

La válvula (ventosa) se ubicará directamente sobre la rama vertical de la "T" encima de la conductora para diámetros mayores de 400 mm y profundidades de excavación hasta la corona de la tubería de (1 a 1,2) m como máximo. Para mayores diámetros y profundidades de excavación la válvula podrá instalarse en un registro aparte de menores dimensiones.

Se requiere en todos los casos una válvula de cierre en la línea de conexión antes de la válvula de salida de aire.

En el caso de conductoras de grandes diámetros, tuberías de paredes delgadas o trazadas excesivamente accidentadas se calculará la capacidad de evacuación del aire que tendrá la válvula.

Cuando se tengan presiones de trabajo menores de 0,05 MPa (0,5 atm) en el punto alto podrá sustituirse la válvula (ventosa) por una columna piezométrica de acuerdo al diámetro calculado; protegida mediante un gorro y una malla fina como protección sanitaria.

- Amortiguador del golpe de ariete

Se calculará la magnitud del golpe de ariete sobre la conductora y se analizarán económicamente los métodos adecuados para la protección de la sobrepresión mediante la utilización de:

- a) Válvulas de alivio
- b) Supresores de golpe de ariete
- c) Sistema hidroneumático
- d) Reforzamiento de la tubería
- e) Otros.

Para el método de cálculo según la expresión de Yakosuky véase Apéndice Z.

- Bloques de apoyo y contrafuertes

Aunque las tuberías se seleccionan de modo que resulten capaces de resistir la presión máxima en el tramo considerado se calcularán los empujes producidos por cambio de dirección, extremos muertos, derivaciones y otros, proyectándose los anclajes requeridos para contrarrestar el empuje resultante.

El dimensionamiento de los bloques se calculará por métodos estructurales.

En el Apéndice Y aparece un ejemplo de método de cálculo.

- Registro

Los accesorios se ubicarán dentro de registro que faciliten su inspección y mantenimiento.

- Cuando se requiera proyectar un registro por características específicas se tendrán en cuenta las siguientes distancias mínimas:

Hasta las paredes de los mismos:

- a) Tuberías con diámetro hasta 400 mm --- 30 cm
- b) Tuberías con diámetros de (450 a 750)mm --- 50 cm
- c) Tuberías con diámetros mayores de 750 mm --- 70 cm

Hasta la bocina o junta:

- a) Tuberías mayores de 500 mm ---- 50 cm
- b) Tuberías menores de 500 mm ---- 30 cm

Desde el fondo del registro para todos los diámetros 30 cm.

Además de las dimensiones mínimas anteriores se tomará el mayor valor que corresponde de acuerdo a la profundidad del registro según la tabla 7.

Tabla 7

Profundidad (m)	Dimensión mínima del diámetro o lado del registro (m)
Menor que 1	0,80
De 1 a 2	1
De 2 a 3	1,2
De 3 a 4	1,5
Mayor que 4	1,6

Los registros con profundidades mayores de 1,5 m se construirán con pasos de escalera de acero que permitan el acceso a los mismos.

Las tapas de los registros se proyectarán a 0,30 m por encima del nivel del terreno natural, proyectándose a ras (mismo nivel) cuando coincidan con superficies terminadas.

- En conductoras de diámetros mayores de 1 m o túneles se construirán registros de acceso cada (500 a 600) m que además resulten útiles durante la construcción e imprescindibles para la inspección y mantenimiento.

6. Redes de distribución

Comprende el conjunto de tuberías y accesorios que tienen la finalidad de proporcionar el agua al usuario.

El diseño hidráulico comprende los siguientes casos:

- Redes ramificadas
- Redes malladas.

Utilizándose preferentemente el proyecto mediante redes malladas.

El período de diseño para las redes de distribución no será menor de 20 años.

- 6.1 Consideraciones generales. Se tomarán en cuenta para el proyecto de las redes de distribución todos los aspectos señalizados en 5.1 según corresponda, además de las que se especifican a continuación:

- Ubicación de las tuberías

La ubicación de las tuberías en la sección transversal de las calles se llevará a cabo de acuerdo con las especificaciones para las obras situadas debajo del nivel de la vía.

La distancia entre tuberías principales será de (400 a 600) m.

En vías principales y calles de una anchura no mayor de 15 m se proyectarán dos tuberías, una conducirá el agua según el diseño hidráulico y la otra conducirá solamente el agua para las necesidades de los usuarios por donde pasa la misma.

En las calles donde se proyectan tuberías con un diámetro mayor de 300 mm se proyectará una segunda tubería para la distribución del agua para los usuarios y la demanda contra incendios.

Cuando se proyecten en una zanja dos tuberías o más para agua potable la anchura de la zanja se determinará por la fórmula siguiente:

$$B = (D_1 + 60) + \sum (D_n + 30) \quad \text{cm}$$

donde:

B anchura de la zanja (cm)

D_1 diámetro de la tubería básica (cm)

D_n diámetro de las tuberías adicionales

El fondo de la zanja se amplía y profundiza con (30 a 40) cm para una longitud de (50 a 80) cm en los lugares donde se conectan las tuberías o piezas especiales.

6.2 Criterios de proyecto

Las tuberías de la red se denominan de acuerdo a la magnitud del diámetro e importancia dentro del sistema en:

- Alimentación o maestras
- Principales o ramales
- Secundarias o relleno.

El caudal suministrado por el total de líneas de alimentación a la red garantizará el caudal máximo horario.

El diámetro mínimo de las tuberías en la red de distribución será de 100 mm.

Los diámetros de las tuberías de la red se calculan para el caudal máximo horario.

En las conexiones de tuberías en los cruces, entronques, cambios de

dirección y válvulas de control se utilizarán piezas especiales de acuerdo al material de las tuberías de la red, empleándose en el proyecto los símbolos de la nomenclatura adoptada para el cálculo hidráulico.

Las conexiones domiciliarias o acometidas se proyectarán para un diámetro mínimo de 13 mm, resultando obligatorio adicionar un medidor de caudales para los grandes consumidores.

Las acometidas se conectarán a las tuberías secundarias o de relleno y se componen de:

- Injerto en la tubería distribución
- Tubería de cobre flexible tipo K o material plástico (P.V.C)
- Llave de macho

Medidor de consumo

- Registro.

La velocidad admisible dentro de las tuberías de la red estará comprendida entre (0,40 a 3) m/s para todas las alternativas de cálculo.

La presión mínima en la red será de 0,24 MPa (2,4 atm) para el caso de poblaciones con edificios multiplantas y de 0,14 MPa (1,4 atm) para poblaciones con edificaciones de 1 ó 2 plantas. La presión máxima no sobrepasará de 0,5 MPa (5 atm).

La ubicación de válvulas en la red obedece a un estudio técnico económico que facilite la regulación en zonas de suministro deficitario y garanticen la no interrupción del servicio a todo el núcleo en caso de roturas y se registrarán por los siguientes aspectos:

- La topografía del terreno y las presiones en la red
- No podrán mantenerse sin servicio tramos mayores de 500 m en caso de reparaciones o roturas
- Se ubicarán en las tuberías principales y en el interior de los circuitos en las tuberías secundarias o relleno a la salida de las tuberías principales
- En el ramal de tuberías que alimenta desde la red al hidrante contra incendios.

La elección del registro para su adecuada operación será de acuerdo con los proyectos típicos.

Las válvulas de diámetros mayores e igual a 200 mm se instalarán protegidas por un registro y las menores por una caja telescópica.

6.3 Servicio contra incendios

La demanda de protección contra incendios será de 16 L/s.

En poblaciones menores de 50,000 habitantes, el diseño de la red se verificará para el punto más crítico sumando el caudal máximo horario

y la demanda contra incendios. En poblaciones mayores que 50 000 habitantes no se considerará esta demanda.

Los tanques mantendrán un volumen mínimo de 115 m^3 como reserva contra incendios.

La ubicación de hidrantes contra incendios asegurará la protección de un radio entre (100 y 150) m de acuerdo a la presión de trabajo del sistema de acueducto.

Se emplearán hidrantes de tipo columnas de 100 mm con tomas de manguera que se correspondan con la técnica de incendio existente en el país.

Cuando las condiciones técnico-económicas la justifiquen, en lugar de hidrantes se podrán proyectar tomas de incendios previa consulta con la DGPEI del MININT.

- Los hidrantes se conectarán a tuberías cuyo diámetro mínimo es de 100 mm.

La presión requerida para la protección contra incendios se obtendrá preferentemente mediante las bombas del equipo contra incendios no obstante se garantizará en el punto crítico una presión de entrega de 0,07 MPa (0,7 atm) sobre la rasante de la calle.

Aquellas instalaciones que por su importancia económica, tipo de producción o almacenamiento de materiales requieran condiciones especiales adicionales de protección contra incendios deberán tomar las medidas interiores que aseguren esta protección.

6.4 Diseño hidráulico

- 6.4.1 Para el diseño hidráulico de la red de distribución se tendrá en cuenta la necesidad de mantener el servicio de entrega normal ($Q_{\text{máx}}/h$) para una presión en el punto crítico de 0,14 MPa (1,4 atm) ó 0,24 MPa (2,4 atm) según el caso. Además se comprobará la red para el caso de consumo de incendio ($Q_{\text{máx}}/h + Q_{\text{incendio}}$) y una presión en el punto crítico de 0,07 MPa (0,7 atm).

La determinación de los caudales que deberá conducir la red de distribución se hará de acuerdo al número de habitantes y la norma de consumo correspondiente y los coeficientes de irregularidad máximo diario (K_1) y máximo horario (K_2).

Se tendrá en cuenta así mismo los puntos críticos de la red definiéndose éstos como el punto más alejado desde la entrega y el punto más alto topográficamente de la red o ambos.

La determinación de los diámetros de las tuberías se hará mediante el empleo de la fórmula de Willians-Hazen teniendo en cuenta la energía disponible para las pérdidas por fricción.

En el diseño hidráulico de la red deberá tenerse en cuenta los siguientes casos:

- Diseño hidráulico de redes ramificadas
- Diseño hidráulico de redes malladas.

6.4.2 Diseño hidráulico de redes ramificadas

- Para el diseño hidráulico, el sistema ramificado se utiliza preferentemente en poblaciones pequeñas donde suelen faltar calles o caminos de enlace para los ramales extremos y donde no resultará económico el empleo de tuberías de contra en la periferia del pueblo donde la población es escasa. Se dividirá la población en distritos de distribución cuyas magnitudes se determinarán según el caso y la precisión de los cálculos
- Para la determinación de los diámetros de las maestras y tuberías principales se supondrá que el agua se consume concentrada en una serie de puntos que vendrán determinados por los puntos de conexión de dichas tuberías con objeto de simplificar el número de elementos en el sistema para el cálculo de las pérdidas de carga
- Los centros de gravedad de los distritos de distribución deberán coincidir con los puntos de concentración de los gastos.
- El consumo ordinario ($Q_{\text{máx}}/h$) de los distritos se obtiene multiplicando el consumo específico por la densidad de población por el área del distrito y por los coeficientes de irregularidad máximo diarios (K_1), y máximo horarios (K_2).
- La demanda máxima ($Q_{\text{máx}}/h + Q_{\text{incendio}}$) se utilizará en el diseño de las tuberías principales en poblaciones menores de 50 000 habitantes.

Para el cálculo de las demandas en los distritos de distribución se tendrá en cuenta:

- Número del distrito
- Area en hectáreas
- Densidad de población (habitantes/ha)
- Población en habitantes
- Dotación (litros/habitantes/día)
- Demanda promedio (L/s)
- Coeficiente máximo diario (K_1)
- Coeficiente máximo horario (K_2).

Para el cálculo del diámetro de las tuberías se tendrá en cuenta la pérdida por fricción permisible en función de la carga disponible, teniendo en cuenta los datos siguientes:

- Número del distrito
- Tramo de tubería: Desde - Hasta
- Longitud del tramo (m)
- Diámetro del conducto (m)
- Demanda máxima (L/s)
- Velocidad (m/s)

- Pendiente hidráulica (m/m)
- Pérdidas por fricción (m)

La comprobación final de los diámetros asumidos para la maestra y tuberías principales deberá garantizar la carga mínima en el punto crítico de la red de acuerdo a la carga disponible a partir de los puntos de alimentación.

6.4.3 Diseño hidráulico de redes malladas

- El sistema mallado se empleará en poblaciones que así lo meriten y donde se cuente con un núcleo poblacional suficientemente desarrollado en toda el área urbana incluida su periferia.
- Se dividirá la población en distritos cuya magnitud dependerá del gasto del proyecto
- Los nudos deberán aproximarse lo más posible a los centros de gravedad de los distritos considerados
- Se considerará que toda el agua de cada distrito se concentre para su entrega en el nudo correspondiente
- El cálculo de los diámetros de la red se hará para las necesidades de servicio normal ($Q_{\text{máx}}/h$) y para situaciones extraordinarias de incendios ($Q_{\text{máx}}/h + Q_{\text{incendio}}$) en poblaciones menores de 50 000 habitantes
- La determinación de los caudales se hará en base al área del distrito, densidad de población, norma de consumo medio y coeficiente de irregularidad máximo diario (K_1) y máximo horario (K_2). Para ello se utilizará el cálculo de la demanda de los distritos de distribución de acuerdo a lo establecido para ello en 6.4.2.

Para efectuar los cálculos correspondientes se tabularán los datos de acuerdo al método de balance de cargas establecido en el Anexo.

7. Obras de regulación

Comprende los depósitos dentro del sistema de acueducto que proporcione los caudales complementarios para los períodos críticos y aseguren el servicio eficiente en la red.

Se calcularán para un período de diseño no mayor de 20 años.

7.1 Localización, El lugar para la ubicación de los tanques se basa en los siguientes aspectos:

- Área de mayor altura en relación con la zona a abastecer
- Posibilidad de utilización de áreas complementarias o cercanas que faciliten los trabajos de construcción
- Adecuada capacidad soportante del suelo
- Facilidad de drenaje

- Cercanía de la distribución de agua al centro de gravedad del sistema.

Para determinar la situación del tanque con respecto a la fuente de abasto se analizará en cada caso según:

- Topografía del terreno
- Ubicación de la fuente de abasto
- Condiciones propias de la red acueducto.

7.2 Determinación del volumen. El volumen útil del tanque se calculará para satisfacer la demanda de consumo y la reserva contra incendios.

La demanda de consumo se obtienen de acuerdo a los resultados de mediciones periódicas en los sistemas de distribución y el caudal máximo diario, calculándose por métodos analíticos o gráficos para (16 a 24) h de bombeo.

En caso de no disponer de la variación de consumos diarios se calculará en base a lo siguiente:

- Tanque apoyado --- (30 a 50) % $Q_{\text{máx día}}$
- Tanque elevado --- (10 a 15) % $Q_{\text{máx día}}$

En conductoras mayores de 10 km de longitud se podrá aumentar hasta un 10 % el volumen del tanque para garantizar el abastecimiento durante las averías.

El volumen contra incendios se obtiene de las recomendaciones dadas en 6.3 en el servicio contra incendios.

En los tanques se preverán instalaciones especiales que mantengan el volumen contra incendios

La renovación del agua se hará periódicamente según las normas sanitarias vigentes y las normas de protección contra incendios.

Los tanques de volumen de 1 000 m³ para poblaciones mayores de 50 000 habitantes se proyectarán con dos cámaras como mínimo para evitar interrupciones del servicio cuando se realicen las labores del mantenimiento.

7.3 Presiones de la red. Las cotas de los tanques se determinan con vista a garantizar la presión necesaria dentro de la red de distribución de forma tal que se cumpla lo establecido en 6.4 en lo referente a diseño hidráulico.

Se ubicará preferiblemente un depósito a nivel sobre el terreno (apoyado o soterrado) justificándose la construcción de un tanque elevado cuando no se disponga en las proximidades de la zona urbana en una elevación adecuada del terreno.

Cuando la red de distribución resulte de gran extensión o presente una topografía accidentada que provoque altas presiones en la mayor parte del área se dividirá la ciudad en zonas de distribución abastecidas por depósitos independientes para cada zona. Las redes de estas zonas se interconectarán entre sí mediante válvulas.

Para la construcción del tanque ya sea apoyado o elevado se emplearán preferentemente proyectos típicos.

Las instalaciones hidráulicas de entrada y salida en los tanques aseguran la adecuada circulación del agua para su continua renovación.

7.4 Depósitos de agua para consumo humano. Los depósitos de agua para consumo humano requieren la adecuada protección y facilidad en la operación y mantenimiento para lo cual resultan indispensables los siguientes accesorios:

- Tuberías de entrada y salida o interconexiones
- Tuberías de desagüe y limpieza del fondo
- Tubería de rebose
- Registro de entrada, válvulas y accesorios
- Indicadores de nivel de agua
- Escaleras de acceso, plataforma de operación y barandas
- Sistema de protección, pararrayos y luces de navegación aérea
- Iluminación interior y exterior
- Cercado y áreas verdes
- Sistema de drenaje pluvial del área
- Accesos: calles y aceras
- Pintura convencional según las normas de navegación aérea
- Caseta para el operador (según la categoría del sistema).

COMPLEMENTO

Normas estatales de referencia:

- 48-03:83 Ingeniería Hidráulica. Riego y drenaje. Términos y definiciones
- 48-14:83 Ingeniería Hidráulica. Drenaje pluvial de cubiertas. Especificaciones de proyecto
- 48-26:83 Ingeniería Hidráulica. Drenaje pluvial urbano. Especificaciones de proyecto
- 53-91:83 Elaboración de Proyectos de Construcción. Determinación de la demanda de agua potable en poblaciones

SATEEL, E.W. Abastecimiento de agua y alcantarillado

Editorial Gustavo Gili, S.A. Bonelma. 4ta. Edición. Traducción de suministro de agua y alcantarillado. 1972

Grupo hidráulico. DAP. Manual técnico para la proyección de los sistemas de riego por aspersión. Centro técnico Superior de la construcción. 1975. CUBA

EMPRESA CONACA. Tésis de diseño de proyectos para obras de acueducto y alcantarillado. CUBA. 1964

ROJAS, J.A. Propuesta de normas de acueducto. CUBA. 1975

Grupo Nacional de hidrología urbanística DAP. Normas y reglas provisionales para la proyección de las conductoras, redes de distribución y obras para abastecimiento de las poblaciones de Cuba. CUBA

FAIR. GEYER. OKUN. Ingeniería sanitaria y aguas residuales. Volumen Abastecimiento de aguas y remoción de aguas residuales. Editorial Limusa - Weley S.A. México, 1968

Organización Panamericana de la Salud. Seminario sobre diseño de abastecimiento de agua. Publicación científica No. 95 ARGENTINA, 1964.

Impreso: Unidad Impresora CEN

Tirada: 1 500 ejemplares

Fecha de Impresión: Febrero 1985

ANEXO

Cálculo del gasto y las pérdidas en la red mallada por el método de Hardy Cross para el balance de cargas.

Datos de la red

- Número del circuito
- Tramo de tubería. Desde - hasta
- Caudal inicial (Q_0) (L/s)
- Diámetro del conducto (m)

Condiciones supuestas

- Pendiente del tramo (S_0)
- Pérdida de carga (H_0) (m)
- Relación H_0/Q_0
- Corrección propia y adyacente

Se relacionan las interacciones hasta un valor Δq no mayor del 5 % del caudal total o no se obtengan variaciones apreciables en las correcciones obtenidas.

- F_1 valor de la corrección del gasto vendrá determinado por la siguiente fórmula:

$$\Delta q = \frac{\sum H}{\sum 1,85 (H/Q)}$$

donde:

Δq valor de corrección del gasto

$\sum H$ sumatoria algebraica de todas las pérdidas en los circuitos

$\sum H/Q$ sumatoria de la razón de pérdidas y gasto en los circuitos

Se procederá al cálculo de la red para el caso de entrega normal (Q_{max}/h) con una presión de 0,14 MPa (1,4 atm) ó 0,24 MPa (2,4 atm) en el punto crítico.

APENDICE Y

Bloques de apoyo y contrafuertes.

Se dimensionarán de acuerdo a lo siguiente:

a) Causas

- Presión del agua
- Diámetro del conducto
- Angulo de giro (codo)

b) Cálculos:

Fuerza resultante en el codo

$$R = \frac{1}{2} \pi P d^2 \sin \left(\frac{1}{2} \alpha \right)$$

donde:

P presión hidráulica (t/m^2)

d diámetro de la tubería (m)

α ángulo de giro (codo)

No se considera el efecto creado por la presión dinámica.

Generalmente representa el (0,1 a 2) % del valor de R.

La superficie de soporte se determina según:

$$F = \frac{R}{G}$$

donde:

F superficie de apoyo (m^2)

R resultante de la presión hidrostática (t)

G carga admisible del suelo (t/m^2)

El valor de G para algunos tipos de suelos se dan en la tabla siguiente:

Tabla

Tipo de suelo	Carga admisible (t/m ²)
Turba, arcilla húmeda, terraplén, suelo arenoso y limoso	3,5
Tierra negra normalmente húmeda y de vegetación	5,0
Suelo normalmente húmedo de arena y arcilla; arena menuda o arcilla débil	10,0
Arena gruesa normalmente húmeda, arcilla compactada y suelo gravoso	20,0
Arcilla dura sin plasticidad, roca débilmente volatizada	50,0

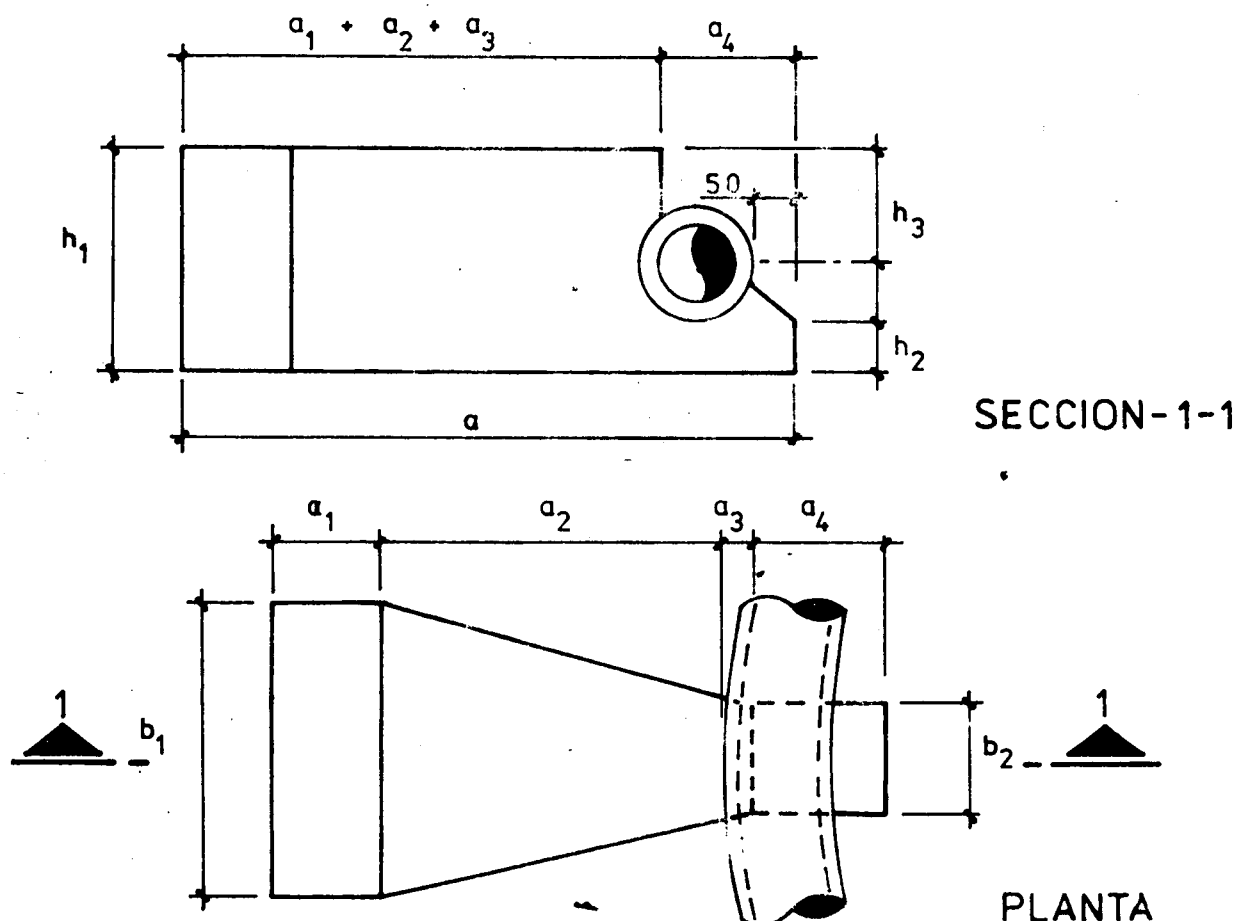
Determinación de las dimensiones de los soportes

a) Cálculo del factor K:

$$K = -0,75 \pm \sqrt{0,0625 + (0,785 \cos (90 - \frac{1}{2} \alpha)) \frac{P}{G}}$$

Nota. El valor de K también puede tomarse de gráficos.

b) Forma del bloque



c) Dimensionamiento

$$h_1 = Kd + d$$

$$h_2 = 10 \text{ cm}$$

$$h_3 = 30 \text{ cm}$$

$$b_1 = 2 Kd + d$$

$$b_2 = \frac{d}{2} + 20 \text{ cm}$$

$$a_1 > 15 \text{ cm (en dependencia del lugar)}$$

$$a_2 = Kd + \frac{d}{2}$$

$$a_3 = \frac{d}{4}$$

$$a_4 = d$$

$$a_5 = \frac{d}{4} > 15 \text{ cm}$$

$$a = a_1 + a_2 + a_3 + a_4$$

debe cumplirse que

$$F = b_1 - h_1$$

APENDICE Z

Ejemplo de cálculo de amortiguador del golpe de arriete

Para el cálculo de golpe se estudiará el caso de fallo de energía mediante la fórmula de YAKOVSKI:

$$h = \frac{\lambda V}{g}$$

donde:

h presión que resiste la tubería

λ velocidad de la onda (m/s)

V velocidad del agua (m/s)

g aceleración de la gravedad (m/s^2)

Tabla. Valores de λ

ϕ mm	Hierro fundido		Acero		Asbesto cemento	
	δ mm	λ	δ mm	λ	δ mm	λ
50	7,5	1933	3,0	1318	8,0	1104
80	8,5	1305	3,5	1287	10,0	1051
100	9,0	1282	4,0	1272	11,0	1021
125	9,5	1262	4,0	1242	12,0	987
150	10,0	1242	4,5	1233	14,0	978
200	11,0	1211	5,5	1222	16,0	937
300	13,0	1167	7,0	1188	23,0	928
350	14,0	1153	8,0	1180	27,0	930
400	14,5	1128	9,5	1194	30,0	921
450	15,0	1118	10,5	1190	-	-
500	16,0	1109	11,5	1187	-	-
600	18,0	1094	13,0	1125	-	-

Nota. ϕ diámetro de la conductora
 δ grosor del tubo

Además se calcula:

$$P_t = P_e + H_f$$

donde:

P_t presión de trabajo

P_e carga estática

H_f pérdidas por fricción

a) Si $h \leq P_t + 10$

$$P_{\text{golpe}} = h + 2 P_e - P_t$$

b) Si $h > P_t + 10$

$$P_{\text{golpe}} = 2 P_e + 10$$

Conclusiones:

Si $P_{\text{golpe}} < P_t$ no necesita dispositivo

además:

Cuando $P_{\text{golpe}} < \text{Presión normal de la tubería}$ no necesita dispositivo.