseño de las conducciones.

### 1.2.3 Sistemas de alcantarillado pluvial

#### A) Gasto de diseño

El cálculo del gasto pluvial de diseño se hará mediante el método de la fórmula racional, como se indica a continuación.

$$Q_p = 2.778CIA$$

donde:

$Q_p$  Gasto pluvial, en l/s

A Área de captación, en hectáreas.

C Coeficiente de escurrimiento, adimensional

I Intensidad de precipitación, en mm/hr

## B) Coeficiente de escurrimiento.

Se obtiene como un valor ponderado de los coeficientes específicos de escurrimiento de las diversas superficies de contacto del agua de lluvia. Los valores más comunes se podrán consultar en la tabla 1-5.

TABLA 1-5.- Coeficientes de escurrimiento.

TIPO DEL ÁREA DRENADA	C	
	MÍN	MÁX
<b>ZONAS COMERCIALES</b>		
Zona comercial	0.75	0.95
Vecindarios	0.50	0.70
<b>ZONAS RESIDENCIALES</b>		
Unifamiliares	0.30	0.50
Multifamiliares espaciados	0.40	0.50
Multifamiliares compactos	0.60	0.75
Semiurbanas	0.25	0.40
Casas habitación	0.50	0.70
<b>ZONAS INDUSTRIALES</b>		
Espaciado	0.50	0.80
Compacto	0.60	0.90
Cementerios y parques	0.10	0.25
Campos de juego	0.20	0.35
Patios de ferrocarril	0.20	0.40
Zonas suburbanas	0.10	0.30
Asfaltadas	0.70	0.95
De concreto hidráulico	0.80	0.95
Adoquinados	0.70	0.85
Estacionamientos	0.75	0.85
Techados	0.75	0.95
<b>PRADERAS</b>		
Suelos arenosos planos (Pendientes 0.02)	0.05	0.10
Suelos arenosos con pendientes Medias (0.02 - 0.07)	0.10	0.15
Suelos arenosos escarpados (0.07 o más)	0.15	0.20
Suelos arcillosos planos (0.02 o menos)	0.13	0.17
Suelos arcillosos con pendientes medias (0.02 - 0.07)	0.18	0.22
Suelos arcillosos escarpados (0.07 o más)	0.25	0.35

## C) Intensidad de precipitación

Deberá obtenerse de la estación climatológica con pluviógrafo, más próxima a la zona donde se ubique la obra, con base en el periodo de retorno y la duración establecidos. En caso de no existir dicha estación, la intensidad de lluvia se podrá calcular a partir de la siguiente expresión:

$$I = \frac{60h_p}{tc}$$

donde:

- l Intensidad de precipitación, en mm/hr
- $h_p$  Altura de precipitación media para un periodo de retorno  $T_r$  y una duración  $d$ , en mm.
- $t_c$  Tiempo de concentración, en min.

El periodo de retorno y la duración de la tormenta se determinarán de acuerdo a la zona donde se ubique el proyecto (Ref. 25).

Para la determinación de la altura de precipitación base, se deberán consultar las tablas correspondientes (Ref. 25), de acuerdo con el periodo de retorno y la duración de la tormenta establecidos.

D) Tiempo de concentración

Se calculará con la siguiente expresión.

$$t_c = 0.0207 \frac{L^{1.155}}{H^{0.385}}$$

donde:

- $t_c$  Tiempo de concentración, en min.
- L Longitud desde el punto más alejado del punto de captación, en metros.
- H Desnivel entre el punto más alejado y el punto de captación, en metros.

1.2.4 Gastos de diseño para revisión y corrección de cauces naturales.

El gasto de diseño para revisión y corrección de cauces naturales, deberá ser obtenido de un estudio hidrológico integral con base en datos hidrométricos y pluviométricos para la cuenca de aportación. Dicho gasto se obtendrá a partir del cálculo de la avenida máxima probable, véase 1.1.1, para los periodos de retorno de la tabla 1-6.

TABLA 1-6.- Periodos de retorno para corrección de cauces naturales.

Periodo de retorno	Aplicación
5 años	Cauces en zonas agrícolas sin infraestructura afectable.
10 años	Cauces en zonas agrícolas con infraestructura afectable.
50 años	Cauces dentro de poblaciones con menos de 10,000 habitantes.
100 años	Cauces dentro de poblaciones con más de 10,000 habitantes.

1.2.5 Gastos de diseño en conducciones para agua de riego.

A) Plan de cultivos

En primer lugar, se deberá elaborar un plan de cultivos basado en un estudio económico - agrológico de la zona.

B) Gastos de diseño

La determinación de láminas de riego, demandas de agua y gastos de diseño de las conducciones con base en coeficientes unitarios de riego, se harán siguiendo los lineamientos establecidos por la CNA.

2. DISEÑO GEOMÉTRICO E HIDRÁULICO

2.1 Presas y sus estructuras

2.1.1 Alcance

En esta sección se presentan las disposiciones para diseñar el conjunto de estructuras de una presa desde el punto de vista hidráulico y geométrico. Se dan aclaraciones para estructuras especiales.

### 2.1.2 Cortina o presa propiamente dicha

#### A) Trazo en planta

La ubicación en planta de la cortina, debe estar basada en estudios geológicos y topográficos. Hasta donde sea posible, se debe buscar regularidad para el trazo en planta.

#### B) Corona

Cuando sea posible y conveniente, la corona se utilizará como camino. El ancho de la corona será como mínimo el mayor de los siguientes:

? 1.50 m para presas de concreto o mampostería de hasta 30 m de altura, y 4.00 m para presas de materiales sueltos (tierra y/o materiales pétreos) de hasta 20 m de altura.

?  $0.05h$  para presas de concreto de 30 a 80 m de altura, y  $0.10h + 2$  para presas de materiales sueltos de 20 a 40 m de altura.

? 4.00 m para presas de concreto de más de 80 m, y 10.00 m para presas de materiales sueltos de más de 40 m de altura.

? En su caso, el necesario para el camino y acotamientos (Véase las Normas correspondientes).

Para el caso de las presas de tierra, se le debe dar una contraflecha longitudinal a la corona igual al valor obtenido del análisis de asentamientos de las diversas capas con los diferentes materiales. Cuando la cimentación es relativamente incompresible y no se dispone de mayor información, la contraflecha será igual al 1% de la altura de la cortina.

Para presas de materiales graduados, a la corona se le dará un bombeo transversal mínimo de 8 cm para tener un buen drenaje superficial.

En el caso de las presas de concreto, la corona debe disponer de tubos de drenaje.

#### C) Capacidad y funcionamiento de vaso.

La altura total de una presa medida en el plano vertical del eje de la misma, es la distancia desde su corona hasta su cimentación excluyendo la pantalla y el tapete de inyecciones. La altura de la presa está totalmente ligada a la capacidad del embalse.

La capacidad del embalse deberá ser la necesaria para cumplir con las limitantes especificadas por la Comisión Nacional del Agua en relación con el funcionamiento de vaso.

La simulación del funcionamiento de vaso implica sumar todas las entradas y salidas del embalse, se incluyen escurrimientos, demandas, evaporación y excedencias.

Se deberá iniciar la simulación con el nivel del agua al nivel medio entre el NAMín y el NAMO. Debe hacerse con incrementos de tiempo  $\Delta t$  que tengan como unidad el mes.

#### D) Bordo libre.

Cuando el Gobierno del Distrito Federal no solicite un cálculo detallado, se puede utilizar un bordo libre de:

? 0.50 m para presas de concreto o mampostería de hasta 30 m de altura, y 1.00 m para presas de materiales sueltos (tierra y/o materiales pétreos) de hasta 20 m de altura.

? 1.00 m para presas de concreto de 30 a 80 m de altura, y 1.50 m para presas de materiales sueltos de más de 20 m de altura.

? 1.50 m para presas de concreto de más de 80 m.

Cuando el Gobierno del Distrito Federal solicite un cálculo detallado del bordo libre, se incluirá la sobreelevación del agua por efecto del viento la cual incluye la marea por viento y la altura de ola, la altura de rodamiento de las olas sobre el talud del paramento de la cortina y, una altura adicional de seguridad que deberá estar entre 0.50 y 1.00 m.

### 2.1.3 Obra de desvío.

Hasta donde sea posible y conveniente, se deben aprovechar las estructuras de desvío en obras definitivas como obra de toma, obra de excedencias o desagüe.

La construcción del desvío se debe realizar en época de estiaje. El desvío se debe hacer por medio de conductos y/o canales a cielo abierto (tajos).

El ancho de la corona de las ataguías de aguas abajo y aguas arriba, se dimensionará de acuerdo con la sección 2.1.2 de estas Normas. La elevación de la corona de las dos ataguías, estará en función del tránsito de la avenida de diseño por la obra de desvío.

La simulación consistirá en resolver la ecuación de continuidad de masa en cada intervalo de tiempo según:

$$\frac{I_i + I_{i+1}}{2} + \frac{O_i + O_{i+1}}{2} + \frac{V_{i+1} - V_i}{\Delta t}$$

donde:

- $V_{i+1}$  volumen almacenado en el instante i+1
- $V_i$  volumen almacenado en el instante i
- $I_i$  Gasto de entrada al vaso en el instante i
- $I_{i+1}$  Gasto de entrada al vaso en el instante i+1
- $O_i$  Gasto de salida de la obra de desvío en el instante i
- $O_{i+1}$  Gasto de salida de la obra de desvío en el instante i+1

Se deberá utilizar un  $\Delta t$  de una hora o menor igual a un décimo del tiempo de pico del hidrograma de la avenida de diseño.

Para resolver la ecuación anterior se utilizarán los métodos presentados en la sección 2.1.5.

#### A) Canal o tajo de desvío

El tajo o canal se alojará al pie de una de las laderas del cauce, de preferencia en la margen en donde se encuentre el escurrimiento más profundo del río.

Se elegirá un eje recto del canal en planta y, tanto la plantilla como el talud, deben quedar en material excavado. Los taludes del canal estarán en función de la calidad de los materiales de la ladera; cuando las características geológicas lo permitan, los taludes se acercarán lo más posible a la vertical.

El perfil de la plantilla del canal quedará definido por la elevación obligada de la plantilla al final de la descarga, misma que coincidirá con la elevación del cauce; la pendiente de la plantilla será definida por el ingeniero proyectista según los siguientes requisitos:

• La elevación de la plantilla en el origen del canal deberá quedar sobre el nivel medio del lecho del río, de acuerdo con la sección transversal del cauce en el sitio.

• La pendiente del canal debe ser menor que la crítica para el gasto máximo de diseño.

• El flujo en el canal debe ser siempre subcrítico.

Se deberá revisar el correcto funcionamiento hidráulico del canal para los diferentes gastos que podrá manejar y en especial para el gasto de diseño. Se aplicarán los factores y ecuaciones presentados en la sección 2.4 de estas Normas. Se define como sección de control a la salida del canal, en dicho punto se presentará el tirante crítico.

La curva de elevaciones contra gastos del canal deberá aparecer en los planos ejecutivos del proyecto.

#### B) Conducto de desvío

En ningún caso se permitirá que el nivel del agua sobrepase la corona de la ataguía de aguas arriba para el gasto de diseño.

Para el caso de las presas de mampostería y de concreto, se acepta que el desvío de los escurrimientos del río se haga de la siguiente manera:

? Canal o tajo con ataguía aguas arriba y aguas abajo.

? Por medio de desagües de fondo colocados a través del cuerpo de la cortina.

? Permitiendo que el agua pase sobre uno o varios de los monolitos en construcción que se encuentren a niveles convenientes.

? Solución combinada entre desagües de fondo y parte superior de la cortina en su estado de avance.

Para definir la sección más adecuada de los desagües de fondo y el posible aprovechamiento de los monolitos en construcción, se deberá presentar un estudio del tránsito de la avenida de diseño (véase 2.1.5) en conjunto con los rendimientos de construcción.

La ubicación de los túneles será función de la calidad de la roca en las laderas de la boquilla, del tipo de cortina, y del gasto máximo de la avenida de diseño. Se tendrá cuidado de rodear totalmente la zona que ocuparán la cortina y las ataguías. Para el trazo en planta se deberá buscar la menor longitud posible con eje recto. Cuando sea necesario utilizar curvas en el trazo, éstas deben tener un grado de curvatura no mayor que  $10^\circ$ . Los portales de entrada y salida se deben ubicar donde la sección transversal del túnel tenga un techo de, por lo menos, 2 a 2.5 veces su diámetro.

En el caso de requerir obturadores para el control del flujo, éstos se colocarán en el portal de entrada en una estructura adecuada para dicho fin.

La altura o diámetro de la sección transversal de los túneles, no debe ser menor que 2.5 m de diámetro.

Se puede utilizar cualquier tipo de sección transversal para los túneles, preferentemente circular, en portal y herradura.

Para el caso de conductos de desvío como tubos y cajones rectangulares, se deberán localizar en la sección de la cortina donde no interfieran con las otras obras de la presa.

La selección del número de conductos, la sección transversal de los mismos y la altura más conveniente de la ataguía de aguas arriba, deberá realizarse con la evaluación de varias alternativas. La solución más adecuada será aquella cuya suma de costos sea mínima. Véase figura 2-1.

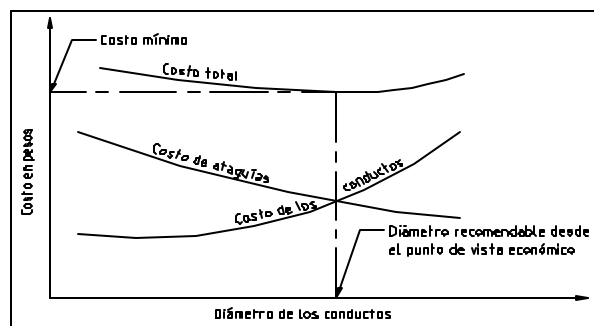


FIGURA 2-1.- Optimización de costos.

Para el caso de presas de materiales pétreos, se deberá evaluar la posibilidad y conveniencia de incorporar las ataguías de aguas abajo y aguas arriba al cuerpo de la cortina.

Se deberá realizar una simulación del funcionamiento hidráulico del conducto para diferentes gastos y el gasto de diseño. De acuerdo a esta simulación, se determinará el número y dimensiones de los conductos de la obra de desvío. Se deberá revisar su funcionamiento como canal para gastos pequeños.

Se considerará que el o los conductos, empiezan a trabajar a presión cuando el nivel del agua en el almacenamiento está por arriba de la clave del conducto a una altura de 0.50 del diámetro de los mismos.

El gasto de diseño de los conductos, deberá quedar dentro del funcionamiento a presión, nunca se permitirá que el gasto de diseño quede dentro de la zona de inestabilidad.

### C) Cierre

En el caso del tajo de desvío, una vez terminada la primera etapa de construcción de la cortina, se procederá a cerrarlo y en su caso aprovecharlo.

Se deberá colocar un conducto auxiliar en el cierre del tajo, se ubicará en la ladera opuesta de la boquilla o a través de la cortina y paralelo al eje del canal.

El conducto auxiliar deberá construirse durante el período de la primera etapa de la cortina y deberá ser capaz de conducir los gastos del río durante el estiaje. Para presas de materiales pétreos, en ningún caso se debe permitir que el nivel del agua embalsada rebase la cota de avance de la construcción de la cortina.

Deberá obtenerse la curva de elevaciones contra gastos del conducto auxiliar según la sección 2.1.3 para transitar o simular hidráulicamente la avenida propuesta para el cierre.

Las dimensiones definitivas del conducto auxiliar serán aquellas para las cuales se asegure que en todo momento se dispondrá de un bordo libre adecuado según la sección 2.1.2.

Cuando se tenga una obra de desvío a base de conductos, se deberá colar un tapón de concreto para realizar el cierre definitivo del conducto.

El tapón deberá localizarse en la intersección del eje del conducto con la pantalla de inyecciones de la cortina. Deberá ser de concreto masivo o nuevo, siempre y cuando cumpla con resistir el empuje total del agua con nivel al NAME en el embalse, con un factor de seguridad al deslizamiento mayor que 2.

Se deberán dejar tuberías para inyección y retorno de lechada de cemento ahogadas en el tapón.

### 2.1.4 Obra de toma.

Cuando se justifique plenamente, la obra de toma se localizará a través de la cortina; en otros casos se aceptará su colocación dentro de las rincheras sobre roca sólida, en la cimentación de cortinas de materiales pétreos o en las márgenes del río.

Ya sea en túneles o conductos, la obra de toma deberá tener un alineamiento según una línea recta. Cuando sean necesarios los cambios de dirección, los radios de curvatura no deben ser menores de cinco veces el diámetro de los conductos.

La carga mínima sobre la obra de toma, se medirá del nivel del agua en el embalse al eje del conducto.

Para proyectos de riego, se debe utilizar como carga mínima, la carga que resulte del nivel del agua para una capacidad igual a la de azolves más el 10 % de la capacidad útil.

En el caso de presas para suministro de agua para uso doméstico o municipal, se deberán colocar tomas a diferentes elevaciones de tal manera que puedan operarse cada una mientras las otras se cierran. Cada entrada debe ser capaz de permitir la extracción del gasto de diseño. Para la entrada más baja, la carga mínima se determinará de acuerdo con el párrafo anterior.

Para presas con altura menor o igual que 40 m, la elevación del umbral de la toma será aquella que resulte del 100% de la altura sobre el fondo del vaso al nivel de azolves leído en la curva elevaciones-capacidades. Para presas con altura mayor que 40 m, este porcentaje será del 75%.

En ningún caso se omitirán los mecanismos de operación y de emergencia para regulación del gasto en una obra de toma.



Se deberá revisar el funcionamiento hidráulico de la obra de toma asegurando que pueda proporcionar el gasto de diseño con la carga mínima, se revisará su comportamiento para cargas mayores incluyendo la máxima.

Cuando la obra de toma descargue directamente al río, el agua deberá llevar un régimen subcrítico.

#### A) Estructura de entrada.

La velocidad del agua a través del área neta de rejillas no debe exceder a 0.60 m/s. Las pérdidas de carga por rejillas serán las que resulten mayores al calcularlas con fórmulas empíricas ó 0.15 m.

Para presas con altura menor que 40 m, la velocidad del agua a través del vano de las compuertas en estructuras de entrada, no debe ser mayor que el valor dado en la siguiente expresión, pero limitada a un rango de 1.5 a 3 m/s:

$$V \leq 0.12\sqrt{2gh}$$

En el caso de presas con altura mayor que 40 m, cuando se presenten velocidades mayores a 8 m/s a través del vano de las compuertas, se deben colocar dispositivos que permitan la entrada de aire en suficiente cantidad. La cantidad de aire debe estar comprendida entre 0.07 y 0.60 veces el gasto de agua para números de Froude entre 3 y 16. La velocidad del aire debe estar entre 45 y 90 m/s.

Las pérdidas de carga por entrada a la obra de toma se calcularán en función de la carga de velocidad según la geometría de la entrada.

Se aceptará que los controles del gasto de extracción de la obra de toma se coloquen en: la entrada, una lumbrera, punto intermedio del conducto o túnel y la salida, siempre y cuando la carga de diseño sea calculada como la suma de pérdidas más la carga de velocidad a la salida de la válvula o compuerta de servicio.

#### B) Transiciones de entrada y salida.

Se deberá colocar una transición cuando se presente un cambio de sección transversal.

Cuando se coloque una transición para pasar de una sección rectangular a una circular o viceversa, la longitud de la transición será tal que sus paredes exteriores formen un ángulo no mayor de 15° con el eje del conducto o conductos.

Las pérdidas de carga por transición se calcularán igual sin importar que la transición sea de entrada o de salida. Cuando ocurra el gasto de diseño, las pérdidas serán iguales al 20% de la diferencia de cargas de velocidad de las secciones extremas.

#### C) Conducto.

La sección transversal de la obra de toma podrá ser circular, de herradura, ovoide, portal o de otra forma si el proyectista lo justifica técnica y económicamente.

Cuando el conducto funcione como canal, el tirante máximo no será mayor al 80 % de la altura interior.

Las pérdidas de carga en el conducto se calcularán con la fórmula de Manning.

Cuando la obra de toma trabaje con las compuertas parcialmente abiertas, los tirantes en el conducto se deben calcular con la ecuación de Bernoulli a partir de las compuertas de servicio, considerando el tirante contraído de 0.6 a 0.8 de la abertura de la compuerta.

#### D) Codo vertical.

Cuando se utilice como obra de toma un conducto a presión, se podrá utilizar un cambio de dirección por medio de un codo vertical. El codo deberá formar parte del conducto con igual sección transversal y constituyendo un cambio de dirección con ángulo central de 90°.

Las pérdidas generadas por el codo serán iguales a 0.50 de la carga de velocidad para relaciones del radio de curvatura del codo al diámetro igual a 1; cuando ésta relación quede entre 2 y 8, las pérdidas serán 0.25 de la carga de velocidad.

#### E) Tanque amortiguador.

Cuando se provoque un salto hidráulico, se deberá confinar en un tanque amortiguador. En ningún caso se permitirá que el salto se barra.

Se deberá revisar el funcionamiento hidráulico de la toma bajo diferentes condiciones de gasto y nivel de agua en el vaso para escoger la profundidad y dimensiones del tanque amortiguador.

F) Obra de toma a través de cortinas de concreto.

El diseño hidráulico consiste en sumar las pérdidas en cada una de las partes de que está formada la obra de toma.

En obras de toma con varias tuberías, se aceptará que las rejillas sean individuales o alojadas en una estructura de rejas común. La boca de la entrada a cada tubería deberá ser abocinada.

La elevación de las estructuras de la toma en el lado de aguas abajo de la presa, deberá quedar arriba de los niveles de agua en el río cuando descargue el gasto de diseño la obra de excedencias.

En cortinas de machones, la obra de toma se deberá colocar al centro de uno de los arcos. Las válvulas de emergencia y de servicio se deben colocar aguas abajo del arco a una elevación que cumpla con los requisitos del párrafo anterior.

Si la cortina es de machones de cabeza redonda o de diamante, cada obra de toma se alojará entre dos de ellos. Las rejillas se deberán apoyar en los de sus cabezas.

La carga hidrostática de diseño a la entrada, será igual a la suma de pérdidas de carga de cada una de las partes de la toma más la carga de velocidad a la salida.

G) Obras de toma en presas derivadoras.

Las presas derivadoras deberán disponer de una estructura de limpieza y un de vertedor de excedencias.

El trazo del canal desarenador deberá propiciar un fácil acceso del agua hacia él, su descarga deberá ser libre aguas abajo de su estructura de salida. El canal se iniciará en la cota apropiada del cauce para lograr el área hidráulica suficiente y que escurra el gasto de diseño de la obra de toma. El alineamiento del canal deberá evitar, en lo posible, la obstrucción del canal por efecto de avenidas de la corriente.

La plantilla del canal desarenador deberá quedar por lo menos 1 m más abajo que la correspondiente a la obra de toma.

Para el caso de una presa derivadora, la elevación de la cresta tiene que ser correspondiente con el nivel mínimo del agua en el río necesario para poder derivar el gasto de diseño de la obra de toma.

En la revisión hidráulica del canal desarenador se deberá partir de un gasto mínimo igual al gasto de diseño de la obra de toma. La velocidad para sedimentación no debe exceder de 0.60 m/s. La velocidad de descarga del canal desarenador debe estar entre 1.50 y 2.50 m/s.

#### 2.1.5 Obra de excedencias.

No se admitirá que las presas de materiales pétreos sirvan de apoyo para la obra de excedencias. Solamente se aceptará que el vertedor esté apoyado en la cortina cuando se trate de presas de concreto y de mampostería. Cuando no sea posible apoyar el vertedor en la cortina, se colocará en una de las laderas de la boquilla o en algún puerto apropiado.

Dentro del trazo de la obra de excedencias se deberá cuidar la regularidad en planta, hasta donde sea posible se evitarán las curvas en supercrítico.

La obra de excedencias deberá diseñarse para el gasto máximo de descarga y se revisará para gastos menores. Se deberá tomar en cuenta el efecto regulador del vaso.

A) Obras de excedencias con descarga libre.

Se deberán colocar muros de encauce con perfil hidrodinámico en los extremos de la cresta vertedora y, en caso de tener pilas intermedias, el perfil de éstas también será hidrodinámico para evitar contracciones laterales.

El canal de acceso deberá permitir que el agua llegue al vertedor en forma tranquila y sin turbulencias.

- Tránsito de la avenida de diseño.

Para transitar la avenida se utiliza la ecuación especificada en 2.1.3.

Se deberá suponer una longitud “L” de cresta del vertedor, para encontrar la longitud óptima se harán varias alternativas hasta optimizar los costos de la presa en su conjunto incluyendo al mismo vertedor.

El gasto máximo que resulte al transitar la avenida de diseño por el vertedor de longitud de cresta óptima será el que se denomina “gasto de diseño del vertedor”.

En la solución de la simulación o tránsito se podrán utilizar los métodos semigráfico y numérico (Ref. 23).

- Cimacio del vertedor.

La sección del cimacio deberá tener la forma de un perfil tipo Creager, se evitará el desarrollo de presiones negativas en la cresta.

Cuando se realice el diseño del cimacio como si fuera un vertedor deprimido, se deberá cumplir que:

$$H_{\text{máx}}/H_d < 1.33.$$

El perfil superior del agua en el cimacio se determinará mediante la aplicación de las ecuaciones de la energía y continuidad en su forma bidimensional, o por medio del cálculo de una red de flujo. En este caso se utilizarán experimentos realizados por particulares o instituciones públicas o privadas previa autorización del Gobierno del Distrito Federal.

- Vertedor de cresta recta.

El cimacio deberá ser recto en planta y perpendicular al eje del canal de descarga. El cimacio tendrá la forma de un perfil tipo Creager. El canal de descarga tendrá una pendiente mayor a la crítica, su plantilla inicia al pie del cimacio a la cota necesaria para que el escurrimiento sea libre. En este tipo de vertedores no se permitirá el ahogamiento.

En el caso de ser necesaria una transición entre el cimacio y el canal de descarga, deberá ser gradual y sujeta a:

$$\theta \leq 12.5^\circ$$

$$\theta \leq \arctan\left(\frac{1}{3F}\right)$$

en donde F es el número de Froude y  $\theta$  es el ángulo que forman las paredes o taludes de la transición con el eje del canal.

- Vertedor de canal lateral.

Se deberán analizar diferentes alternativas de vertedor para optimizar el volumen de excavación.

El canal colector deberá funcionar en régimen subcrítico, a la salida del mismo se colocará una sección de control y, a partir de este punto, se producirá una rápida en pleno canal de descarga.

La sección transversal del canal colector o lateral será trapecial con taludes desde 0.5:1 hasta verticales, según lo permita la calidad de la roca. La sección geométrica del canal lateral quedará definida por: el perfil de la cara de aguas abajo del cimacio hasta la tangencia con el talud aceptado, la pared de enfrente con el talud aceptado hasta el fondo y el ancho de plantilla.

El cálculo hidráulico se realizará de la sección de control hacia aguas arriba, se considerará que en la sección de control se formará el tirante crítico.

La pendiente de la plantilla del canal colector debe ser menor igual a 0.10.

Para obtener el perfil de la superficie libre del agua en el canal colector, se utilizará la ecuación de impulso y cantidad de movimiento.

No se aceptará que la sumergencia en la sección inicial del canal colector sea mayor que el 50% de la carga de diseño.

- Vertedor de abanico.

Las formas geométricas en planta se formarán con semicírculos (Ref. 7 y Ref. 21).

La sumergencia en la cresta no deberá ser mayor que 1/3 de la carga de diseño.

La pendiente de plantilla en el canal de descarga, deberá ser mayor que la crítica.

Dentro del cálculo hidráulico se deberá cumplir con lo siguiente: el régimen de escurrimiento en el canal de acceso deberá ser subcrítico; el cambio del régimen supercrítico a subcrítico se deberá realizar al pie del cimacio; el piso de la transición será horizontal y deberá establecerse una sección de control en una sección intermedia; la pendiente de plantilla será mayor que la crítica a partir de la sección de control.

- Vertedor de pozo o embudo.

El cimacio se trazará sobre una circunferencia. El gasto de descarga se calculará con la siguiente expresión:

$$Q = C_0 \sqrt{2g} R_s^2 H_0^{1.5}$$

donde  $R_s$  es el radio en m medido al nivel de la cresta. El coeficiente de descarga  $C_0$  se obtendrá en función de la relación  $H_0/R_s$  y varía de 1.4 a 3.8 (Ref. 24).

No se admitirá que el vertedor trabaje ahogado o con cargas mayores a la de diseño. Se deberá cumplir con:

$$\frac{H_0}{R_s} \leq 0.45$$

Se deberá evitar un funcionamiento como sifón. Las dimensiones del conducto deben ser tales que no funcione totalmente lleno, se acepta un funcionamiento hasta el 75% de su capacidad.

- Canal de descarga.

El trazo del canal de descarga se realizará de manera que haga llegar el agua al cauce en el sitio y condiciones tales, que se garantice la seguridad de la presa y del propio vertedor.

La sección transversal del canal podrá ser trapecial o rectangular, la plantilla deberá tener una pendiente que genere un régimen supercrítico.

El perfil de la superficie libre del agua en el canal de descarga se calculará de acuerdo con la sección 2.4 de estas Normas.

En el trazo del canal de descarga deberán evitarse las curvas verticales bruscas tanto convexas como cóncavas. Cuando sea necesaria una curva convexa, el perfil de la plantilla del canal se definirá por la ecuación:

$$y = x \tan \alpha + \frac{x^2}{3.6 d \cos^2 \alpha}$$

donde:

$\alpha$  = ángulo de la pendiente del canal a la entrada de la curva, en grados.

$(d + h_v)$  energía específica del agua a la entrada de la curva.

x, y coordenadas de la curva en m, el origen se encuentra al principio de la curva.

En el caso de una curva vertical cóncava, la presión ejercida en la superficie del piso no debe ser mayor a 500 kg/cm<sup>2</sup>. El radio de curvatura se calcula con las expresiones:

$$R = 0.215 d v^2$$

$$R < 10d$$

donde:

d tirante en m.

v velocidad en m/s.

R radio de curvatura en m y horizontales.

Para el caso de curvas horizontales en régimen supercrítico, se verificará su funcionamiento mediante un modelo físico. En la pared exterior de la curva se deberá sobre elevar el piso del canal dando una pendiente transversal a la plantilla:

$$S_c \geq \frac{v^2}{Rg}$$

donde:

$S_c$  pendiente transversal del canal.

v velocidad media en el tramo curvo en m/s.

R radio de curvatura en m.

g aceleración de la gravedad igual a 9.81 m/s<sup>2</sup>.

Se conservará el eje longitudinal de la plantilla con la pendiente general de diseño; con relación al eje mencionado, se levantará la plantilla en la pared exterior del canal y se bajará en la interior.

- Tanque amortiguador.

Se colocará al pie del vertedor y deberá confinar el salto hidráulico que se forme.

En forma opcional, se colocarán escalones y bloques de concreto en la plantilla.

El tanque será de concreto, el revestimiento de los muros laterales del tanque quedará definido por los tirantes conjugados mayor y menor más el bordo libre especificado en 2.1.2. En el tanque se debe formar un salto hidráulico para gastos desde cero hasta el gasto de diseño.

En ningún caso se aceptará que el salto hidráulico se barra fuera del tanque. La longitud del tanque será igual a la longitud del salto multiplicada por un factor de 1.20, la longitud del salto se calculará como siete veces la diferencia entre los tirantes conjugados.

En caso de utilizar modelos de tanques hidráulicos, se deberá verificar su funcionamiento hidráulico con un modelo matemático y, cuando lo solicite el Gobierno del Distrito Federal, mediante un modelo físico a escalas adecuadas.

- Salto de esquí.

Deberá tenerse cuidado de que el chorro caiga lo más alejado que se pueda del vertedor y/o la presa. El salto de esquí trabajará con régimen supercrítico, la cubeta deberá formarse con un arco de circunferencia de radio

$R = 0.042 d v^2$ , pero en ningún caso debe ser menor que 5 d, en donde d es el tirante en m y v la velocidad en m/s.

El ángulo E de salida del deflector deberá estar en un rango de 20° a 45°.

Se deberá revisar el alcance del chorro según la ecuación de un tiro parabólico y se verificará que el chorro despegue para un 5% del gasto de

diseño.

Se revisará el funcionamiento hidráulico para gastos intermedios. La cubeta deberá disponer de una aireación adecuada para evitar presiones negativas.

Los muros laterales del deflector deberán estar revestidos, el nivel del revestimiento debe ser igual a la suma del tirante de agua más un bordo libre especificado en 2.1.2.

Cuando sea posible, desde el punto de vista económico y previa autorización del Gobierno del Distrito Federal, se comprobará el funcionamiento hidráulico del vertedor mediante la construcción de un modelo a escalas adecuadas. Se utilizarán como una guía otros vertedores existentes que han funcionado bien. El funcionamiento hidráulico deberá verificarse mediante un modelo analítico o físico.

#### B) Obras de excedencias controladas.

Para controlar los escurrimientos se usarán compuertas o válvulas operadas por mecanismos eléctricos, hidráulicos o manuales.

Los vertedores con descarga controlada también deberán servir para controlar el nivel del embalse y tener en el vaso un “nivel de conservación” cuando así lo requiera el proyecto.

#### - Programa de operación del vertedor.

Se deberá disponer de un programa de operación del vertedor con metas definidas de protección de las zonas ubicadas aguas abajo de la presa, aceptando o no riesgos de daños por desbordamiento del cauce simplemente, o aún valorando esos riesgos para varios gastos del vertedor.

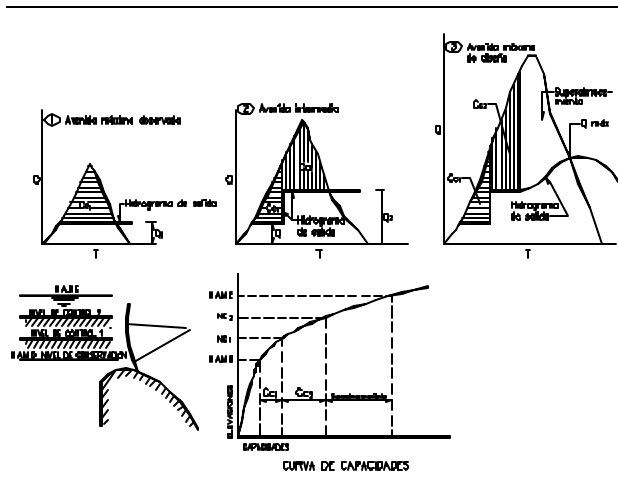


FIGURA 2-2.- Programa de operación del vertedor.

El programa incluirá el manejo de la avenida máxima observada, la avenida de diseño y una avenida intermedia para un periodo de retorno intermedio.

#### - Obturadores.

Se deberá prever un sistema obturador que pueda instalarse en cualquiera de los vanos de las compuertas del lado de aguas arriba para operarlas en seco durante su mantenimiento y revisión.

El obturador se dividirá en las secciones o módulos necesarios de acuerdo con la capacidad del equipo con el cual serán manejados.

Cada módulo deberá colocarse en el vano que se desea obturar mediante una grúa de pórtico, ésta servirá para colocar los módulos en un lugar adecuado para su almacenaje cuando no se ocupen. Los módulos deberán estar provistos de sellos de hule a los lados y en la parte inferior.

Los extremos laterales de las secciones del obturador irán alojadas en unas ranuras provistas en las pilas o muros adyacentes.

En caso de ser necesario y conveniente, se deberá colocar un puente de maniobras para las operaciones de mantenimiento de las compuertas y manejo de los obturadores.

- Coeficientes de gasto para compuertas radiales.

La forma del cimacio se deberá diseñar con base en la carga de diseño que corresponde a las compuertas totalmente abiertas y trabajando el vertedor libremente. El coeficiente de gasto para este caso se obtendrá como si se tratara de un cimacio con descarga libre.

Se deberá cumplir que la compuerta apoye en el cimacio aguas abajo de la cresta, la distancia horizontal entre la cresta y el punto de apoyo de la compuerta deberá estar entre  $0.10 H_d$  y  $0.30 H_d$ , en donde  $H_d$  es la carga de diseño del vertedor.

Los coeficientes de descarga para compuertas radiales descargando parcialmente abiertas se obtendrán de acuerdo con la Ref. 8.

- Vertedores descargando en túneles.

La estructura vertedora será una obra con compuertas radiales. En el caso de que se trate de dos compuertas o más, el cimacio deberá tener una forma poligonal en planta. La sección transversal del túnel deberá ser más angosta que la estructura de compuertas.

Las chumaceras y pasadores de las compuertas deberán colocarse a una elevación tal que queden fuera de la trayectoria del chorro.

El conducto siempre trabajará como canal, el tirante de agua a gasto máximo en el túnel, no deberá ser mayor que  $0.80 D$ , en donde  $D$  es el diámetro interior del conducto.

#### 2.1.6 Diques.

La elevación de la corona de un dique no debe ser menor que la elevación de la corona de la presa. El ancho de corona depende de otros usos que se le puedan dar (véase 2.1.2). Hasta donde sea posible, se buscará tener un eje recto en planta para el trazo del dique.

### 2.2 Tanques

#### 2.2.1 Alcance

En esta sección se presentan las disposiciones para diseñar un tanque desde el punto de vista hidráulico y geométrico. Se presentan también recomendaciones de diseño.

#### 2.2.2 Método analítico para determinar el volumen de regulación necesario.

Se deberán conciliar las leyes de suministro y de demanda de agua. El volumen será la suma de los valores absolutos del máximo excedente y el máximo déficit multiplicada por el gasto máximo diario. En caso de no disponer del comportamiento de la demanda, se utilizará la ley de demanda expresada como porcentajes horarios del volumen o gasto horario en el día de máximo consumo. Véase tabla 2-1.

TABLA 2-1.- Ley de demandas en porcentaje.

Horas	Ciudad de México	Pequeños núcleos urbanos
0-1	61	45
1-2	62	45
2-3	60	45
3-4	57	45
4-5	57	45
5-6	56	60
6-7	78	90
7-8	138	135
8-9	152	150
9-10	152	150
10-11	141	150
11-12	138	140

12-13	138	120
13-14	138	140
14-15	138	140
15-16	141	130
16-17	114	130
17-18	106	120
18-19	102	100
19-20	91	100
20-21	79	90
21-22	73	90
22-23	71	80
23-24	57	60

A la capacidad del tanque se le deberán sumar las demandas para casos de emergencia expresados en el capítulo 6 del Manual de Normas de Proyecto para Obras de Aprovechamiento de Agua Potable en Localidades Urbanas de la República Mexicana.

### 2.2.3 Método gráfico para determinar el volumen de regulación necesario.

El cálculo del volumen de almacenamiento se deberá hacer combinando la curva masa de entrada con la de salida para el mismo intervalo de tiempo. El volumen del cárcamo será igual a la suma de los valores absolutos del excedente más el faltante. Se tendrán que trazar en un mismo sistema de ejes coordenados con la escala de tiempo en el eje de las abscisas y la escala de volumen en las ordenadas.

### 2.2.4 Método alternativo para determinar la capacidad del tanque de regularización en caso de no conocer la ley de demandas.

Cuando no se conozca la ley de demandas, la capacidad de regularización de un tanque estará en función del gasto máximo diario y del tiempo de bombeo. Cuando se tenga un bombeo de las 24 horas, la capacidad del tanque en  $m^3$  será igual a 14.58 veces el gasto máximo diario en l/s. Véase la sección 6.2 del Manual de Normas de Proyecto para Obras de Aprovechamiento de Agua Potable en Localidades Urbanas de la República Mexicana.

## 2.3 Tuberías a presión

Dentro de un sistema de abastecimiento de agua potable se llama línea de conducción, al conjunto integrado por tuberías, estaciones de bombeo, dispositivos de control y obras de arte, que permiten el transporte de agua desde una sola fuente de abastecimiento, hasta un solo sitio donde será distribuida en condiciones adecuadas de calidad, cantidad y presión.

En este capítulo se señalan los lineamientos que deben seguirse para realizar el diseño hidráulico y geométrico de una línea de conducción, debido a que generalmente ésta se proyecta para que funcione a presión. Véase 2.4 cuando se diseñe una línea de conducción que trabaje a superficie libre.

### 2.3.1 Información general

Para el diseño de una línea de conducción se requerirá un plano topográfico que muestre plantas y elevaciones; para lo cual será necesario definir, mediante una selección de alternativas, la ruta sobre la que se efectuará dicho levantamiento, y para ello el proyectista podrá ayudarse de información ya existente de la zona de estudio como:

? Mapas topográficos, hidrográficos, geológicos, etc.

? Cartas de uso de suelo, normalmente editadas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Estas cartas permitirán definir posibles afectaciones sobre el derecho de vía propuesto.

? Fotografías aéreas, cuya toma podría ser conveniente en caso de que no se cuente con mapas o cartas.

### 2.3.2 Diseño geométrico

Para definir el trazo de una conducción será necesario combinar aspectos económicos y de funcionamiento hidráulico (véase 2.3.3 por lo que



corresponde al diseño hidráulico).

El trazo definitivo de la conducción se deberá encontrar mediante el proceso de proponer varias alternativas de trazos, considerando la negociación de las afectaciones a terceros por el derecho de paso de la conducción, y se revisará para cada una, el costo total del sistema, incluyendo las estructuras necesarias para la operación, mantenimiento y buen funcionamiento hidráulico.

En general se procurará que los trazos se ubiquen por calles, derechos de vía de carreteras, líneas de transmisión eléctrica, líneas de ferrocarriles, veredas, o límites de predios.

La tubería deberá seguir, en lo posible, el perfil del terreno. Se procurará asimismo que cuando la tubería se aloje en zanja, la excavación en roca sea mínima. La localización se escogerá de tal forma que sea la más favorable, respecto al costo de construcción y a las presiones hidráulicas resultantes. Se deberá tener especial atención en la línea de gradiente hidráulico, ya que mientras más cercana esté la conducción a esta línea, la presión en los tubos será menor; esta condición puede traer como consecuencia un ahorro en el costo de la tubería. En ocasiones, las presiones altas se podrán reducir rompiendo la línea de gradiente hidráulico con la instalación de almacenamientos auxiliares, como embalses o cajas rompedoras de presión. En planta se buscará que el trazo de la tubería sea lo más recto posible.

### 2.3.3 Diseño hidráulico

#### A) Ecuaciones para flujo permanente

- Ecuación de continuidad: Establece la invariabilidad del gasto, Q [m<sup>3</sup>/s], en cada sección del conducto.

$$Q = VA$$

donde:

V es la velocidad media de flujo, en m/s

A es el área de la sección transversal del conducto, en m<sup>2</sup>

- Ecuación de la energía: Establece la constancia de la energía entre dos secciones transversales del conducto (1 y 2).

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2g} + h_f + h_L$$

donde:

g es la aceleración de la gravedad, la cual se puede tomar igual a 9.81 m/s<sup>2</sup>

p es la presión, en kg/m<sup>2</sup>

V es la velocidad media en el conducto, en m/s

z es la carga de posición, en m

ρ es el peso específico del agua, en kg/m<sup>3</sup>

h<sub>f</sub> pérdidas de energía, o de carga, por fricción, desde la sección 1 a la 2 (véase 2.3.3)

h<sub>L</sub> pérdidas locales, desde la sección 1 a la 2 (véase 2.3.3)

- Ecuación de cantidad y movimiento: Es una aplicación de la segunda ley de Newton en forma vectorial.

$$\sum F = \rho Q \left[ \frac{V_2}{g} - \frac{V_1}{g} \right]$$

donde F representa la resultante de todas las fuerzas que actúan sobre el elemento líquido comprendido entre las secciones 1 y 2 considerado como cuerpo libre ρ es el coeficiente de Boussinesq, se relaciona con el coeficiente de Coriolis a través de la ecuación siguiente

$$\rho = 1 - \frac{2}{3}$$

El diseño hidráulico de las tuberías consistirá en aplicar las ecuaciones 2.3.1 a 2.3.3, o dos de ellas, de acuerdo con la índole del problema.

Cualquiera que sea el sistema de ecuaciones por usar, este se deberá plantear entre secciones finales con condiciones de frontera perfectamente definidas, es decir, aquellas secciones en las cuales se conozcan con exactitud los valores de la energía de posición, de presión y de velocidad con los cuales se pueda calcular la energía total. Estas secciones pueden ser:

- ? La superficie libre del líquido en un recipiente al cual se conecta el conducto.
- ? La sección de un chorro descargado por un chiflón a la atmósfera.
- ? Secciones intermedias en una conducción, en las cuales confluyen o se bifurcan ramales, de tal modo que en ellas la energía total sea común para todos los ramales.

B) Pérdidas de energía por fricción en la conducción

Por lo general en las líneas de conducción, la resistencia por fricción, ofrecida por el tubo es el elemento dominante en su diseño hidráulico. En esta sección se presentan las fórmulas que pueden utilizarse para calcular dicha resistencia. El ingeniero proyectista usará la fórmula con la que esté familiarizado y con la que haya tenido experiencia. Se deberá seleccionar en forma conservativa el valor del coeficiente para las fórmulas.

- Fórmula de Darcy-Weisbach. La fórmula de Darcy-Weisbach se expresa:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

donde:

- $h_f$  es la pérdida por fricción, en m
- $f$  es el factor de fricción
- $L$  es la longitud del tramo, en m
- $D$  es el diámetro de la sección transversal del conducto, en m
- $V$  es la velocidad media en el conducto, en m/s
- $g$  es la aceleración de la gravedad

El valor de  $f$  se obtendrá del diagrama universal de Moody (Ref. 19), o al aplicar la ecuación modificada de Colebrook-White:

$$f = \frac{0.25}{\log^2 \left[ \frac{G}{3.71 Re^T} \right]}$$

$$Re = \frac{VD}{\nu}$$

donde:

- $Re$  es el número de Reynolds
- $\nu$  es la viscosidad cinemática del líquido, en m<sup>2</sup>/s
- $\epsilon$  es la rugosidad absoluta del material de la tubería, en m

Los valores de  $G$  y  $T$  serán:

- para  $4000 < Re < 10^5$        $G = 4.555$  y  $T = 0.8764$
- para  $10^5 < Re < 3 \times 10^6$        $G = 6.732$  y  $T = 0.9104$
- para  $3 \times 10^6 < Re < 10^8$        $G = 8.982$  y  $T = 0.93$

Los valores para  $\gamma$  se pueden consultar en la referencia 1.

El valor de  $\gamma$  para agua limpia, se puede tomar igual a 1 m<sup>2</sup>/s.

- Fórmula de Manning. La fórmula de Manning es la siguiente:

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

donde:

- n es el coeficiente de rugosidad de Manning
- V es la velocidad media en el conducto, en m/s
- R es el radio hidráulico de la sección, en m
- S es la pendiente de fricción

Si se combina con la ecuación 2.3.1, la fórmula de Manning se puede escribir así:

$$h_f = K L Q^2$$

donde

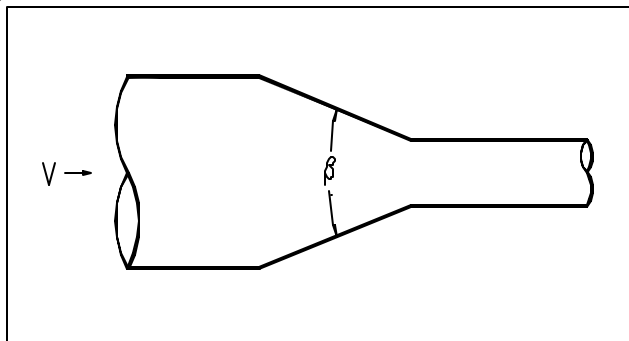
$$K = \frac{10.294n^2}{D^{16/3}}$$

Los valores de n que se recomiendan para diferentes materiales de la tubería se muestran en la tabla 2-2:

TABLA 2-2.- Valores del coeficiente de rugosidad de Manning para distintos materiales de la tubería

Material de la tubería	n
Asbesto cemento	0.010
Concreto liso	0.012
Concreto áspero	0.016
Acero galvanizado	0.014
Fierro fundido	0.013
Acero soldado sin revestimientos	0.014
Acero soldado con revestimiento interior a base de resinas epóxicas o similar	0.011
Plástico PVC	0.009

### c) Pérdidas locales



Generalmente, en las líneas de conducción, las pérdidas locales pueden ignorarse debido a que tienen un valor relativamente bajo en función de la pérdida total. Sin embargo si el trazo de la línea presenta demasiados cambios de dirección o de diámetro, debidos a condiciones especiales de topografía o espacio, deberán considerarse dichas pérdidas.

Para calcular las pérdidas locales de energía se utilizará la expresión siguiente:

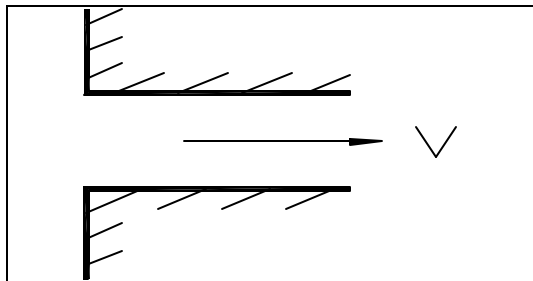
$$h_L = k \frac{V^2}{2g}$$

El valor de V corresponde a la sección que se localiza aguas abajo de la alteración (salvo aclaración en caso contrario).

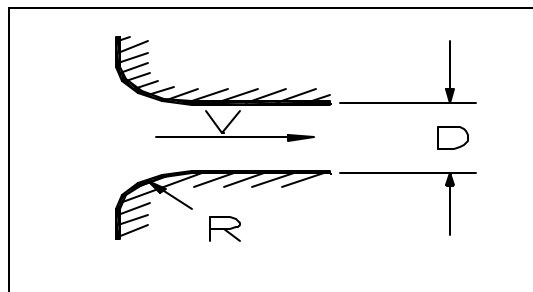
En los casos que a continuación se enumeran, el coeficiente k tomará los valores siguientes:

- Entrada de depósito a tubería

Con aristas agudas  $k = 0.50$



Con diseño hidrodinámico



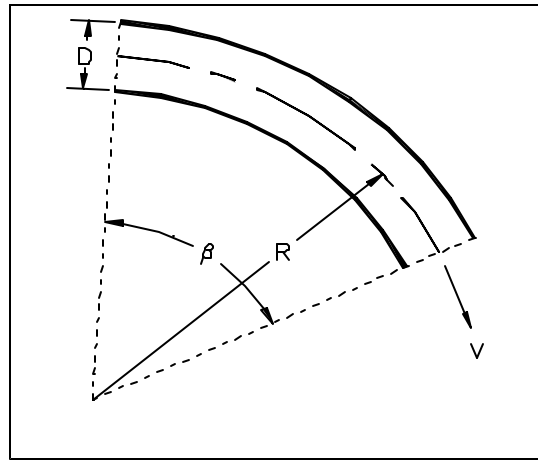
R/D	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4
k	0.25	0.17	0.08	0.05	0.04

- Cono de reducción

?	<4?	5?	15?	20?	25?
k	0.00	0.06	0.18	0.20	0.22

?	30?	45?	60?	75?
k	0.24	0.30	0.32	0.34

- Codo

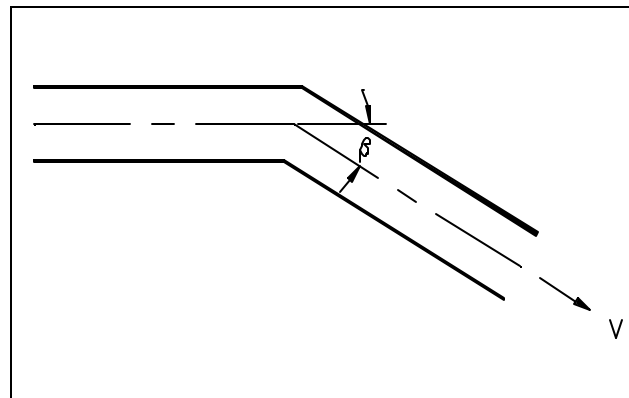


$k = C?$

R/D	1	2	4	6 ó más
C	0.52	0.31	0.25	0.22

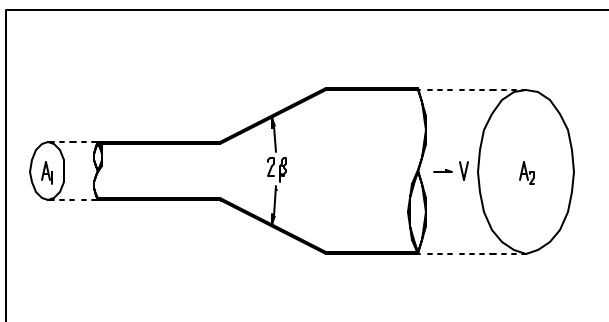
?	10	20	30	40	60	90
?	0.20	0.38	0.50	0.62	0.81	1.00

- Codo brusco



$k \approx 1.8(1 - \cos \beta)$

- Ampliación



$k \approx C \frac{A_2}{A_1}$

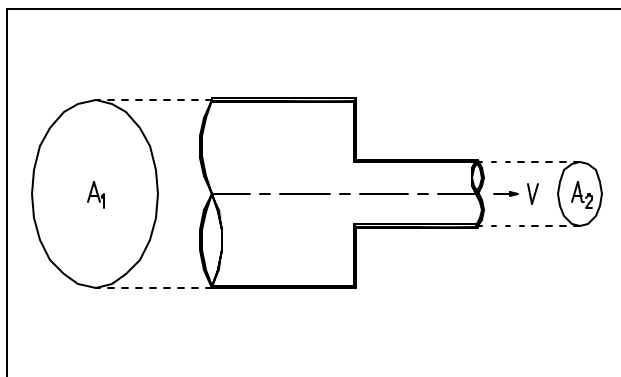
?	6?	10?	15?	20?	30?
C	0.14	0.20	0.30	0.40	0.70

?	40?	50?	60-90?
k	0.90	1.00	1.10

- Válvula totalmente abierta

Válvula	k
Esférica	0.016
Compuerta	0.08 a 0.19
Mariposa	0.1 a 0.42
Aguja	0.4
Chorro divergente	0.52

- Reducción brusca



$A_2/A_1$	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0
k	0.45	0.42	0.33	0.22	0.13	0.00

#### D) Conducción por gravedad

Una conducción por gravedad se presenta cuando la elevación del agua en la fuente de abastecimiento es mayor que la carga piezométrica que se requiere o existe en el punto de entrega del agua.

El diseño en este tipo de conducción consistirá en determinar el diámetro comercial del tubo, que conducirá el gasto deseado con una pérdida de carga en la conducción igual a la carga disponible.

Si se pretende aprovechar la carga disponible para la generación de energía eléctrica, el diámetro de la tubería se determinará con base en el análisis económico correspondiente.

#### E) Conducción por bombeo

La conducción por bombeo se usa generalmente cuando la elevación del agua en la fuente de abastecimiento es menor que la carga piezométrica que se requiere en el punto de entrega. El equipo de bombeo suministrará la carga necesaria para vencer el desnivel existente entre la succión y el sitio de descarga de la línea de conducción más las pérdidas locales y las debidas a la fricción.

En una línea de conducción por bombeo se hará el estudio para obtener el diámetro económico. Para ello se considerarán varias alternativas para el diámetro de la tubería. El diámetro económico será aquel que corresponde al valor mínimo de la suma de los conceptos siguientes, calculados a valor presente:

? Costo de la tubería y su colocación; y

? Costo de la energía para el bombeo.

#### F) Velocidades permisibles

Para evitar que se sedimenten partículas que arrastre el agua, el flujo tendrá una velocidad mínima de 0.5 m/s.

La velocidad máxima permisible para evitar la erosión de la tubería será la que se indica a continuación (se considera que el agua es limpia o poco turbia):

TABLA 2-3.- Velocidades máximas permisibles

Material de la tubería	Velocidad máxima (m/s)
Concreto simple hasta 0.45 m de diámetro	3.0
Concreto reforzado de 0.60 m de diámetro o mayores	3.5
Asbesto-cemento	5.0
Acero galvanizado	5.0
Acero sin revestimiento	5.0
Acero con revestimientos	5.0
Polietileno de alta densidad	5.0
Plástico PVC	5.0

#### 2.3.4 Instalación de válvulas de admisión y expulsión de aire y desagües

Cuando la topografía sea accidentada se colocarán válvulas de admisión y expulsión de aire en los sitios más elevados del perfil, mientras que, cuando la topografía sea más o menos plana se ubicarán en puntos situados cada 1500 metros como máximo, y en los puntos más altos del perfil de la línea.

En tramos con pendiente fuerte, ascendente o descendente, se debe analizar la conveniencia de instalar válvulas de admisión o expulsión de aire en puntos intermedios.

Los desagües se utilizarán en los puntos más bajos del perfil, con el fin de vaciar la línea en caso de roturas durante su operación.

#### 2.3.5 Selección del material de la tubería

La selección del material de la tubería deberá basarse en las especificaciones establecidas de material y las recomendaciones de códigos aplicables, estándares y dimensionales. El ingeniero proyectista deberá considerar también los requerimientos de servicio, y parámetros tales como: resistencia mecánica, resistencia a la corrosión, facilidad de instalación, costo de suministro e instalación, costo de operación y mantenimiento, y vida útil de la tubería. Asimismo deberá tomarse en cuenta la capacidad hidráulica de la conducción.

En general, para conducciones con gastos pequeños y con un diámetro menor o igual a 0.15 m, se recomiendan las tuberías de cloruro de polivinilo (PVC). En conducciones con diámetros superiores a 0.15 m y con presiones menores de 14 kg/cm<sup>2</sup> se recomiendan las tuberías de asbesto-cemento. Cuando en la conducción el diámetro es mayor a 0.60 m y existen presiones mayores a 10 kg/cm<sup>2</sup>, el ingeniero proyectista deberá elegir entre tuberías de asbesto-cemento, concreto presforzado o acero. Para conducciones con presiones de trabajo superiores a 14 kg/cm<sup>2</sup> se hará el estudio económico entre tuberías de acero y concreto presforzado.

### 2.4 Conducciones a superficie libre

#### 2.4.1 Capacidad de las conducciones.

Las conducciones a superficie libre deberán diseñarse para conducir los gastos determinados como se indicó en el capítulo 1.2, Gastos de diseño. Deberán revisarse también para gastos mínimos y máximos probables.

#### 2.4.2 Fórmulas generales de diseño.

Para el cálculo del gasto que circula por un conducto por gravedad, se utilizará la ecuación combinada de continuidad - Manning, para flujo permanente turbulento en canales rugosos, adecuada para la gran mayoría de las aplicaciones. Dicha ecuación es la siguiente:

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

donde:

- Q Gasto, en m<sup>3</sup>/s.
- A Área hidráulica, en m<sup>2</sup>.
- R Radio hidráulico, en m.
- S Pendiente de la conducción.
- n Coeficiente de rugosidad de Manning.

Valores prácticos de “n” se presentan en incisos siguientes dependiendo del tipo de conducción. Podrán aplicarse valores diferentes a los presentados pero deberá justificarse su obtención.

Para obtener las características de una conducción en régimen crítico, deberá aplicarse la ecuación de la condición general de dicho régimen mostrada a continuación.

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A_c^3}{B_c}$$

donde:

- Q Gasto, en m<sup>3</sup>/s
- Ac Área hidráulica de la sección crítica, en m<sup>2</sup>
- Bc Ancho de superficie libre en la sección crítica, en m.

Para definir el régimen de la conducción, se utilizará el número de Froude dado por la expresión:

$$F = \frac{v}{\sqrt{g \frac{A}{B}}}$$

donde:

- F Número de Froude
- v Velocidad del agua, en m/s
- A Área hidráulica, en m<sup>2</sup>.
- B Ancho de la superficie libre del agua, en m.

Definiéndose los siguientes rangos:

- F<1: Régimen subcrítico
- F=1: Régimen crítico
- F>1: Régimen supercrítico

Deberá evitarse el diseño de conducciones en régimen crítico, mientras que el régimen supercrítico deberá limitarse a estructuras como rápidas de descarga o conducciones de poca longitud.

#### 2.4.3 Diseño de las conducciones

##### A) Canales sin revestir.

- Dimensionamiento. Las dimensiones de los canales sin revestir, deberán diseñarse en función de la estabilidad de la sección, para evitar arrastres de material y socavación como se indica en los siguientes incisos.



- Estabilidad de la sección. Deberá de escogerse una inclinación de talud que garantice la estabilidad del mismo, de acuerdo con lo especificado en la sección tres, título 2 (estructuras de tierra y roca). Siempre que sea posible, el diseño deberá realizarse por el método de la fuerza tractiva (Ref. 18) que consiste en evitar que el esfuerzo tangencial producido por el flujo sobrepase el valor crítico del material que conforma la cubeta del canal. En canales pequeños o casos especiales, podrá hacerse el diseño de la sección de modo que la velocidad del flujo, no supere las velocidades permisibles que se indican adelante.

- Coeficientes de fricción. Independientemente del método empleado en el diseño, fuerza tractiva o velocidad permisible, los coeficientes de rugosidad en canales no revestidos, serán los que se muestran en la tabla 2-4.

En canales excavados en material no cohesivo, n se puede determinar con la expresión:

$$n = 0.01195 D_{75}^{1/6}$$

donde:

n Coeficiente de rugosidad de Manning.

D<sub>75</sub> Diámetro 75. Valor para el cual el diámetro del 75% de las partículas son menores, en mm.

TABLA 2-4.- Coeficientes de rugosidad en canales no revestidos

Material y alineamiento	coeficiente de rugosidad n.		
	mín.	med.	máx.
Tierra, recto y uniforme			
limpio bien conservado	0.016	0.018	0.020
limpio intemperizado	0.018	0.022	0.025
grava sección limpia	0.022	0.025	0.030
con poco pasto y hierba	0.022	0.027	0.033
Tierra con curvas			
sin vegetación	0.023	0.025	0.030
pasto y algo de hierba	0.025	0.030	0.033
Roca			
Lisa y uniforme	0.025	0.035	0.040
Angular e irregular	0.035	0.040	0.050

- Velocidades permisibles. Con el fin de disminuir el depósito de sedimentos y crecimiento de vegetación, la velocidad mínima en canales sin revestir, será de 0.40 m/s. Las velocidades máximas permisibles en este tipo de canales, en caso de no haber sido diseñadas por el método de la fuerza tractiva, serán las que se muestran en la tabla 2-5.

TABLA 2-5.- Velocidades máximas permisibles en canales no revestidos.

Tipo de material	Velocidad m/s
Suelos arenoso	0.75
Arena arcillosa	0.90
Suelo arcillo arenoso o arcillo limoso	1.10
Arcillas	1.00
Arenas	1.25
Gravas	2.00
Conglomerado	2.25
Roca sedimentaria suave	2.50
Roca dura	3.00

- Área hidráulica adicional. Para prever la reducción del área hidráulica del canal por el depósito de azolves y el crecimiento de vegetación, se deberá incrementar el área hidráulica en función del gasto según la tabla 2-6.

TABLA 2-6.- Porcentaje de área hidráulica adicional

Gasto (m <sup>3</sup> /s)	% de incremento del área hidráulica

0-1	20
1 - 2	15

TABLA 2-6 (continuación)

Gasto (m <sup>3</sup> /s)	% de incremento del área hidráulica
2 - 6	10
6 - 100	2

B) Canales revestidos

El revestir un canal así como el tipo de revestimiento empleado, tierra compactada, asfalto, concreto, mampostería etc., deberá justificarse económicamente, ya sea por el volumen de agua de filtración ahorrada, ahorro en volúmenes de excavación, o por economías que pueden lograrse en los cargos por conservación o por una combinación de éstas.

Estabilidad de la sección y dimensionamiento. Se deberá asegurar la estabilidad de los taludes de la sección como se especifica en la sección 2.3, capítulo 2. Además, en el caso de canales trapeciales revestidos de concreto, la inclinación de los taludes deberá facilitar el colado del revestimiento. En este caso se recomiendan taludes con inclinación entre 1.25:1 y 1.5:1.

Para el dimensionamiento de canales, deberá fijarse un ancho de plantilla mínimo que no represente problemas constructivos. En estos casos, el tirante deberá ser ligeramente menor que el ancho de la plantilla. En canales con gastos pequeños deberá buscarse que la sección propuesta sea lo mas cercano posible a la sección de máxima eficiencia en función del talud determinado (ver tabla 2-7). Además de las consideraciones anteriores, se deberá realizar un análisis económico en cuanto a volúmenes de excavación para las secciones propuestas.

TABLA 2-7.- Secciones de máxima eficiencia

Tipo de Sección	Sección de máxima eficiencia
Rectangular	$\theta = 90^\circ, b = 2d$
Trapezoidal	$b = 2d \frac{1 + \cos \theta}{\sin \theta}$
Triangular	$\theta = 45^\circ$

Ver figura 2-3

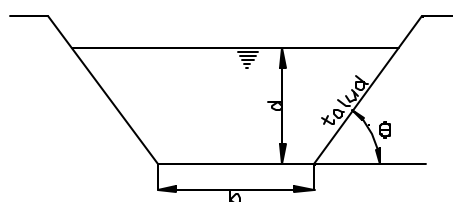


FIGURA 2-3

Coeficientes de fricción. El cálculo hidráulico se deberá realizar con los lineamientos expuestos en el punto 2.4.2, con los coeficientes de rugosidad, n, que se muestran en la tabla 2-8.

TABLA 2-8.- Coeficientes de rugosidad para distintos materiales de revestimiento

Material de revestimiento	Coeficiente de rugosidad n.		
	mínimo	normal	máximo
Cemento			
Superficie lisa	0.010	0.011	0.013
En mortero	0.011	0.013	0.015
Madera			
Plana no tratada	0.010	0.012	0.014
Plana creosotada	0.011	0.012	0.015

Concreto Acabado con llana metálica	0.011	0.013	0.015
Acabado con llana de madera	0.013	0.015	0.016
Sin acabar	0.014	0.017	0.020
Mampostería Junteada y acaba- da con mortero	0.016	0.020	0.024
Sin acabar	0.020	0.025	0.030

- Velocidades permisibles. La velocidad en los canales revestidos no deberá ser menor de 60cm/s con el fin de evitar el desarrollo de vegetación y el depósito de sedimentos en el canal. La velocidad máxima no deberá ser mayor del 80% de la velocidad crítica de la sección, ni de los valores que se presentan en la tabla 2-9 para distintos materiales de revestimiento.

TABLA 2-9.- Velocidades máximas permisibles en canales revestidos.

Tipo y resistencia de revestimiento	Velocidad máxima m/s
Mampostería de tabique	1.4
Concreto $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$	7.4

TABLA 2-9 (continuación)

Tipo y resistencia de revestimiento	Velocidad máxima m/s
$f'c=170 \text{ kg/cm}^2$	6.6
$f'c=130 \text{ kg/cm}^2$	5.8
$f'c=110 \text{ kg/cm}^2$	4.4
$f'c= 90 \text{ kg/cm}^2$	2.8

- Drenaje en canales revestidos. En canales revestidos donde el nivel de aguas freáticas pueda estar a la altura de la cubeta del canal, se deberán colocar filtros de grava y arena, en una zanja perimetral de 30 cm de ancho por 30 cm de profundidad. En este filtro se colocarán lloraderos de tubo de 6.35 cm de diámetro en ambos lados de la plantilla y en ambos taludes. Este sistema de drenaje se colocará espaciado a la misma distancia que las juntas transversales de ranura hechas en el revestimiento, cuando éste es de concreto. En otros tipos de revestimiento, el espaciamiento máximo será de 4.0m. Así mismo cuando sea necesario, se colocará un dren longitudinal con tubo de concreto de 15 cm de diámetro, colocado bajo la plantilla del canal.

Cuando el canal sea excavado en roca, se harán perforaciones en el revestimiento y en la misma roca, con el diámetro antes mencionado y, con una profundidad de 90cm. la separación máxima será de 4.0m.

- Bordo libre. Se deberá proteger la sección contra desbordamientos producidos por fluctuaciones en el tirante. Dicha protección en canales revestidos, constará de un bordo libre revestido y un sobrebordo, los cuales se determinarán con la figura 2-4.

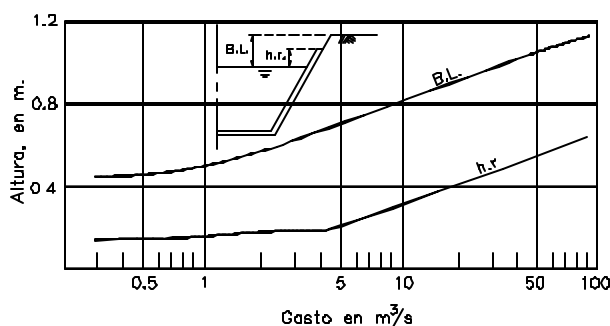


FIGURA 2-4.- Bordo libre en canales.

Para canales revestidos de concreto, los valores del bordo libre y sobrebordo podrán ser los que se indican en la tabla 2-10.

TABLA 2-10.- Bordo libre en canales revestidos de concreto

Gasto en	Bordo libre cm	Sobrebordo cm
----------	-------------------	------------------

m <sup>3</sup> /s		
0 - 0.5	15	15
0.5 - 1	20	15
1 - 3	25	20
3 - 10	30	20
10 - 20	35	20
20 - 40	40	25
40 - 60	50	25
60 - 100	60	30

El bordo libre en canales sin revestir, se obtendrá de la figura 2-4, correspondiente a la curva B.L.

El bordo libre en canales rectos con régimen supercrítico se obtendrá con la siguiente ecuación:

$$B.L. = 0.61 + 0.037v\sqrt{d}$$

donde:

- B.L. Bordo libre, en metros  
 v Velocidad del flujo, en m/s  
 d Tirante, en m.

En canales con curvas horizontales habrá que basarse en los resultados del diseño de acuerdo con lo especificado en el punto C del inciso 2.4.5.1.

### C) Alcantarillado y conductos cerrados

- Determinación de la sección y pendiente adecuados.

Deberá seleccionarse la sección de las tuberías de manera que su capacidad permita que con el gasto de diseño, el agua escurra sin presión a tubo lleno y con un tirante mínimo para gasto mínimo que permita arrastrar las partículas sólidas en suspensión.

Se empleará la fórmula de Manning para el diseño hidráulico de las tuberías. En la tabla 2-11, se presentan coeficientes de rugosidad “n” para diferentes materiales.

En los casos en que la conducción sea un conducto cubierto construido en el lugar y no a base de tubería, como túneles u otras estructuras similares, los coeficientes de fricción empleados y el método de diseño serán los que se presentan en el inciso 2.4.3.

Tabla 2-11.- Coeficientes de rugosidad en conductos empleados para alcantarillado.

Material	Coficiente n
Asbesto - Cemento	0.010
Concreto liso	0.012
Concreto áspero	0.016
Concreto presforzado	0.012
Acero galvanizado	0.014
Fierro fundido nuevo	0.013
Fierro fundido usado	0.017
Acero soldado sin revestimiento	0.014
Acero soldado con revestimiento interior a base de resinas epóxicas.	0.011
P.V.C (cloruro de polivinilo)	0.009
Polietileno de alta densidad	0.009

- Velocidades límite. Para gasto mínimo, la velocidad no deberá ser menor de 30cm/s con un tirante mayor o igual a 1.5cm. Para gasto máximo, la velocidad no deberá ser mayor de 3.0m/s. Las pendientes de las tuberías deben ser tan semejantes como sea posible a las del terreno con el fin de minimizar excavaciones pero las velocidades producidas deberán estar dentro de los límites.

## 2.4.4 Estructuras

## A) En canales

- Estructuras de aforo. Para el aforo de canales deberán emplearse medidores Parshall. Estos aforadores pueden operar con descarga libre o sumergida.

Deberán emplearse los diseños estándar existentes, calibrados para cubrir diferentes intervalos de gastos (Ref. 18). Se deberán construir los medidores con la mayor exactitud posible de acuerdo con las dimensiones del diseño.

Para grandes gastos no contemplados en los diseños existentes, deberán diseñarse los medidores realizando pruebas de laboratorio previas a la instalación definitiva.

Podrán utilizarse vertedores de pared delgada rectangulares o triangulares, en canales de gastos pequeños y donde las condiciones del proyecto lo permitan (Ref. 19).

- Expansiones y contracciones.

? En régimen subcrítico.

Cuando en un canal sea necesario un cambio de sección transversal, deberá colocarse una transición con el fin de mantener las condiciones de flujo y disminuir pérdidas de energía. Cuando el área de la sección transversal aumenta en la dirección del flujo, se trata de una expansión y en el caso contrario es una contracción. En ambos casos el cambio de sección deberá ser de forma recta.

Las pérdidas locales de energía producidas en una expansión deberán calcularse con la siguiente expresión:

$$hl = C \frac{A_2^2}{A_1} \frac{v_2^2}{2g} ; C = 0.30 \text{ a } 0.35$$

Las pérdidas locales en una contracción estarán dadas por:

$$hl = C \frac{A_2}{A_1} \frac{v_2^2}{2g} ; C = 0.20 \text{ a } 0.25$$

donde:

- hl Pérdida local debida a la transición
- $A_1$  Área de la sección aguas arriba
- $A_2$  Área de la sección aguas abajo
- $v_2$  Velocidad en la sección aguas abajo
- C Coeficiente de geometría

La longitud de las transiciones deberá calcularse según el criterio de Hinds con la siguiente expresión.

$$L = \frac{|B_2 - B_1|}{2 \tan 12.5^\circ}$$

donde:

- L Longitud de la transición en m.
- $B_1$  Ancho de superficie libre del agua en la sección aguas arriba, en m.
- $B_2$  Ancho de superficie libre del agua en la sección aguas abajo, en m.

Deberán además calcularse las pérdidas por fricción en el tramo por con la siguiente expresión:

$$h_f = \frac{Sf_1 + Sf_2}{2} L$$

donde:

$h_f$  Pérdida por fricción en m.

$$Sf_i = \frac{v_i^2 n^2}{R_i^3}$$

$L$  Longitud de la transición en m.

Finalmente las pérdidas totales en la transición serán:

$$H_t = h_l + h_f$$

donde:

$H_t$  Pérdida de energía total al final de la transición, en m.

$h_l$  Pérdida debida a la transición, en m.

$h_f$  Pérdida por fricción en la transición, en m.

Para compensar las pérdidas producidas en la transición, se colocará un desnivel ( $\Delta$ ), el cual deberá distribuirse a lo largo de la transición y estará dado por:

$$\Delta = E_1 - (E_2 + H_t)$$

donde:

$\Delta$  Desnivel necesario

$E_1$  Energía específica en la sección aguas arriba.

$E_2$  Energía específica en la sección aguas abajo.

Para valores negativos de  $\Delta$ , el desnivel será descendente en el sentido del flujo y ascendente para valores positivos.

$\Delta$  En régimen supercrítico.

Contracciones. Las contracciones en régimen supercrítico, deberán diseñarse solo en secciones rectangulares por medio de la teoría de la onda oblicua (Ref. 18).

Expansiones. Para producir el mínimo de perturbaciones en la transición, el diseño deberá estar basado en la gráfica de curvas generalizadas de expansión, obtenida de los estudios de Rouse, Bhoota y Hsu, que proporcionan la forma que deben tener las paredes para cualquier valor del número de Froude en la sección aguas arriba, y para una amplia variedad de relaciones de expansión (Ref. 18).

- Cambios de dirección

$\Delta$  Horizontal

En régimen subcrítico. En el diseño de curvas horizontales se debe tomar en cuenta el efecto del flujo helicoidal que se produce con el cambio de dirección. Para disminuir este efecto, el radio de curvatura en el eje del canal se deberá calcular tomando en cuenta lo siguiente (ver figura 2-5):

$$\frac{r_c}{B} \geq 3$$

donde  $r_c$  es el radio de curvatura por el eje del canal.

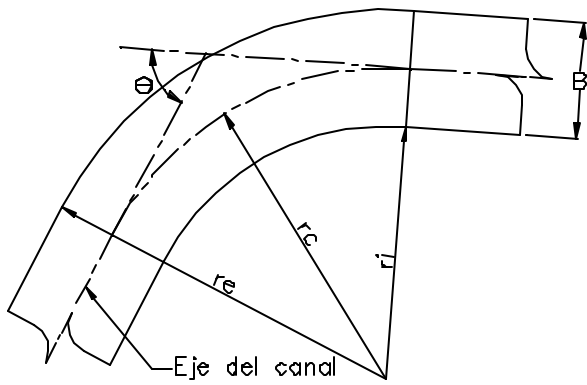


FIGURA 2 -5.- Elementos geométricos de una curva.

En una curva en régimen subcrítico, la velocidad disminuye y el tirante aumenta de la orilla hacia el exterior. Esta diferencia de tirantes se debe calcular con la siguiente expresión.

$$\Delta y = \frac{v^2}{g} \ln \frac{r_e}{r_i}$$

Donde  $\Delta y$  es el desnivel entre tirantes,  $r_e$  es el radio exterior y  $r_i$  el radio interior. (Ver figura 2-5).

Además se debe cumplir la siguiente condición.

$$\frac{\Delta y}{2} \leq 0.08 B L$$

En caso de no cumplirse lo anterior, se deberá repetir el cálculo con un nuevo  $r_c$ .

Las modificaciones en el comportamiento del flujo en la curva de un canal, producen pérdidas de energía en el escurrimiento en adición a las que ocurren por efecto de la fricción. La pérdida local de energía debida a la curva, deberá calcularse con la siguiente ecuación.

$$h_c = k \frac{v^2}{2g}$$

donde:

$$k = \frac{2b}{r_c}$$

Por lo tanto la pérdida total al final de la curva será:

$$h_T = h_c + h_f$$

donde:

$H_T$  Pérdida total al final de la curva

$h_c$  Pérdida por la curva

$h_f$  Pérdida por fricción en el tramo en curva.

Para producir una rápida recuperación del flujo uniforme, en el tramo en curva la pendiente debe ser:

$$s \approx \frac{h_T}{L}$$

donde:

L = Longitud del tramo en curva.

Régimen supercrítico. La eliminación de perturbaciones en las curvas en régimen supercrítico es un problema difícil de resolver, por lo que se debe evitar en lo posible el diseño de este tipo de curvas. En canales trapeziales los taludes favorecen sobreelevaciones excesivas, por lo que no se deben diseñar curvas en régimen supercrítico en este tipo de canales.

En caso de ser necesario el diseño de una curva en régimen supercrítico, deberá ser en canales rectangulares y de acuerdo con los siguientes lineamientos.

El radio medio  $r_c$ , debe satisfacer la siguiente condición.

$$\frac{r_c}{B} \approx 4F^2$$

donde B y F son el ancho de superficie libre del agua y el número de Froude respectivamente, antes de la curva.

Para reducir el efecto de la sobreelevación se debe dar una pendiente transversal a la plantilla (ver figura 2-6), a fin de equilibrar la componente del peso del agua en la dirección radial con la fuerza centrífuga. Para tal efecto la pendiente transversal se calculará con la siguiente expresión.

$$S_t \approx \frac{v^2}{gr_c}$$

donde  $S_t$  es la Pendiente transversal.

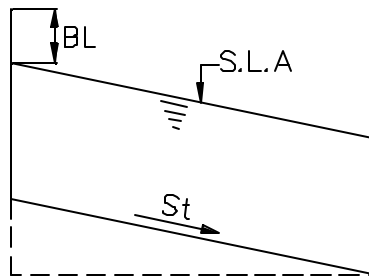


FIGURA 2-6.- Pendiente transversal en una curva

Para evitar cambios bruscos en las características del flujo, la pendiente debe proporcionarse en forma gradual, desde cero y aumentando linealmente como se muestra en la figura 2-7.

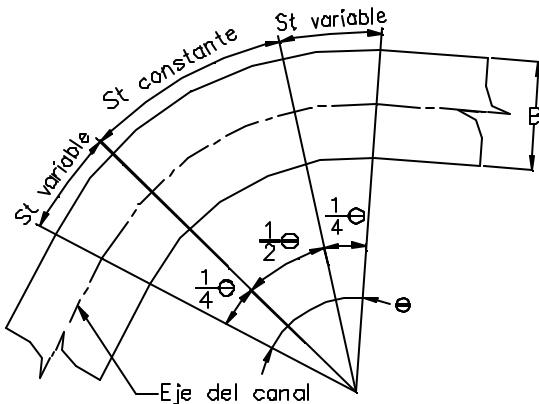




FIGURA 2-7.- Variación de la pendiente transversal en una curva.

En el tramo en curva, se debe mantener la pendiente longitudinal sobre la pared exterior de la curva, dando la pendiente transversal hacia la pared interior.

? Vertical.

Los cambios de dirección vertical deberán diseñarse como se describe en el párrafo 2.1 de estas normas.

- Rápidas y caída. La decisión de usar una rápida en lugar de una serie de caídas, se debe basar en estudios hidráulicos y económicos de ambas alternativas.

En caso de que la solución tomada sea a base de una serie de caídas, estas deberán estar espaciadas a 60m como mínimo, para impedir la formación de una corriente de alta velocidad a través de ellas, cuando el gasto que circula no permita la formación del salto hidráulico en la salida de los tanques amortiguadores.

Una caída tiene los mismos elementos que una rápida pero se consideran caídas las estructuras que no tienen desnivel mayor de 4.50m entre la superficie del agua superior y la inferior y cuya rápida tiene una pendiente no mayor de 3:1. Por lo anterior en el diseño de una estructura de caída se debe utilizar el mismo ancho de plantilla en la rápida y en el tanque amortiguador; en cambio en una rápida de longitud considerable, es posible proporcionar una sección más estrecha para el canal de la rápida en la mayor parte de su longitud.

Entrada. La entrada a una rápida o caída puede tener distintas formas, dependiendo de la finalidad deseada como sección de control, de profundidad crítica, de forma rectangular o trapecial.

Canal de la rápida. Los canales de las rápidas deben ser de sección transversal rectangular o trapecial dependiendo de consideraciones económicas pero siempre en régimen supercrítico.

La descarga de las rápidas deberá efectuarse como se menciona en la sección 2.1.5. A de estas normas.

Las caídas suelen emplearse para conectar dos tramos de canal en régimen subcrítico pero a distintas elevaciones. Por lo anterior, la descarga de las caídas deberá ser a un tanque amortiguador que devuelva el flujo a régimen subcrítico, antes del siguiente tramo de canal.

- Represas. La ubicación de las represas estará de acuerdo a la planeación aceptada por la supervisión del proyecto, pero dentro de los siguientes límites de separación entre ellas.

$$L_{max} \geq \frac{d + (0.25d + h) + 0.50}{s}$$

$$L_{min} \geq \frac{d + (0.25d + h) + 0.4d}{s}$$

donde:

- d tirante a la entrada de la represa
- h pérdida de carga en las tomas
- s pendiente longitudinal del canal

En rehabilitaciones de canales o canales nuevos, las represas deberán ser de control automático de niveles ya sea aguas arriba o aguas abajo, dependiendo de las condiciones del proyecto. El diseño de estas represas deberá apearse a los manuales del fabricante, con la aprobación de la supervisión del proyecto.

## B) Estructuras en obras de alcantarillado

Para las estructuras en la red de alcantarillado, deberán tomarse los lineamientos establecidos por la Comisión Nacional del Agua (Ref. 16).

## 2.5 Redes

### 2.5.1 Redes de distribución de agua potable

#### A). Memoria descriptiva

En dicha memoria se deberán consignar oficialmente todas y cada una de las acciones requeridas para el correcto funcionamiento de la red de distribución reestructurada o ampliada con respecto al sistema general; del mismo modo las especificaciones que se requieran para que la calidad del agua que suministre el Gobierno del Distrito Federal sea la adecuada, desde la conexión hasta los predios a través de la toma domiciliaria, cuidando que se desinfecten las tuberías que componen la nueva red antes de entrar en operación y que por ellas fluya el agua cuando menos con la velocidad mínima especificada.

Con objeto de que la memoria descriptiva quede estructurada ordenadamente, a continuación se enumeran y describen los elementos con los cuales se dará forma a la descripción del proyecto.

#### B) Índice

A fin de conocer el contenido de la memoria, deberá consignarse al inicio de la misma un índice estructurado con los temas tratados en ella, así como el número de página donde se inicie el capítulo, inciso, relación de láminas, figuras, cuadros, copias de planos y anexos, incluyendo cualquier material que forme parte de la memoria. Se deberá asegurar que cuando el índice sea muy detallado y ocupe varias páginas, éstas deberán numerarse en forma diferente a la utilizada en el resto del documento.

#### C) Localización del área del proyecto

Se deberá indicar claramente la ubicación del área del proyecto de la red, definiendo en su caso las calles perimetrales o las coordenadas geográficas, con el respectivo origen, de los puntos de la poligonal perimetral del área. En esta localización deberán también consignarse los sitios notables vecinos a dicha superficie, incluyendo el nombre de la colonia y delegación política correspondiente, así como los bancos de nivel en que se apoyará cualquier trabajo de topografía relacionado con la obra de la red de agua que se pretenda establecer.

#### D) Información de apoyo

Se deberán consignar las normas y especificaciones de diseño que sirvieron de acotamiento para el proyecto, así como las fuentes de información documental y cartográfica a las que se recurrió como apoyo, señalando autores y fechas, incluyendo los procedimientos y resultados obtenidos para el caso de levantamientos topográficos, estudios de Mecánica de Suelos, de factibilidad técnica - económica, de impacto ambiental, tenencia de la tierra y demás que definan en conjunto el contratista y la contratante.

#### E) Memoria de cálculo

Este documento deberá contener todos y cada uno de los cálculos realizados de acuerdo con las Especificaciones y Normas presentes, justificando los criterios tomados y las acciones realizadas para definir, desde el punto de vista hidráulico, los elementos componentes de la red, así como su suministro, instalación, operación y conservación. Para lo anterior, a continuación se describen la metodología y los criterios de diseño a emplear.

##### - Pérdidas físicas

Para estimar el volumen de las pérdidas físicas se puede considerar un valor comprendido entre el 40 y el 60% del volumen suministrado. En localidades donde se tenga implementado un programa de detección y control de fugas, se puede aspirar a reducir el porcentaje de fugas hasta un 30%. Si el programa de detección y control de fugas se desarrolla de manera eficaz, las pérdidas pueden disminuirse a un 20%.

##### - Velocidades mínima y máxima

La velocidad mínima de escurrimiento se fija para evitar la precipitación de partículas que arrastre el agua y se acepta igual a 0.30 m/s. La velocidad máxima permisible del agua depende del material del que está fabricado el conducto, para evitar erosionar sus paredes. En la tabla 2-12 se presentan valores de la velocidad máxima del agua para diferentes materiales de tubería, trátense de redes de agua potable o de alcantarillado (Ref. 10).

TABLA 2 -12.- Velocidades máximas en tuberías.

Material	Velocidad (m/s)
Concreto simple	3.00
Concreto reforzado	3.50
Concreto presforzado	3.50
Acero	5.00
Acero galvanizado	5.00
Asbesto cemento	5.00
Fierro fundido	5.00
Hierro dúctil	5.00
Polietileno de alta densidad	5.00
P.V.C (cloruro de polivinilo)	5.00

#### - Tomas domiciliarias

El tramo de tubería entre la red de distribución municipal y el medidor, incluido éste, constituye la toma domiciliaria, cuyo diámetro se determinará tomando en cuenta lo consignado en el artículo 2.2.4 de las Normas Técnicas Complementarias para Instalaciones de Abastecimiento de Agua Potable y Drenaje, publicadas en la Gaceta Oficial del Distrito Federal del 27 de febrero de 1995 (Ref. 17).

#### - Diseño de redes de distribución de agua potable

El estudio hidráulico de las redes de distribución de agua potable se enfocan a conocer su funcionamiento en las condiciones de trabajo más desfavorables a partir de los gastos máximos horarios unitarios determinados por los requerimientos de sus habitantes de acuerdo con los usos del suelo, incluyendo las cargas disponibles en metros de columna de agua en cada cruce y en los sitios topográficamente críticos de la red.

Con objeto de reducir el costo por concepto de piezas especiales y válvulas de seccionamiento, y facilitar la operación de la red, se hará lo posible para que las tuberías de relleno pasen a desnivel entre sí en los cruces interiores de los circuitos, siempre y cuando las condiciones del proyecto lo permitan.

En los casos de revisión hidráulica de redes existentes se debe considerar también la edad de éstas y la calidad del agua circulante.

Primeramente se calculará la demanda a cubrir, considerando como gasto específico el resultado de dividir el gasto máximo horario entre la longitud total de la red.

Se localizarán las tuberías principales, tomando en cuenta la topografía y puntos obligados, considerando separaciones de 400 a 600 m de tal manera que se formen circuitos, numerándose en seguida los cruces que se tengan en las líneas primarias.

Una primera estimación del diámetro de las tuberías principales se logrará con la siguiente expresión:

$$d = 1.13 \sqrt[3]{Q}$$

donde:

d diámetro de la tubería, en m.

Q gasto acumulado, en m<sup>3</sup>/s.

Se determinarán las pérdidas de carga por fricción para cada tramo, obteniéndose la suma de pérdidas de carga para las dos ramas del circuito o circuitos que se tengan y mediante correcciones sucesivas a los diámetros supuestos será posible llegar a los puntos de equilibrio con una diferencia de pérdidas de carga por fricción de menos de 50 cm.

La mayor parte de las redes de distribución se analizan en la actualidad usando programas de computadora (Ref. 2). Al diseñar un programa que resuelva problemas de redes de flujo, deben satisfacerse las siguientes ecuaciones simultáneamente a través de la red:

En cada nudo o crucero:

$$\sum Q_{entrada} = \sum Q_{salida}$$

Para cada circuito completo:

$$\sum H = 0$$

Para cada tubería:

$$H = KQ^n$$

En los programas de computadora para redes las ecuaciones anteriores se resuelven simultáneamente usando una o varias técnicas de inversión de matrices.

Se deberán presentar las tablas del cálculo hidráulico de la red ya sea abierta o de circuito.

- Cargas disponibles

Las cargas disponibles resultantes deberán calcularse en cada crucero de las tuberías de circuito con relación al nivel de la calle, admitiéndose como mínima 15 y como máxima 50 metros de columna de agua. Estas presiones se calcularán partiendo, para la mínima, de la elevación de plantilla del tanque regulador y, para la máxima, de la elevación máxima del agua en dicho tanque.

- Válvulas

De acuerdo con el uso del suelo, se deben distribuir convenientemente las válvulas de seccionamiento que permitan orientar el flujo hacia determinados sitios o bien cortarlo para efectuar reparaciones. Su número deberá ser el menor posible, dejando como previsión carretes situados convenientemente para que en un futuro, en caso de requerirse dentro de la operación del sistema, se coloquen nuevas válvulas o se cambien de sitio las ya existentes.

Se deberá estudiar con todo cuidado la posición de las válvulas de manera que para aislar un sector de la localidad, el número de ellas por cerrarse no sea mayor de 6, de preferencia.

Los cruceros que tengan válvulas se colocarán en cajas adecuadas para su operación, de acuerdo con el plano tipo localizado en las Normas de proyecto para obras de alcantarillado sanitario en localidades urbanas de la República Mexicana (Ref. 16).

- Cruceros de la red y fontanería

Válvula reductora de presión _____	
Válvula de altitud _____	
Válvula aliviadora de presión _____	
Válvula para expulsión de aire _____	
Válvula de flotador _____	
Válvula de retención (check) de fa.fo. con brida _____	
Válvula de seccionamiento de fa.fo con brida _____	
Cruz de fa fo con brida _____	
Te de fa fo con brida _____	
Codo de 90° de fa.fo. con brida _____	
Codo de 45° de fa.fo. con brida _____	
Codo de 22° 30' de fa.fo. con brida _____	
Reducción de fa.fo. con brida _____	
Carrete de fa.fo. con brida (corto y largo) _____	
Extremidad de fa.fo. con brida _____	
Tapa con cuerda _____	
Tapa ciega de fa.fo. _____	
Junta Gibault _____	
Válvula de paso con cuerda _____	
Unión Universal _____	
Cople _____	
Niple _____	
Tapón macho _____	
Tapón campana _____	

NOTAS.  
 Para un proyecto en particular se debe especificar si las piezas son con brida, de extremos lisos o con cuerda.—Los signos convencionales para piezas de extremos lisos o con cuerda, serán los mismos pero sin dibujar el patín que indica la brida.— Estas piezas se emplearán en forma eventual ya que corresponden a tuberías con diámetros menores a 60 mm (2 1/2"  $\phi$ )

FIGURA 2-8.- Signos convencionales de piezas especiales.

Para efectuar las conexiones de las tuberías en los cruceros, cambios de dirección y con las válvulas de seccionamiento, se utilizarán piezas especiales, pudiendo ser éstas de fierro fundido con bridas, de asbesto-cemento o de P.V.C.

Las uniones de las tuberías se diseñarán por medio de cruces, tes, codos, reducciones, juntas Gibault y universales.

Las piezas de fierro fundido se fabrican para diámetros de 502 mm (20") en adelante y una presión de trabajo de 10.5 kg/cm<sup>2</sup>, existiendo en el mercado una gran variedad de tipos y combinación de diámetros.

El diseño de los cruceros se debe llevar a cabo utilizando los símbolos que se muestran en la figura 2-8. Todas las tes, codos y tapas ciegas llevarán atraques de concreto de acuerdo con el plano tipo de la figura 2-9.

**DIMENSIONES DE LOS ATRAQUES DE CONCRETO  
PARA LAS PIEZAS ESPECIALES DE Fd Fo.**

Diámetro nominal de la pieza especial	ALTIMETROS	ALTIMETROS	LADO "A"	LADO "B"	VOLUMEN POR ATRAQUE
MILIMETROS	PULGADAS	cm	cm	cm	m <sup>3</sup>
76	3	30	30	30	0.027
102	4	38	38	38	0.034
128	5	46	46	46	0.042
154	6	54	54	54	0.050
180	7	62	62	62	0.058
206	8	70	70	70	0.066
232	9	78	78	78	0.074
258	10	86	86	86	0.082
284	11	94	94	94	0.090
310	12	102	102	102	0.098
336	13	110	110	110	0.106
362	14	118	118	118	0.114
388	15	126	126	126	0.122
414	16	134	134	134	0.130
440	17	142	142	142	0.138
466	18	150	150	150	0.146
492	19	158	158	158	0.154
518	20	166	166	166	0.162
544	21	174	174	174	0.170
570	22	182	182	182	0.178
596	23	190	190	190	0.186
622	24	198	198	198	0.194
648	25	206	206	206	0.202
674	26	214	214	214	0.210
700	27	222	222	222	0.218
726	28	230	230	230	0.226
752	29	238	238	238	0.234
778	30	246	246	246	0.242
804	31	254	254	254	0.250
830	32	262	262	262	0.258
856	33	270	270	270	0.266
882	34	278	278	278	0.274
908	35	286	286	286	0.282
934	36	294	294	294	0.290
960	37	302	302	302	0.298
986	38	310	310	310	0.306
1012	39	318	318	318	0.314
1038	40	326	326	326	0.322
1064	41	334	334	334	0.330
1090	42	342	342	342	0.338
1116	43	350	350	350	0.346
1142	44	358	358	358	0.354
1168	45	366	366	366	0.362
1194	46	374	374	374	0.370
1220	47	382	382	382	0.378
1246	48	390	390	390	0.386
1272	49	398	398	398	0.394
1298	50	406	406	406	0.402
1324	51	414	414	414	0.410
1350	52	422	422	422	0.418
1376	53	430	430	430	0.426
1402	54	438	438	438	0.434
1428	55	446	446	446	0.442
1454	56	454	454	454	0.450
1480	57	462	462	462	0.458
1506	58	470	470	470	0.466
1532	59	478	478	478	0.474
1558	60	486	486	486	0.482
1584	61	494	494	494	0.490
1610	62	502	502	502	0.498
1636	63	510	510	510	0.506
1662	64	518	518	518	0.514
1688	65	526	526	526	0.522
1714	66	534	534	534	0.530
1740	67	542	542	542	0.538
1766	68	550	550	550	0.546
1792	69	558	558	558	0.554
1818	70	566	566	566	0.562
1844	71	574	574	574	0.570
1870	72	582	582	582	0.578
1896	73	590	590	590	0.586
1922	74	598	598	598	0.594
1948	75	606	606	606	0.602
1974	76	614	614	614	0.610
2000	77	622	622	622	0.618
2026	78	630	630	630	0.626
2052	79	638	638	638	0.634
2078	80	646	646	646	0.642
2104	81	654	654	654	0.650
2130	82	662	662	662	0.658
2156	83	670	670	670	0.666
2182	84	678	678	678	0.674
2208	85	686	686	686	0.682
2234	86	694	694	694	0.690
2260	87	702	702	702	0.698
2286	88	710	710	710	0.706
2312	89	718	718	718	0.714
2338	90	726	726	726	0.722
2364	91	734	734	734	0.730
2390	92	742	742	742	0.738
2416	93	750	750	750	0.746
2442	94	758	758	758	0.754
2468	95	766	766	766	0.762
2494	96	774	774	774	0.770
2520	97	782	782	782	0.778
2546	98	790	790	790	0.786
2572	99	798	798	798	0.794
2598	100	806	806	806	0.802

**DIRECCIÓN DE LOS ENPLLES Y FORMA DE COLOCAR LOS ATRAQUES**

**NOTAS**

- 1) Las piezas especiales deberán estar selladas y envueltas antes de colocar los atraques, los cuales quedarán perfectamente expuestas al fondo y pared de la zona.
- 2) El atraque deberá colocarse en todos los casos, antes de hacer la prueba hidráulica de las tuberías.
- 3) Estos atraques se sacarán sucesivamente para las tuberías colocadas en zona.

FIGURA 2-9.- Atraques de concreto para piezas especiales

En los cruceros de las tuberías de circuito y en los correspondientes a los sitios más elevados y bajos de la localidad deberán aparecer dentro de un círculo las elevaciones piezométrica, la del terreno y la carga disponible resultante, en ese orden y en forma vertical.

A saber, deberán ser los siguientes y los que los proyectistas, de acuerdo con la C.A.D.F, juzguen conveniente incluir.

? Población según último censo oficial (o de acuerdo con registros de Compañía de Luz y Fuerza del Centro o del Organismo Operador de Agua Potable), en número de habitantes.

? Población de acuerdo con la densidad en hab./ha.

- Datos de proyecto. Resumen general de resultados

? Población de proyecto, en número de habitantes.

? Dotación según el Reglamento de Construcciones vigente, en l/hab./d ía.

? Gastos de diseño (medio anual, máximo diario, máximo horario, en l/s).

? Coeficientes de variación diario y horario.

? Fuente de abastecimiento dentro o fuera del área del proyecto.

? Sistema de distribución, ya sea por gravedad o bombeo

- Planos ejecutivos de la red de distribución

Deberán ser exclusivos para redes de agua potable y contendrán la siguiente información:

? Croquis de localización

? Datos de proyecto en la hoja 1 del mosaico, si es el caso

? Simbología empleada en cada hoja (ver figura 2-10)

? Orientación en planta, en cada hoja

? Notas constructivas y de referencia

? Escala gráfica y numérica

- ? Detalle en planta y elevación de la interconexión con la red municipal
- ? Se deberá señalar, en la hoja correspondiente, el cruce de conexión al sistema municipal
- ? Detalle de la zanja tipo de acuerdo con el diámetro de la tubería, así como profundidad mínima de la misma
- ? El plano de cruces deberá contener la lista completa de piezas especiales y notas correspondientes

### 2.5.2 Redes de alcantarillado sanitario

El sistema de la red de evacuación de aguas residuales se inicia a partir de la descarga domiciliar del albañal interior del predio hacia la red compuesta de atarjeas, subcolectores, colectores y emisores, con destino hacia la planta de tratamiento.

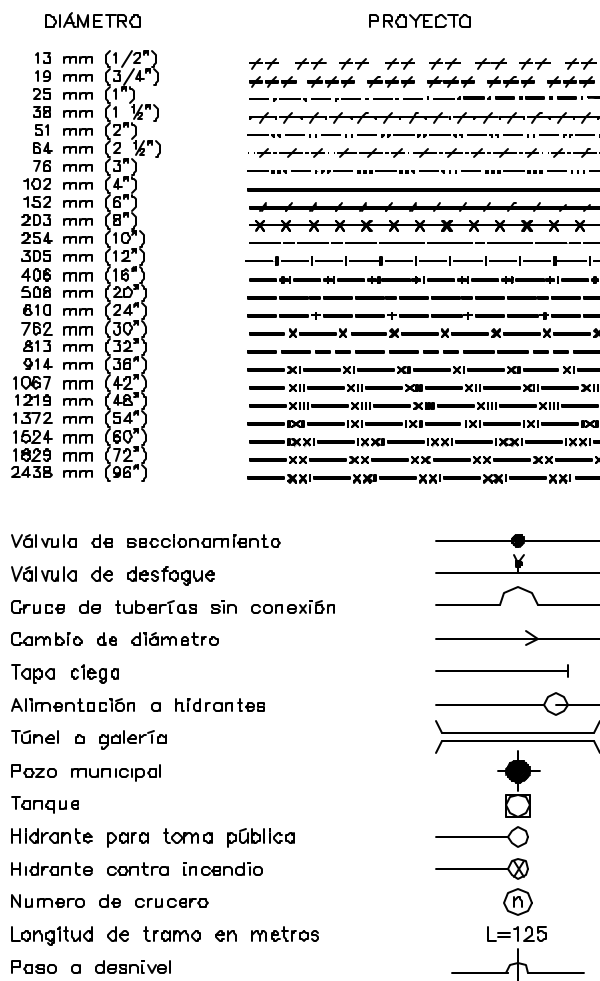


FIGURA 2-10.- Signos convencionales para tuberías de agua potable

#### A) Memoria descriptiva

Dicho documento incluirá una breve descripción del tipo de trazo adoptado y las bases para definir la red de alcantarillado: sanitario, pluvial, mixto o combinado, de acuerdo con el dictamen del estudio de factibilidad de Servicios Hidráulicos, en el cual se definirá la forma en la que se evacuarán las aguas en general, decidiendo con esto el sistema que deba instalarse, así como el uso que deba hacerse de ellas.

Con la finalidad de que la memoria descriptiva quede estructurada ordenadamente, a continuación se enumeran y describen los elementos con los cuales se dará forma a la descripción del proyecto.

#### B) Índice

Deberá consignarse al inicio del documento un índice estructurado por temas tratados, así como el número de página donde se inicia cada capítulo, inciso, relación de láminas, figuras, cuadros, copias de plano y anexos, incluyendo cualquier material que forme parte de la memoria. Deberá tenerse cuidado de que cuando el índice sea muy detallado y ocupe varias páginas, éstas deberán numerarse de manera diferente a la

utilizada en el resto del documento.

C) Localización del área del proyecto

Se deberá indicar claramente la ubicación del área que cubrirá el proyecto de la red de evacuación de aguas negras, definiendo en su caso las calles perimetrales o las coordenadas geográficas, con el respectivo origen, de los puntos de la poligonal perimetral del área que cubrirá el proyecto. Se deberán consignar asimismo los sitios notables vecinos de dicha superficie, incluyendo el nombre de la colonia, fraccionamiento o barrio con el que se le denominará, así como la delegación política correspondiente y los bancos de nivel en los que se apoyará cualquier trabajo de topografía relacionado con la obra que se pretenda establecer.

D) Información de apoyo

Se deberán consignar las normas y especificaciones de diseño que sirvieron de base para definirlo y acotarlo, tanto en su aspecto conceptual como en su trazo y profundidad y características de las zanjas. Del mismo modo las fuentes de información documental y cartográfica utilizada como apoyo, señalando autores y fechas. Se incluirán también los procedimientos y resultados obtenidos en el caso de levantamientos topográficos, estudios de mecánica de suelos, de factibilidad técnica y económica, de impacto ambiental y de tenencia de la tierra.

E) Memoria de cálculo

Contendrá todos los cálculos geométricos e hidráulicos realizados para definir las características de las tuberías colectoras y emisoras.



- Descargas domiciliarias

Serán las acometidas con las cuales se conectará el albañal interior del predio a la atarjea correspondiente, mediante un codo de 45 ° y una pieza cortada a 45 ° también, conocida como “slant”, ambas de 15 cm de diámetro y fabricadas con concreto simple.

La acometida con tubos de P.V.C se hará pegando el slant a la atarjea mediante cementante que recomiende el fabricante. Una vez pegadas ambas tuberías, se procederá a perforar la atarjea, con la herramienta adecuada, para efectuar la conexión.

- Diseño de las redes de evacuación de aguas negras

Deberán verificarse los conductos colectores, tabulándose los tramos del trazo del proyecto de aguas arriba hasta su descarga final consignando las longitudes y la población servida, gastos resultantes, pendientes y diámetros especificados mismos que serán revisados su funcionamiento hidráulico de acuerdo a la altura del agua, tanto su velocidad máxima como la mínima determinada, debiendo apoyarse en la fórmula de R. Manning (Ref. 4) el cual propone para la valuación del coeficiente  $c$  de la fórmula de Chezy:

$$v ? c\sqrt{rs}$$

el correspondiente

$$c ? \frac{r^{1/6}}{n}$$

convirtiéndose en

$$v ? \frac{1}{n} r^{2/3} s^{1/2}$$

- Velocidades mínima y máxima

La velocidad mínima es aquella con la cual no se presentan depósitos de sólidos suspendidos en las atarjeas que provoquen azolves y taponamientos; su valor es de 0.3 m/s, considerando el gasto mínimo. Adicionalmente, debe asegurarse que el tirante correspondiente a esta velocidad tenga un valor mínimo de 1.0 cm en casos de pendientes máximas y de 1.5 cm en casos de pendientes mínimas.

La velocidad máxima es el límite superior de diseño, con el cual se trata de evitar la erosión de las paredes de los conductos y estructuras. Para su revisión se utiliza el gasto máximo extraordinario y los valores de velocidades máximas permisibles de la tabla 2.1 “Velocidades máximas en tuberías” del inciso 2.5.1.

- Pendientes

Las pendientes de las tuberías deberán seguir hasta donde sea posible el perfil del terreno, con objeto de tener excavaciones mínimas, pero tomando en cuenta las restricciones de velocidad del inciso anterior. En los casos especiales en donde las pendientes de los terrenos sean muy grandes, es conveniente que para el diseño se consideren tuberías que permitan velocidades altas. Se debe hacer un estudio técnico - económico para verificar que sea aceptable tener, sólo en casos extraordinarios y en tramos cortos, velocidades de hasta 8 m/s (Ref. 10).

- Diámetros

Diámetro mínimo. Para evitar obstrucciones, el diámetro mínimo en las tuberías de drenaje de aguas negras debe ser de 20 cm.

Diámetro máximo. La selección del diámetro máximo depende de las velocidades permisibles, aprovechando al máximo la capacidad hidráulica del tubo trabajando a superficie libre.

- Datos de proyecto. Resumen general de resultados

Llevados a cabo tanto el proyecto geométrico como el hidráulico del alcantarillado sanitario y cumplida la normatividad anteriormente expresada, se procederá a realizar un resumen de todos los cálculos y consideraciones efectuadas en la memoria de cálculo correspondiente de

acuerdo con la conceptualización primaria. A continuación se presenta el listado de datos referidos a los cálculos realizados.

- ? Población según último censo oficial, en número de habitantes.
- ? Población actual estimada, en número de habitantes.
- ? Población de proyecto, en número de habitantes.
- ? Dotación, en l/hab./día.
- ? Aportación, en l/hab./día.
- ? Sistema (separado de aguas negras).
- ? Fórmulas (Harmon y Manning).
- ? Longitud de la red, en m.
- ? Sistema de evacuación, ya sea por gravedad y/o bombeo.
- ? Sitio de vertido, sea éste colector o planta de tratamiento de aguas residuales.
- ? Coeficiente de previsión (1.1 a 1.5).
- ? Velocidades mínima y máxima, en m/s.
- ? Gastos mínimo, medio, máximo instantáneo, máximo extraordinario, en l/s.

- Planos ejecutivos del proyecto de la red de alcantarillado sanitario

Los planos ejecutivos serán del tamaño especificado y deberán estar enmarcados y dimensionados, así como tener los sellos respectivos de acuerdo con lo que especifique la C.A.D.F. Deberán tener además la cuadrícula de posicionamiento geográfico, indicando su origen y anotando el nombre de todas y cada una de las calles que conformen el desarrollo urbano. Además, en dichos planos se deberán complementar los detalles siguientes:

- ? Croquis de localización, en todas las hojas que conforman el mosaico del plano.
- ? En su caso, croquis del mosaico de las hojas que conforman el plano general.
- ? Orientación magnética o astronómica mediante simbología del Norte.
- ? Escala gráfica y numérica.
- ? Simbología.
- ? Notas constructivas y de referencia.
- ? Detalles de arreglo de pozos de visita, elevaciones y tramos de tubería en los cruceros que lo requieran.
- ? Detalle en corte de la zanja tipo, incluyendo encamado de tuberías y relleno de zanjas, en su caso, en la hoja 1 del mosaico.
- ? Datos de proyecto. Resumen general de resultados.
- ? Cantidades de obra.

### 2.5.3. Redes de alcantarillado pluvial

De acuerdo con el artículo 91 del Reglamento del Servicio de Agua y Drenaje para el Distrito Federal, publicado el 25 de enero de 1990 en el Diario Oficial de la Federación (Ref. 17) los nuevos desarrollos urbanos deberán tener sistemas de drenaje del tipo separado de aguas residuales y pluviales, considerándose como opción del destino final de estas últimas la infiltración al subsuelo, dependiendo de las características geohidrológicas de éste.

#### A) Memoria descriptiva y de cálculo

Deberá contener una descripción pormenorizada de todos y cada uno de los elementos de que quede constituida la red pluvial, así como la justificación de los mismos, tanto hidrológica como sanitaria y de resistencia estructural. Se deberán incluir las memorias de cálculo, tanto la de funcionamiento hidráulico como la de diseño estructural de los pozos de visita y coladeras, además de especificar el suministro y la instalación de tuberías.

#### B) Índice

Con objeto de conocer el contenido de la memoria, deberá estructurarse al inicio de la misma el índice por tema tratado, así como el número de página donde se inicie cada capítulo, inciso, relación de laminas, figuras, cuadros, copia de planos, anexos y cualquier otro material que forme parte de la memoria. Se tendrá cuidado que cuando el índice sea muy detallado y ocupe varias páginas, éstas deberán ser numeradas en forma diferente a la utilizada en el resto del documento.

#### C) Localización del área de proyecto

Se deberá indicar claramente la ubicación del área que cubrirá el proyecto de la red de desagüe, definiendo en su caso las calles perimetrales. Se incluirá también el nombre de la colonia, fraccionamiento o barrio con el que se le denominará, así como la delegación política correspondiente y los bancos de nivel en que se apoyará cualquier trabajo de topografía relacionado con la obra de la red pluvial de atarjeas. En su caso, se definirá la poligonal perimetral, consignándose el cuadro de coordenadas de los vértices de la misma e indicando su origen; en este caso, se señalará también el parteaguas de la cuenca donde quede inscrita dicha área.

#### D) Sinopsis del proyecto

Comprenderá el resumen de los trabajos ejecutados, desde el relacionado a su aspecto conceptual hasta el diseño funcional de la red, pasando por la justificación del trazo, dimensionamiento de la red y sus accesorios.

#### E) Recopilación básica de información

Se deberán reunir las características hidrológicas del área de estudio así como de la cuenca en que se encuentra inserta. Asimismo las bases y criterios para definir el período de retorno de la tormenta de diseño, pendiente promedio del área, tiempo de concentración, coeficiente de escurrimiento e intensidad de la lluvia.

Por otro lado, se deberán enunciar las normas y especificaciones que sirvieron de base para establecer y acotar el proyecto, tanto en su aspecto conceptual como en su trazo horizontal y geométrico. Del mismo modo las fuentes de información documental y cartográfica a las que se recurrió como apoyo, señalando autores y fechas, incluyendo los procedimientos y resultados obtenidos en el levantamiento topográfico y estudios de mecánica de suelos, factibilidad técnica y económica, impacto ambiental, tenencia de la tierra, acarreo de sólidos en suspensión y geohidrológico del subsuelo.

#### F) Objetivo del proyecto

La finalidad es contar con los planos ejecutivos para construir la obra de la red de drenaje pluvial, cuyo diseño se llevará a cabo de acuerdo con los estudios básicos mencionados en el inciso anterior, incluyendo los datos básicos y la conceptualización de la problemática hidrológica, fundamentando estos trabajos en las especificaciones y normas que para este fin tiene establecidas el Gobierno del Distrito Federal (Ref. 9).

#### G) Datos generales de proyecto

Se indicarán todos y cada uno de los datos necesarios para la ejecución del proyecto, como son: el área de la cuenca de aportación, el coeficiente de escurrimiento, el tiempo de concentración, la intensidad, frecuencia y duración de la lluvia, el método de cálculo y la disposición final del afluente, ya sea aprovechándolo para recargar los mantos freáticos, si esto es factible de acuerdo con los estudios de mecánica de suelos y geohidrológico, o descargándolo al colector existente más conveniente.

#### H) Memoria de cálculo

Contendrá todos y cada uno de los cálculos para determinar o justificar: las características y resultantes hidrológicas; área y forma de la cuenca donde se encuentra inscrito el proyecto, así como la pendiente del cauce principal; coeficiente de escurrimiento, tiempo de concentración, intensidad, frecuencia y duración de la lluvia (Ref. 5). Se incluirá también la tabulación geométrica e hidráulica del colector o colectores para verificar las velocidades mínima y máxima del agua dentro de las tuberías, así como la profundidad de las mismas.

#### · Metodología a seguir

El criterio que se proponga para la determinación del gasto pluvial de aportación del área de proyecto, estará basado en el trabajo que conjuntamente llevaron a cabo el Instituto de Ingeniería de la UNAM y la Dirección General de Operación y Construcción Hidráulica, en 1982 (Ref. 9 y Ref. 17). Como resultado de este trabajo se especifica utilizar el método de la Fórmula Racional, el cual se basa en la hipótesis de que sobre el área de aportación, y en un sitio determinado de ésta, se presentará una lluvia con intensidad uniforme durante un tiempo suficiente, denominado de concentración, en el que la lluvia caída en el punto más alejado contribuye al escurrimiento.

Las descargas domiciliarias para el caso de sistemas separados de agua pluvial, serán las que permitan evacuar las aguas pluviales de los lotes, así como las de las coladeras pluviales, ya sean de piso o de banqueta.

La conexión de las descargas domiciliarias con la red general se hará con tubo de concreto, perforando la tubería cuidadosamente para permitir

la entrada del slant; una vez conectado, se procederá a juntar todo el derredor con mortero de cemento-arena en proporción 1:3.

Cuando la acometida sea a tubos de P.V.C, se hará pegando el slant a la tubería mediante el cementante que recomiende el fabricante; una vez pegado, se procederá a perforar la tubería con la herramienta adecuada.

Las conexiones serán tuberías de 15 ó 20 cm de diámetro, dependiendo de la capacidad de captación de las coladeras pluviales.

- Aprovechamiento de los gastos pluviales. Diseño de pozos de absorción

Debido a la gran complejidad del subsuelo de la Ciudad de México, sólo en algunas zonas del poniente y sur se permitirá la libre infiltración del agua de lluvia, ya sea mediante el escurrimiento directo al momento de presentarse ésta o por la libre descarga de las aportaciones de la red pluvial.

En este caso, la disposición final de las aguas pluviales se realizará de acuerdo con el resultado del Estudio de Factibilidad de Servicios Hidráulicos llevado a cabo para tal fin, el cual determinará en su caso el sistema de infiltración respectivo.

De resultar factible facilitar la filtración al subsuelo, se procederá a diseñar el sistema correspondiente de pozos de absorción.

El gasto de diseño corresponderá al máximo que resulte del cálculo pluvial, mediante el método racional analítico.

La profundidad y el diámetro del pozo se deberán diseñar con base en el coeficiente de permeabilidad y espesor del estrato donde se pretenda realizar la infiltración. Este coeficiente deberá estar debidamente sustentado mediante el previo estudio geológico respectivo, el cual definirá si el pozo requiere drenes radiales.

Elementos que constituyen el sistema de infiltración:

- ? Estructura receptora de la descarga de una o más redes de drenaje pluvial.
- ? Eliminadores de basura y partículas de suelo que pudieran alterar la estructura del acuífero y las velocidades del flujo dentro del mismo.
- ? Pozo de absorción.
- ? Se podrá optar por el sistema de infiltración de agua pluvial que convenga, siempre que se garantice no dañar ecológicamente el subsuelo.

- Datos de proyecto. Resumen general de resultados

Se presentará el resumen general de los datos de proyecto y de resultados obtenidos de los cálculos realizados, a saber:

- ? Áreas de aportación de acuerdo con el uso del suelo
- ? Coeficiente de escurrimiento en función de la permeabilidad del suelo y la vegetación existente
- ? Período de retorno de las lluvias
- ? Longitud y pendiente del cauce principal
- ? Tiempo de concentración, exterior e interior
- ? Intensidad de lluvia
- ? Gasto máximo pluvial
- ? Sistema de drenaje a utilizar, separado, combinado o mixto
- ? Disposición final de las aguas pluviales
- ? Coeficiente de permeabilidad
- ? Método de cálculo utilizado
- ? Fórmulas empleadas

- Planos ejecutivos del proyecto

Los planos ejecutivos de la red pluvial deberán contener además de la información inherente al diseño como es el trazo horizontal y la representación geométrica vertical del mismo, la siguiente información:

- ? Croquis de localización del área y cuenca de aportación
- ? Simbología convencional
- ? Orientación en planta

- ? Escala numérica y gráfica
- ? Notas constructivas y de referencia
- ? Zanja tipo y encamado de la tubería
- ? Longitud, pendiente y diámetro de cada tramo
- ? Croquis de localización de hojas, si el plano es mosaico
- ? Resumen general de los datos de proyecto (en la primera hoja del mosaico, en su caso)
- ? Detalles de estructuras típicas conexas, como pozos de visita común, especial y de caja, brocal y tapa de fierro fundido o de concreto reforzado, coladera pluvial de piso o banqueta con rejilla tipo de fierro fundido o concreto reforzado, así como las descargas domiciliarias de lote y de coladera pluvial.
- ? En su caso, planos de los elementos que constituyen el sistema de infiltración, planta, perfil y cortes representativos de los diseños funcionales hidráulicos y estructurales de la caja receptora de las descargas de una o más redes de drenaje pluvial, de los eliminadores de basura y partículas de suelo y del pozo de absorción.

## 2.6 Instalaciones hidrosanitarias en edificios

### 2.6.1 Alcance

Las instalaciones hidrosanitarias en edificios, cualquiera sea su uso se enuncian a continuación:

- ? Instalaciones hidráulicas.
- ? Instalaciones contra incendio.
- ? Instalaciones sanitarias y de desagüe pluvial.

### 2.6.2 Datos de proyecto

En términos generales, las necesidades de agua potable demandadas por empleados o trabajadores se considerarán por separado a razón de 100 l/trabajador/día, en donde se requieran baños con regadera, y 40 l en caso contrario.

Se tomarán como población y dotación de proyecto, en caso de edificios o unidades habitacionales, el número de recámaras con dos ocupantes por recámara, y en los casos de edificios comerciales o de servicios e industrias la que se presenta en la tabla 2-13.

TABLA 2-13.- Dotación mínima de agua potable.

TIPOLOGÍA	DOTACIÓN
<b>I. HABITACIONAL</b>	
I.1 Vivienda de hasta 90 m <sup>2</sup> construidos	150 l/hab./día
I.2 Vivienda mayor de 90 m <sup>2</sup> construidos	200 l/hab./día
<b>II. COMERCIAL</b>	
II.1 Comercios	6 l/m <sup>2</sup> /día
II.2 Mercados públicos y tianguis	100 l/puesto/día
<b>III. SERVICIOS</b>	
III.1 Servicios administrativos y financieros	50 l/persona/día
III.1 Oficinas de cualquier tipo	
III.2 Servicios automotrices	100 l/trabajador/día

TABLA 2-13 (continuación)

TIPOLOGÍA	DOTACIÓN
III.3 Servicios diversos	

III.3.1 Baños públicos	300 l/bañista/día
III.3.2 Servicios sanitarios públicos	
III.3.3 Limpieza	40 l/kg ropa seca
III.3.4 Otros servicios	100 l/trabajador/día
III.3.5 Dotación para animales, en su caso	25 l/animal/día
III.4 Servicios de salud y asistencia	
III.4.1 Atención médica a usuarios externos	12 l/sitio/paciente
III.4.2 Servicios de salud a usuarios internos	800 l/cama/día
III.4.3 Orfanatorios y asilos	300 l/huésped/día
III.5 Educación, ciencia y cultura	
III.5.1 Educación preescolar	20 l/alumno/turno
III.5.2 Educación básica y media	
III.5.3 Educación media superior y superior	25 l/alumno/turno
III.5.4 Institutos de investigación	25 l/alumno/turno
III.5.5 Museos y centros de información	50 l/persona/día
	10 l/asistente/día
III.6 Centros de reunión	
III.6.1 Servicios de alimentos y bebidas	12 l/comida/día
III.6.2 Espectáculos y reuniones	10 l/asistente/día
III.6.3 Recreación social	25 l/asistente/día
III.6.4 Prácticas deportivas con baños y vestidores	150 l/asistente/día
III.6.5 Espectáculos deportivos	10 l/asiento/día
III.6.6 Lugares de culto Templos, iglesias y sinagogas	10 l/asistente/día
III.7 Servicios turísticos	
III.7.1 Hoteles, moteles, albergues y casas de huéspedes	300 l/huésped/día
III.7.2 Campamentos para remolques	200 l/persona/día

TABLA 2 -13 (continuación)

TIPOLOGÍA	DOTACIÓN
III.8 Seguridad	
III.8.1 Defensa, policía y bomberos	200 l/persona/día
III.8.2 Centros de readaptación social	200 l/interno/día
III.9 Servicios funerarios	
III.9.1 Agencias funerarias	10 l/sitio/visitante
III.9.2 Cementerios, crematorios y mausoleos	100 l/trabajador/día
III.9.3 Visitantes a cementerios, crematorios y mausoleos	10 l/sitio/visitante
III.10 Comunicaciones y	

transportes	
III.10.1 Estacionamientos	8 l/cajón/día
III.10.2 Sitios, paraderos y estaciones de transferencia	
III.10.3 Estaciones de transporte y terminales de autobuses foráneos	100 l/trabajador/día
III.10.4 Estaciones del sistema de transporte colectivo	10 l/pasajero/día
	2 l/m <sup>2</sup> /día
<b>IV. INDUSTRIA</b>	
IV.1 Industrias	100 l/trabajador/día
<b>V. INFRAESTRUCTURA</b>	
V.1 Equipamiento e infraestructura Aplica las necesidades de uso y funcionamiento y además los índices de los locales correspondientes.	100 l/trabajador/día
<b>VI. ESPACIOS ABIERTOS</b>	
	100 l/trabajador/día

Para el cálculo de volúmenes de regulación se consideran las unidades mueble de cada mueble o centro de consumo de agua, tanto fría como caliente según se muestran en la tabla 2-14 En el cálculo se sumarán las unidades mueble a partir del punto más alejado del punto de alimentación para tener los consumos acumulados en cada tramo de la tubería de distribución, para el cálculo de su diámetro y las pérdidas en ella.

Para transformar las unidades mueble en gastos se utilizará el diagrama de Hunter actualizado para dispositivos ahorradores de agua.

TABLA 2-14.- Unidades - mueble para instalaciones hidráulicas

Mueble	Unidades - Mueble		
	Total	Agua fría	Agua caliente
Artesa	2	1.5	1.5
Bebadero	2	1.5	1.5
Cocineta	1	1	
Fregadero	2	1.5	1.5
Grupos de baño (WC con fluxómetro)			
WC-R-L	3	3	1.5
WC-R	3	3	1.5
WC-L	3	3	1
L-R	2	1.5	1.5
Grupos de baño (WC con tanque)			
WC-R-L	2	1.5	1.5
WC-R	2	1.5	1.5
WC-L	2	1	1
Inodoro con fluxómetro	3	3	
Inodoro con tanque	1	1	
Lavabos	2	1	1
Mingitorio con fluxómetro	3	3	
Mingitorio con llave de resorte	2	2	

Regaderas	2	1.5	1.5
Vertederos	1	1	
Lavadora de loza	10		10
Lavadoras (por kg de ropa seca)			
Horizontales	3	2	2
Extractores	6	4	4

La Administración del Distrito Federal no autorizará dotación de agua potable para los servicios de riego de áreas verdes, para el lavado de vehículos, ni para la condensación del refrigerante en sistemas de aire acondicionado, por lo que para satisfacer esta demanda se deberá recurrir al empleo de agua residual a un nivel terciario o pluvial.

### 2.6.3 Instalaciones hidráulicas

Las líneas y redes de distribución de agua potable deberán ser desinfectadas antes de entrar en operación y cuidar que por ellas fluya el agua cuando menos con la velocidad mínima para evitar azolve que con el tiempo degeneren en escamas permanentes que contaminen dicho flujo.

Las instalaciones de infraestructura hidráulica y sanitaria que deban realizarse en el interior de predios de conjuntos habitacionales, industriales, comerciales, de servicios, mixtos y otras edificaciones de gran magnitud que requieran de licencia de uso del suelo, deberán sujetarse a las disposiciones que emita la Administración.

Las instalaciones hidráulicas de baños y sanitarios deberán tener llaves de cierre automático o aditamentos economizadores de agua; los excusados tendrán una descarga máxima de seis litros en cada servicio; las regaderas y los mingitorios tendrán una descarga de diez litros por minuto, y los dispositivos de apertura y cierre de agua que evite su desperdicio; los lavabos, tinas, lavaderos de ropa y fregaderos tendrán llaves que no permitan más de diez litros por minuto.

#### A) Cálculo de pérdidas de carga en las tuberías y piezas de distribución.

Se usará la fórmula de Manning, considerando el área interior de las tuberías según información comercial de los fabricantes de cada uno de los tubos, ya sean de cobre, fierro galvanizado, acero o cloruro de polivinilo.

Las presiones mínimas del agua en los muebles y llaves está dada en la tabla 2-15.

TABLA 215.- Cargas mínimas de trabajo

Mueble o equipo	Diámetro	Carga de trabajo
	mm	m.c.a.
Inodoro (fluxómetro)	32	10
Inodoro (tanque)	13	3
Lavabo	13	3
Lavadero	13	3
Mingitorio (fluxómetro)	25	10
Mingitorio (llave de resorte)	13	5
Regadera	13	10
Salida para riego con manguera	19	17

TABLA 215.- Cargas mínimas de trabajo

Mueble o equipo	Diámetro	Carga de trabajo
	mm	m.c.a.
Vertedero de aseo	13	3
Fregadero (por mezcladora)	13	3
Lavadora de loza	13	14

El cálculo de las presiones en las llaves de los centros de consumo se hará partiendo del mueble más desfavorable desde el punto de vista de ubicación topográfica y lejanía del punto de alimentación general, acumulando las pérdidas de carga tanto de la tubería como de las válvulas y piezas especiales. Cuando exista, se iniciará el cálculo por la red de agua caliente.



El cálculo de pérdidas de carga en válvulas y piezas especiales se hará por el método de longitudes de tubería recta equivalente, de acuerdo con las tablas 6.7, 6.8 y 6.9 de la referencia 29.

#### B) Tanques y cisternas

Los edificios deberán contar con las cisternas que de acuerdo con el destino de la industria o edificación sean necesarias, para tener una dotación, para no menos de tres días en caso de que por alguna razón, llegara a faltar el vital líquido.

Las cisternas deberán ser construidas con concreto reforzado, al que se adiciona un aditivo impermeabilizante integral y utilizando además cemento tipo V.

Todas las cisternas deberán ser completamente impermeables y tener registros con cierre hermético y sanitario y ubicarse a tres metros, cuando menos, de cualquier tubería de aguas negras; deberán además lavarse y desinfectarse cuando menos cada seis meses o antes si se detecta visualmente que está en condiciones desfavorables de higiene.

Salvo lo que resulte del análisis estructural, los muros y losa de desplante de las cisternas no tendrá un espesor menor de 20 cm, garantizando el estancamiento en ambos lados de la cisterna; de otra manera, puede ocurrir, debido a la calidad del suelo del valle de México que agua del nivel freático pudiera filtrarse al interior de la cisterna por diferencia de presiones.

El agua que llegue a las cisternas deberá ser estudiada periódicamente por un laboratorio para comparar la calidad antes y después de llegada, con la finalidad de revisar si se ha contaminado por filtración externa.

Para la distribución de agua al interior de un edificio, se colocará un solo tanque en la parte superior del mismo, con la capacidad equivalente formado por tinacos, para la utilización prorrateada del usuario.

Todas las estructuras almacenadoras de agua deberán contar con tapas de cierre hermético, lavarse y desinfectarse cuando menos cada seis meses o antes si se detecta visualmente que están en condiciones desfavorables de higiene.

Todos los tinacos antes del codo de bajada deberá tener un dispositivo para el desalojo del agua para el lavado y mantenimiento del mismo; acto seguido se deberá localizar una válvula de control, posterior a lo mencionado, al iniciar la bajada se localizará el jarro de aire el cual tendrá una altura mayor que el máximo nivel de agua en el tinaco.

Los tinacos deberán colocarse a una altura de, por lo menos, dos metros arriba del mueble sanitario más alto. Deberán ser de materiales inocuos y tener registros con cierre hermético.

La tubería de distribución del tinaco deberá ir a una altura paralela al piso 30 cm con la finalidad de colocar un recipiente para coleccionar el agua de lavado del tinaco, ya que ésta no debe escurrir en el acabado de la ya mencionada azotea.

#### C) Tubería

La tubería que conforme la red de agua potable en los edificios, será principalmente de los siguientes materiales: cobre y fierro galvanizado y de fabricación nacional; la tubería de P. V. C. se podrá utilizar siempre y cuando cumpla con las especificaciones requeridas en el proyecto. Se podrán emplear otros tipos de materiales siempre y cuando lo aprueben las autoridades competentes.

La tubería de cobre del tipo para soldar deberá cumplir con la norma NOM - W - 17 - 1981.

Para la unión de los tramos de esta tubería se utilizará soldadura de hilo y pasta fundente conforme a lo siguiente:

? Soldadura de estaño No. 50 cuando se trate de agua fría y columnas de doble ventilación

? Soldadura de estaño No. 95 cuando se trate de conducción de agua caliente.

Cuando el material de conducción sea de fierro galvanizado éste deberá ser del tipo "A" de la cédula que se indica en el proyecto, que cumplan con la norma NOM - B - 10 - 1981.

Todas las conexiones de fierro galvanizado, en la parte macho deberá aplicarse un compuesto especial o cinta de teflón, la cual debe aplicarse

siempre que se conecte tubería de fierro galvanizado con piezas especiales, válvulas de cobre, bronce acero o cualquier otro material.

Todas las tuberías metálicas enterradas antes de su colocación deberán ser pintadas con pintura anticorrosiva y deberán ir a 30 cm bajo el nivel del jardín a menos que se especifique una mayor profundidad en el proyecto.

En el caso de emplear otro tipo de material especificado en el proyecto, este deberá estar protegido contra la corrosión, impactos mecánicos y en su caso, del fenómeno de la electrólisis; estos materiales deberán tener la aprobación de las normas ecológicas vigentes, para tener la seguridad que no contaminen el agua que conducen ni el estrato que las contiene.

Con la finalidad de tener el control de eficiencia de la tubería que se ha instalado en los edificios, se deberán realizar pruebas que determinen que el coeficiente de rugosidad ? del material de fabricación de la tubería no ha cambiado.

#### D) Conducción de agua caliente

Toda tubería que habiendo salido de una caldera conduciendo agua caliente o vapor de agua para el servicio de baños públicos o privados, una vez aprobados, se procederá a recubrir con material aislante de calor con el espesor que el fabricante recomiende y garantice

#### 2.6.4 Instalaciones contra incendio

Cuando se trate de edificaciones clasificadas como de riesgo mayor, deberá proveerse de una capacidad de almacenamiento de agua para cisternas contra incendio, de acuerdo con lo estipulado en el Artículo 122 del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal vigente. Para satisfacer esta demanda podrán aprovecharse las aguas pluviales captadas dentro de la edificación (previo filtrado).

El sistema contra incendio debe contar con una estructura almacenadora de cuando menos cinco litros de agua por metro cuadrado de construcción tomando en cuenta losas de techo y piso así como muros pero no menor de 20,000 l siempre y cuando se trate de edificaciones de hasta 4,000 m<sup>2</sup> de construcción; este volumen debe mezclarse con el volumen destinado a servicios con el fin de permitir la renovación del agua potable, ambos volúmenes estarán en la misma cisterna dejando siempre el tirante de agua destinado exclusivamente al sistema contra incendio.

Se deberá proyectar y construir una red hidráulica para alimentar directa y exclusivamente las mangueras contra incendio instaladas en los gabinetes respectivos

Se deberá colocar una toma siamesa por fachada o bien una por cada 90 m de fachada.

Se deberán colocar gabinetes con salidas y mangueras contra incendio, las cuales deberán cubrir un área de 15 y 30 m radiales, de acuerdo con las necesidades del inmueble.

La ubicación de los gabinetes será tal, que al punto donde se inicie el siniestro, se llegue con cualquiera de los hidrantes ubicados en esa zona.

#### A) Gastos de diseño

Se considerará un gasto de 2.82 l/s por cada hidrante, suponiendo, en función del área construida del edificio, el número de hidrantes en uso simultáneo, de acuerdo con la tabla 2-16-.

TABLA 2-16.- Hidrantes simultáneos en uso

Área construida (m <sup>2</sup> )	No. de hidrantes
2500 - 5000	2
5000 - 7500	3
más de 7500	4

#### B) Diámetros de las tuberías de distribución

Los diámetros de las tuberías de alimentación a un hidrante serán de 50 mm; a dos hidrantes, de 64 mm; a tres hidrantes, de 75 mm, y a cuatro hidrantes, de 75 mm hasta 1000 m de longitud y de 100 mm para longitudes mayores.

Las tuberías de 50 mm serán de cobre tipo M y las de 64 mm y mayores serán de acero cédula 40, sin costura, con uniones soldadas con

soldadura eléctrica de baja temperatura de fusión, 50 % plomo y 50 % estaño, con fundente no corrosivo, o bridadas. Todos los tubos deberán pintarse con pintura de aceite color rojo.

C) Válvulas

Para la alimentación a cada hidrante se usará una válvula de compuerta angular roscada si es de 50 mm de diámetro, o bridada si es de 64 mm o mayor, todas ellas clase 8.8 kg/cm<sup>2</sup>.

D) Reductores de presión

Cuando se tenga una presión del lado de la manguera del hidrante mayor de 4.2 kg/cm<sup>2</sup>, se utilizará un dispositivo de orificio calibrado para reducir la presión y dejar pasar 2.8 l/s; el diámetro del orificio calibrado se calculará con la expresión

$$d = \frac{36.155}{(c \cdot 42)^{0.25}}$$

donde:

- d diámetro del orificio
- c carga disponible en la válvula angular del hidrante, en m.c.a.

La presión máxima en la red de distribución de agua contra incendio será de 8 kg/cm<sup>2</sup>; en caso de que por desnivel topográfico se tenga una mayor presión, se dividirá la red en dos o más zonas de distribución.

2.6.5 Otro sistema de distribución de agua

Como una variante de lo propuesto también se podrá dotar del agua necesaria a un edificio mediante un sistema hidroneumático con lo cual los inacos dejan de tener utilidad.

Si se llegara a utilizar el sistema de hidroneumáticos se requerirá siempre de una instalación adicional de otro hidroneumático que funcione en caso de emergencia o de manera alternada.

Cuando los sistemas de drenaje de la edificación sean de tipo separado (sanitario y pluvial), se deberá aprovechar al máximo el uso de las aguas pluviales captadas en las épocas de lluvias, con la finalidad de fomentar el ahorro de agua potable. Esta disposición se observará particularmente en industrias cuyos procesos no requieran uso obligatorio de agua potable.

Para el caso de las industrias, es obligatorio el que aprovechen las aguas pluviales a captar dentro del predio, debido a que la mayoría de éstas en algunos procesos, no requieren el uso obligatorio de agua potable.

Las edificaciones que requieran de licencia de uso del suelo se deberán sujetar a lo dispuesto por la legislación ambiental y demás ordenamientos aplicables. Estas edificaciones deberán contar con instalaciones para separar las aguas pluviales, jabonosas y negras, las cuales se canalizarán por sus respectivos albañales para su uso, aprovechamiento o desalojo.

El número de muebles sanitarios en las diferentes edificaciones no será menor al determinado por la tabla 2-17:

TABLA 2-17.- Muebles sanitarios en las edificaciones

Tipología	Magnitud	Ex.	Lav.	Reg.
<b>II. COMERCIAL</b>				
	Hasta 25 empleados	2	2	0
	De 26 a 50	3	2	0
	De 51 a 75	4	2	0
	De 76 a 100	5	3	0
	Cada 100 adicionales o fracción	3	2	0

TABLA 2 -17 (continuaci ón)

Tipología	Magnitud	Ex.	Lav.	Reg.
<b>III. SERVICIOS</b>				
III.1 Servicios administrativos y financieros				
III.1.1 Oficinas de cualquier tipo	Hasta 100 personas	2	2	0
	De 101 a 200	3	2	0
	Cada 100 adicionales o fracción	2	1	0
III.2 Servicios automotrices	Hasta 100 personas	2	2	0
	De 101 a 200	3	2	0
	Cada 100 adicionales o fracción	2	1	0
III.3 Servicios diversos				
III.3.1 Baños públicos	Hasta 4 usuarios	1	1	2
	De 5 a 10	2	2	3
	De 11 a 20	3	3	4
	De 21 a 50	4	4	8
	Cada 50 adicionales o fracción	3	3	4
III.4 Servicios de salud y asistencia				
III.4.1 Salas de espera	Hasta 100 personas	2	2	0
	De 101 a 200	3	2	0
	Cada 100 adicionales o fracción	2	1	0
III.4.2 Cuartos de camas	Hasta 10 camas	1	1	1
	De 11 a 25	3	2	3
	Cada 25 adicionales o fracción	1	1	1
III.4.3 Empleados	Hasta 25	2	2	0
	De 26 a 50	3	2	0
	De 51 a 75	4	2	0
	De 76 a 100	5	3	0

TABLA 2 -17 (continuaci ón)

Tipología
-----------