

## SISTEMA DE ABASTO DE AGUA EN EDIFICIOS SOCIALES. REQUISITOS DE PROYECTO

Water supply system in community buildings.  
Project requirements

---

ICS: 91.140.60

1. Edición

Junio 2002

**REPRODUCCION PROHIBIDA**

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 Vedado, Ciudad de La Habana.  
Teléf.: 830-0835 Fax: (537) 33-8048 E-mail: [nc@ncnorma.cu](mailto:nc@ncnorma.cu)

## Prefacio

La Oficina Nacional de Normalización (NC), es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba que representa al país ante las Organizaciones Internacionales y Regionales de Normalización.

La preparación de las Normas Cubanas se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. La aprobación de las Normas Cubanas es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en evidencias de consenso.

### Esta Norma Cubana:

- Ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización NC/CTN 26 de Instalaciones hidráulicas y sanitarias en edificaciones, en el cual están representadas las siguientes instituciones:
  - Ministerio de la Construcción
  - Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría
  - Oficina del Historiador de la Ciudad de la Habana
  - Ministerio de Salud Pública (MINSAP)
  - Ministerio del Turismo
  - Oficina Nacional de Normalización
  - Grupo Industrial Perdurit
  - Empresa Diseño Ciudad Habana (DCH)
- Sustituye a la NC 53-102:1983 *“Elaboración de proyectos de la construcción. Instalación hidráulica en edificios de vivienda. Especificaciones de proyecto.”*
- Consta de los Anexos A; B; C; D; E; F y H, normativos y el Anexo G, informativo.

© NC, 2002

**Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada por alguna forma o medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias o microfilmes, sin el permiso previo escrito de:**

**Oficina Nacional de Normalización (NC).  
Calle E No. 261 Ciudad de La Habana, Habana 3. Cuba.**

**Impreso en Cuba**

## Indice

1 Objeto .....	1
2 Referencias normativas .....	1
3 Términos y definiciones .....	1
4 Requisitos de Proyecto .....	5
4.1 Generalidades .....	5
4.2 Sistema de abasto de agua fría .....	11
4.3 Sistema de abasto de agua caliente .....	12
5 Método de cálculo .....	18
Anexo A (normativo) Determinación de caudales .....	22
Anexo B (normativo) Longitud equivalente .....	28
Anexo C (normativo) Válvulas de cierre y control .....	30
Anexo D (normativo) Pérdidas de carga en tuberías .....	31
Anexo E (normativo) Dilatación de tuberías .....	64
Anexo F (normativo) Compensación Térmica .....	69
Anexo G (informativo) Capacidad de calentamiento y volumen de almacenamiento .....	82
Anexo H (normativo) Ajuste térmico .....	87
Bibliografía .....	90
Figura 1 — Distancia mínima entre tubos con y sin aislamiento térmico .....	13
Figura 2 — Esquema 1-1 Alimentación ascendente .....	15
Figura 3 — Esquema 1-2 Alimentación descendente .....	16
Figura 4 — Esquema 1-3 Solución combinada de alimentación ascendente y descendente .....	16
Figura 5 — Esquema F.1. Tramos considerados en el retorno de agua caliente .....	74
Figura 6 — Esquema F.2. Red de abasto de agua caliente .....	78
Figura 7 — Esquema F.3. Red de abasto de agua caliente. Datos y resultados .....	80
Figura 8 — Esquema J-1 .....	88
Tabla 1 — Presiones efectivas en las tomas de los muebles sanitarios de mayor uso .....	7
Tabla 2 — Alturas y desplazamientos laterales de las tomas de los muebles sanitarios de mayor uso .....	8
Tabla 3 — Diámetro nominal mínimo del conducto que abastece a los muebles sanitarios de mayor uso .....	9
Tabla 4 — Distancias mínimas para la instalación de tubos por los que circulará agua con temperatura inferior a 100 °C .....	13
Tabla 5 — Temperatura efectiva de operación para diseño, en °C .....	14
Tabla 6 — Velocidad máxima de acuerdo con el diámetro de las tuberías .....	19
Tabla 7 — Rugosidad absoluta (E) de los conductos para emplear en la fórmula de Colebrook-White .....	20
Tabla 8 — Viscosidad del agua .....	20
Tabla A.1 — Unidades de consumo. Determinación de las unidades de consumo (expresada en UC) .....	24
Tabla A.2 — Relación entre la cantidad de unidades de consumo (UC) y demanda máxima probable .....	26
Tabla A.3 — Caudales unitarios mínimos en los muebles sanitarios de mayor uso .....	27
Tabla B.1 — Longitud equivalente en metros de tubería correspondiente a reducidos. ....	28
Tabla B.2 — Longitud equivalente en metros de tubería correspondiente a bushings .....	29
Tabla B.3 — Longitud equivalente en metros de tubería correspondiente a los reducidos. ....	29
Tabla D.1 — Pérdida de carga en tuberías de hierro fundido centrifugado m/m. ....	32
Tabla D.2 — Pérdida de carga en tuberías de acero galvanizado m/m. ....	34
Tabla D.3 — Pérdida de carga en tuberías de asbesto-cemento, m/m. ....	44
Tabla D.4 — Pérdida de carga en tuberías de cobre m/m. ....	48
Tabla D.5 — Pérdida de carga en tuberías plásticas, m/m. ....	54
Tabla E.1 — Dilatación lineal de tuberías para distintas variaciones de temperatura en mm/m .....	65
Tabla E.2 — Dimensiones de los lazos de compensación para tuberías de cobre. ....	67
Tabla E.3 — Dimensiones de los lazos de compensación para tuberías de Acero Galvanizado. ....	67
Tabla E.4 — Dimensiones de los lazos de compensación para tuberías de Plástico. ....	68
Tabla F.1 — Relaciones iniciales entre el diámetro de la tubería de abasto y la de retorno .....	69
Tabla F.2 — Pérdidas térmicas unitarias en tuberías de agua caliente, W/m .....	71
Tabla F.3 — Peso específico el agua según su temperatura .....	76
Tabla G.1 — Consumo de agua caliente de los muebles sanitarios expresado en L/h. Temperatura de calentamiento: 65 °C .....	83
Tabla G.2 — Consumo de agua caliente en restaurantes, expresado en L/h, Temperatura de calentamiento 80°C .....	84

## Introducción

- 0.1** Por primera vez se recogen en nuestro país en un solo documento, las ideas y principios de la Ingeniería de Diseño, relacionadas con los Sistemas de Abasto de agua fría y agua caliente en edificios destinados a uso social. Los criterios relacionados con el tema se encuentran dispersos en la literatura técnica especializada y presentan en algunos aspectos ideas y criterios contradictorios.
- 0.2** Durante la etapa de elaboración y consulta de los documentos fueron conseguidas fundamentalmente las siguientes ventajas:
- Establecer el empleo de las fórmulas de Darcy-Weisbach y Colebrook-White para el cálculo de las pérdidas de carga en tuberías de pequeño diámetro. Se omite el empleo de la fórmula de Williams-Hazen, tradicionalmente empleada en pequeños diámetros, para los que no se cumple.
  - Fueron procesadas e incluidas un conjunto de tablas para determinar las pérdidas de carga en tuberías considerando materiales, diámetros y rugosidades de uso frecuente. Prácticamente las tablas permiten el empleo de las dos fórmulas indicadas en el punto anterior para el análisis de redes de abasto de agua.
  - Establecer el Método de Hunter, para determinar las demandas máximas probables de agua en las redes de suministro y aceptar el llamado Método de la Fórmula Francesa para aplicar en el caso de pequeñas redes.
  - Establecer como método único para determinar las pérdidas de carga en válvulas y piezas de conexión, el criterio de la longitud equivalente, con lo cual se omite la expresión que fija un coeficiente K para cada tipo de válvula o pieza de conexión sin considerar su diámetro, ni el número de Reynolds presente en el fenómeno.
- 0.3** Además de las ventajas señaladas en el aspecto teórico, pueden señalarse las siguientes ventajas respecto al diseño de los Sistemas de Abasto de agua caliente:
- Aplicar los principios de la termo-transferencia presentados en fecha anterior a 1965 por B.L. Nielsen (referencia 8) para el diseño y análisis de redes de abasto de agua caliente, con ello se sustituye el análisis que usualmente se efectúa como fenómeno puramente hidráulico y se incluye el aspecto térmico presente.
  - En el empleo de las fórmulas de Darcy-Weisbach y Colebrook-White puede tenerse en cuenta la temperatura del agua que circula en la red de abasto y en la de retorno de agua caliente para determinar las pérdidas de carga por fricción.
- 0.4** Lo enumerado representa el ordenamiento e incorporación de ideas actuales a las ideas tradicionalmente aplicadas al estudio de las redes de abasto de uso social.

## SISTEMA DE ABASTO DE AGUA EN EDIFICIOS SOCIALES. REQUISITOS DE PROYECTO

### 1 Objeto

Esta Norma Cubana establece los requisitos que se cumplirán en la elaboración de proyectos de sistemas de abasto de agua fría y sistemas de abasto de agua caliente en edificios o áreas destinadas a uso social. En el caso de abasto de agua caliente se consideran sistemas con producción centralizada de agua mediante calentadores.

Esta norma no contempla el diseño de los elementos relacionados con el calentamiento, almacenamiento y tratamiento de agua. Con carácter informativo se incluyen los anexos G y J.

### 2 Referencias normativas

La siguiente norma contiene disposiciones que, al ser citadas en este texto, constituyen disposiciones de esta Norma Cubana. La edición indicada estaba en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos sobre la base de ellas que analicen la conveniencia de usar las ediciones más recientes de las normas citadas seguidamente. La Oficina Nacional de Normalización posee en todo momento la información de las normas internacionales, regionales y cubanas en vigencia.

NC 93-12:1986            Higiene Comunal. Instalaciones hidrosanitarias. Requisitos sanitarios generales.

### 3 Términos y definiciones

#### 3.1 Sistemas de abasto de agua

Conjunto de elementos que tienen la finalidad de entregar agua con la presión, el caudal y la temperatura requeridos a los distintos puntos de consumo de un edificio o varios edificios.

#### 3.2 Edificio Social

Edificio en que se agrupan personas por períodos de tiempo más o menos prolongado con la finalidad de efectuar actividades que requieren cooperación o interrelación personal. Ejemplo: escuelas, hospitales, viviendas y otros.

#### 3.3 Punto de consumo o mueble sanitario

Elemento en que se consume agua con fines básicamente sanitarios y que aparece con frecuencia en los sistemas de abasto de agua de los edificios. Ejemplo: lavabos, inodoros, tomas de limpieza, duchas y otros.

#### 3.4 Unidad de consumo

Unidad de referencia que equivale a la descarga normal de un lavabo que produce un caudal de 28,32 L de agua en un minuto. Se toma como unidad en el Método de Hunter.

### **3.5 Red de abasto**

Componente del sistema de abasto formado por tuberías, piezas de conexión y válvulas dispuestas de forma tal que permite el abasto de agua a las distintas tomas de consumo.

### **3.6 Demanda máxima probable**

Mayor caudal que puede producirse durante el período de máximo consumo en los tramos de la red de abasto de agua de un edificio.

### **3.7 Pérdidas secundarias**

Pérdidas de carga que se producen en una red de abasto a causa de la circulación de fluido por las válvulas y conexiones

### **3.8 Estado estacionario o estático**

Situación de la red de abasto en un período de tiempo en que no circulan caudales por sus tramos o circulan caudales de magnitud despreciable.

### **3.9 Estado Dinámico**

Situación de la red de abasto en que se presentan en sus tramos los caudales máximos probables.

### **3.10 Agua fría**

Agua cuya temperatura es mayor de 15 °C y menor de 40 °C.

Observaciones: Los siguientes términos y definiciones se aplican al caso de agua caliente.

### **3.11 Aislamiento térmico**

Recubrimiento de los elementos que conforman el sistema de abasto de agua caliente con materiales termoaislantes con la finalidad de reducir las pérdidas térmicas.

### **3.12 Agua caliente**

Agua cuya temperatura es mayor de 40 °C.

### **3.13 Circuito básico**

Conjunto de tuberías de la red de abasto de agua caliente y su retorno por la que el agua efectúa el recorrido de mayor longitud en el sistema.

### **3.14 Circuito retorno**

Conjunto de conductos de la red de abasto de agua y su retorno comprendido entre el origen de la red (tanque de almacenamiento o calentador) y una bifurcación de conductos (circuito inicial), entre

dos bifurcaciones (circuito intermedio) o entre un extremo de la red y una bifurcación (circuito final o extremo).

### **3.15 Coeficiente de conductividad térmica**

Valor que representa la cantidad de calor que pasa a través de un área en la unidad del tiempo. Este coeficiente se relaciona con un material determinado y se expresa en  $W/(m \text{ } ^\circ C)$ .

### **3.16 Compensación térmica**

Proceso analítico mediante el cual se determinan los caudales necesarios en la red de retorno y los diámetros apropiados de las tuberías que componen la misma.

### **3.17 Circulación invertida**

Disposición del sistema de abasto de agua caliente en que el calentador y el tanque de almacenamiento se encuentran en un nivel superior a los puntos de consumo.

### **3.18 Calentador**

Dispositivo en que se efectúa el proceso de transferencia térmica de un fluido portador de calor (calotransportador) a otro fluido que se requiere calentar, en el presente caso el agua.

### **3.19 Pérdidas térmicas**

Pérdidas de calor que se producen en los elementos que contienen o conducen un fluido caliente.

### **3.20 Pérdidas térmicas unitarias**

Pérdidas que se producen en un metro lineal de tubería. Se expresa en watt por metro lineal de tubería ( $W/m$ ).

### **3.21 Recirculación**

Operación mediante la cual se establece el movimiento de agua contenida en el sistema de agua caliente para mantener su temperatura, La recirculación se puede lograr por gravedad o por bombeo.

### **3.22 Recirculación por gravedad**

Es aquella que se efectúa de forma espontánea debido a la diferencia de densidad del agua causada por la desigualdad de temperatura.

### **3.23 Recirculación por bombeo**

Circulación de agua producida de forma forzada por equipos de bombeo.

### 3.24 Retorno

Red complementaria de la red de abasto de agua caliente que facilita la operación de recirculación con la finalidad de mantener en la referida red de abasto una temperatura adecuada.

### 3.25 Sistema de abasto de agua caliente

Conjunto de elementos que tienen la finalidad de calentar, almacenar y entregar agua caliente a los distintos puntos de consumo con la presión, el caudal y la temperatura requeridos en cada caso.

### 3.26 Sistemas centrales de calentamiento

Sistemas en los que el calentamiento del agua se efectúa en un punto desde el cual se conduce a tomas generales situadas a distancias considerables. Este sistema se emplea en instalaciones medianas y grandes, tales como hoteles, hospitales y otros.

### 3.27 Sistemas individuales de calentamiento

Sistemas en los que el calentamiento del agua se efectúa en un punto para ser consumida en una o más tomas situadas próximas al mismo. Este sistema se emplea en pequeñas instalaciones aisladas en un sistema central donde se requiera agua a temperatura mayor que la suministrada por un sistema central de calentamiento.

### 3.28 Sensor

Elemento que transforma un estímulo físico en una señal electrónica. Los termostatos y presostatos electrónicos son ejemplos de sensores.

### 3.29 Termoaislante

Material cuyo coeficiente de conductividad térmica a temperatura entre 50 °C y 100 °C es menor que 0,2 W/(m,°C). Mediante el empleo de termoaislantes se limitan las pérdidas térmicas en los elementos que componen el sistema de abasto de agua caliente.

### 3.30 Válvula equilibrante

Dispositivo de regulación que permite controlar el caudal. Para esta función puede ser empleada la válvula macho en los sistemas de abasto de agua caliente, o válvulas equilibrantes de regulación automática.

### 3.31 Capacidad de calentamiento

Volumen de agua cuya temperatura se aumenta desde un valor inicial (T1) a uno final (T2) referida a la unidad de tiempo. Se expresa en L/h.



### 3.32 Volumen de almacenamiento

Volumen de agua que se conserva a la temperatura de uso (T2) para ser usada por la red de abasto de agua. Se expresa en litros.

### 3.33 Consumo puntual

Consumo constante que se produce en algunas tomas por un tiempo más o menos prolongado pudiendo coincidir en el tiempo con los consumos que se originan en muebles sanitarios o equipos. Ejemplo: Una toma de manguera destinada a limpieza. Se expresa en L/s.

## 4 Requisitos de Proyecto

### 4.1 Generalidades

El sistema de abasto de agua en los edificios destinados a uso social garantizará la entrega de agua a las distintas tomas instaladas en el mismo con la presión, el caudal y la temperatura requerida en cada caso.

**4.1.1** Las redes de abasto de agua serán proyectadas utilizando tubos y conexiones de materiales con características similares, con características diferentes o combinaciones de los mismos.

- **Tubos de cobre para agua:** Temple rígido o flexible para diámetros nominales entre 15 y 50 mm. Las conexiones serán de cobre, bronce o latón con juntas soldadas con estaño, juntas de compresión o sus combinaciones.
- **Tubos de acero galvanizado:** Para diámetros nominales entre 15 y 100 mm con piezas de conexión de hierro maleable, juntas roscadas. Se emplearán tuberías y piezas de conexión galvanizadas en caliente por inmersión. No se acepta el empleo del galvanizado electrolítico en tubos y piezas de conexión.

La unión entre elementos de cobre y de acero galvanizado se efectuará empleando piezas de interconexión soldables y roscadas. El material de esta será bronce u otro que no permita el intercambio iónico.

- Recomendaciones:
  - Se recomienda el empleo de la rosca estándar ASA B-2,1 NPT o equivalente.
  - No emplear tubería de acero galvanizado con diámetro nominal mayor de 100 mm, debido a las dificultades con útiles y herramientas destinados a su roscado y manipulación.
  - No se admiten soldaduras en tuberías de acero galvanizado.
  - Se evitará diseñar la red de forma que circule agua desde tubos de cobre a tubos de acero.
- **Tubos termoplásticos:** De policloruro de vinilo (PVC) en el caso del agua fría y policloruro de vinilo clorado (CPVC) para las redes de agua caliente. Para los límites de uso respecto a la temperatura

del agua que circulará por los mismos y presión admisible se considerarán las indicaciones del fabricante. Las uniones serán del mismo material con juntas roscadas, soldadas y de compresión.

- **Tubos de acero soldables:** Unidos a las conexiones mediante soldaduras a tope o con bridas para diámetros nominales iguales o mayores de 100 mm.
- **Tuberías de hierro fundido centrifugado:** De bocina y espiga con juntas de goma. Se emplearán diámetros iguales o mayores de 100 mm. Para el caso de agua fría.
- **Tubos de presión de asbesto-cemento:** De doble espiga, unidos mediante manguito con juntas de goma para diámetros nominales iguales o mayores de 100 mm. Para el caso de agua fría solamente para la unión de tubos de presión de asbesto-cemento con piezas de hierro fundido, se utilizarán juntas de goma o emplomadas.

**4.1.2** Los cambios de dirección de las tuberías se efectuarán empleando codos de 45° y 90°, se acepta el doblado de tubos y el empleo de curvas en tuberías de cobre, acero galvanizado y plástico siempre que en el doblado se empleen herramientas y técnicas adecuadas que no afecten la calidad del tubo. En caso de hierro fundido centrifugado y asbesto-cemento se emplearán, además de los indicados, codos de 22 ½ y 11¼ grados.

Tabla 1— Presiones efectivas en las tomas de los muebles sanitarios de mayor uso

Mueble sanitario	Presión		
	MPa	kgf/cm <sup>2</sup>	mca
	Mínima		
Caso general	0,015	0,15	1,5
Inodoro válvula. Bajo factor	0,035	0,35	3,5
Inodoro válvula. Alto factor	0,070	0,70	7,0
Urinario de válvula	0,070	0,70	7,0
Inversores automáticos de duchas y bañaderas	0,050	0,50	5,0
	Máxima		
Caso general	0,3	3,0	30,0

**NOTA 1** Para inodoros y urinarios con válvula así como en muebles sanitarios y equipos especializados (vertederos clínicos, lavacuñas, fabricantes de hielo y otros) se cumplirán los requisitos de presión especificados por el fabricante

**NOTA 2** Al determinar en la etapa de diseño, las presiones máximas que se pronostican en la red de abasto para el caso de consumos máximos probables, se evitarán presiones dinámicas excesivas. Se tendrá en cuenta que el caudal de entrega de agua en las tomas aumentará al incrementarse la presión. Se recomienda en el análisis que las presiones dinámicas máximas no exceder el siguiente valor: Presiones dinámicas máximas de 0,25 MPa (2,5 kgf/cm<sup>2</sup>)

**NOTA 3** Se recomienda considerar la instalación de opérculos, economizadores o llaves de regulación entre la toma y el punto de entrega de algunos muebles sanitarios para reducir el caudal controlando la presión dinámica. Se considerará especialmente la recomendación en ducha, lavabo, bidé, lavadero, fregaderos e inodoros de tanque.

**4.1.3** La red de abasto será revisada para que en estado estacionario no se presenten en los puntos de toma de los muebles sanitarios presiones estáticas mayores del siguiente valor: presiones estáticas máximas admisibles de 0,3 MPa (3,0 kgf/cm<sup>2</sup>)

En caso de existir presiones estáticas mayores que las máximas admisibles, se colocarán en puntos apropiados de la red de abasto reductoras de presión.

**4.1.4** Las válvulas de entrada en inodoros se situarán por encima del borde superior de las tazas de los mismos. Se instalarán válvulas con rompedoras de vacío en los herrajes de muebles donde se prevea la posibilidad de succiones invertidas.

**4.1.5** Las alturas de las tomas y los desplazamientos respecto al eje vertical de los muebles sanitarios serán las indicadas en la Tabla 2. Las alturas se medirán desde el nivel de piso terminado al eje de la toma. Los muebles sanitarios incluidos o no en la referida tabla, se considerarán las indicaciones dadas por el fabricante del mueble sanitario o las mediciones directas antes de instalarlos.

**Tabla 2 — Alturas y desplazamientos laterales de las tomas de los muebles sanitarios de mayor uso**

Mueble Sanitario	Altura desde el NPT	Desplazamiento	
	mm	Izquierda	Derecha
		mm	mm
Lavabo	550	55	55
Lavacabeza	500	100	100
Inodoro de tanque bajo	220	130	-
Inodoro de válvula (Flush)	550	-	120
Ducha toma de regadera	1 950	-	-
Ducha llave o mezcladora	1 100	75	75
Bañadera toma de regadera	1 950	-	-
Bañadera toma de mezcladora	660	75	75
Bidé	220	75	75
Fregadero doméstico con llave o mezcladora, Salida de pared	1 200	75	75
Fregadero de laboratorio con toma de agua fría y agua caliente sobre meseta	1 120	100	100
Fregadero cocina centralizada toma de agua caliente en pared	440	-	-
Lavadero	1 200	-	-
Urinario de colgar con sifón expuesto	1 100	-	-
Urinario de colgar con sifón integral	1 300	-	-
Urinario de pedestal	1 050	-	-
<b>NOTA 1</b> Se considera desplazamiento a la derecha o izquierda del observador de frente al mueble sanitario, tomando como referencia su eje vertical.			
<b>NOTA 2</b> Las tomas a la izquierda corresponden al agua caliente excepto en el caso del inodoro de tanque			
<b>NOTA 3</b> Cuando se emplean azulejos como terminación se podrán ajustar los valores anteriores de forma que las perforaciones para el pase de las tomas queden situadas en los vértices de unión, en las aristas o en centro de los azulejos.			
<b>NOTA 4</b> El manipulador de control de agua caliente quedará a la izquierda y el de agua fría a la derecha			

**4.1.6** Al proyectar el sistema de abasto de agua se cumplirá lo establecido en Sistema de Normas de Protección Contra Incendios.

**4.1.7** Los muebles sanitarios serán abastecidos con los tubos de los diámetros indicados en la Tabla 3.

**Tabla 3 — Diámetro nominal mínimo del conducto que abastece a los muebles sanitarios de mayor uso**

Mueble Sanitario	Diámetro Nominal, mm	
	Agua Fría	Agua Caliente
Lavabo	15	15
Inodoro de tanque	15	-
Inodoro de válvula (Flush)	25	-
Urinario corriente de lavado controlado	15	-
Urinario de válvula (Flush)	20	-
Bidé	20	-
Ducha	15	15
Bañadera	15	15
Fregadero	15	15
Lavadero	15	-
Vertedero de limpieza. DN-15	15	-
Vertedero de limpieza. DN-20	15	-

**4.1.8** Al proyectar el sistema de abasto de agua se cumplirá lo establecido en la NC 93-12. Se tendrá especial cuidado en evitar conexiones cruzadas que puedan producir contaminación del agua del sistema.

**4.1.9** Los conductos horizontales de la red de abasto se instalarán con una pendiente no menor de 0,002 m/m con la finalidad de permitir la evacuación de toda el agua contenida en la misma por medio de tapas o tapones de desagüe, situadas en puntos bajos.

**4.1.10** Cuando el servicio de suministro de agua (acueducto) no garantice el buen funcionamiento del sistema abasto debido a presión o caudal insuficiente o servicio de entrega discontinuo, se proyectará cisterna, tanque elevado o ambos.

Lo relacionado con el suministro y almacenamiento de agua se coordinará con el organismo encargado del suministro de la misma.

**4.1.11** La cisterna podrá contener los volúmenes siguientes:

a) Volumen destinado a incendio

Se determinará según lo establecido en la norma correspondiente

b) Volumen de reserva

Permitirá el suministro de agua durante las etapas de irregularidad en el suministro.

c) Volumen de almacenamiento

En el caso de edificios que requieran volúmenes de almacenamiento especiales como hoteles, hospitales y otros, se determinará el volumen de almacenamiento de acuerdo con las condiciones de suministro locales. El almacenamiento de agua se limitará a un máximo de 72 horas (3 días). Los equipos de bombeo destinados al consumo social producirán su arranque cuando el nivel de agua indique que fueron consumidos los volúmenes V2 y V3. La parada se producirá cuando sean restituidos ambos volúmenes.

**4.1.12** El tanque elevado contendrá la reserva de agua destinada a consumo social y la destinada a consumo social y la destinada a incendio si se requiere esta última. La capacidad del tanque será mayor que la calculada por la siguiente expresión

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

donde:

V<sub>T</sub>: volumen total del tanque (m<sup>3</sup>)

V<sub>1</sub>: reserva de agua destinada a incendios. Se determinará según lo establecido en el Sistema de Normas de Protección contra Incendios (m<sup>3</sup>)

V<sub>2</sub>: reserva de agua destinada a asegurar el consumo social en el intervalo de tiempo en que se produce en el sistema de suministro la demanda máxima probable. Este volumen permitirá el suministro con un caudal igual a la demanda máxima probable (Q<sub>m</sub>) durante un período de tiempo no menor de 10 minutos, se cumple que:

$$V_2 = 0,167 \times Q_m$$

En la expresión anterior el caudal (Q<sub>m</sub>) se expresa en m<sup>3</sup>/h y el volumen (V<sub>2</sub>) se obtiene en m<sup>3</sup>.

Observación: 10 minutos / 60 minutos = 0,167 horas.

V<sub>3</sub>: es la reserva de agua destinada a asegurar el consumo social fuera de los intervalos de tiempo en que se produce la demanda máxima, m<sup>3</sup>. El volumen V<sub>3</sub> será como mínimo el 15% del consumo diario.

En los casos en que estructuralmente sea posible, al volumen V<sub>3</sub> se le dará un valor entre el 25% y el 30% del consumo diario.

**4.1.13** El volumen de agua almacenada en el tanque destinado a consumo social (V<sub>2</sub> + V<sub>3</sub>) será restituido en un tiempo igual o menor de 2 horas. El caudal de bombeo (Q<sub>B</sub>) mínimo, se determinará por la expresión:

$$Q_B = (V_2 + V_3) / 2$$

En la cual el volumen se evaluará en m<sup>3</sup> y el caudal se obtendrá en m<sup>3</sup>/h.

Ejemplo 3.1. Calcular el volumen total de un tanque de almacenamiento para las siguientes características de consumo:

Reserva de incendio (V1) -----	3,00 m <sup>3</sup>
Caudal máximo probable (Qm) -----	22,30 m <sup>3</sup> /h
Consumo diario -----	24,00 m <sup>3</sup> /d

Solución:

$$V2 = 0,167 \times 2,3 = 3,72 \text{ m}^3$$

$$V3 = 0,15 \times 24,0 = 3,60 \text{ m}^3$$

$$VT = V1 + V2 + V3 = 3,00 \text{ m}^3 + 3,72 \text{ m}^3 + 3,60 \text{ m}^3$$

$$VT = 10,32 \text{ m}^3$$

**4.1.14** Los equipos de bombeo y los equipos hidroneumáticos que formen parte del sistema de abasto serán seleccionados para que operen próximos a su máxima eficiencia según las curvas de comportamiento de los mismos.

**4.1.15** El arranque y la parada de bombas serán controlados por un sistema de contactores magnéticos accionados por electrodos o flotantes que funcionen con respecto al nivel del agua.

**4.1.16** Se emplearán dispositivos automáticos de protección que impidan el funcionamiento de los equipos de bombeo cuando el nivel del agua en la cisterna sea mínimo.

**4.1.17** Se recomienda el empleo de métodos de cálculo que permitan optimizar la relación entre bombeo, consumo y volumen almacenado en el depósito elevado.

**4.1.18** En los puntos del sistema de abasto en que sea necesario cerrar o controlar el flujo se seleccionarán válvulas de los tipos relacionados en el Anexo C.

**4.1.19** Todo elemento de la red se colocará a distancia no menor de 300 mm de toda conexión o cuadro eléctrico. En ningún caso se emplearán las tuberías como bajantes de puesta a tierra de equipos eléctricos.

## **4.2 Sistema de abasto de agua fría**

**4.2.1** El sistema de abasto de agua fría en los edificios destinados a consumo social garantizará la entrega de agua a las distintas tomas instaladas en el mismo con la presión establecida en la tabla 1 y el caudal será calculado por el método establecido en el Anexo A.

**4.2.2** Las redes de abasto de agua fría serán proyectadas fundamentalmente con tuberías y piezas de conexión de los siguientes materiales:

- Polietileno Reticulado
- Polietileno de alta y media densidad
- Cobre para agua
- Acero galvanizado
- Policloruro de Vinilo (PVC)
- Acero soldable
- Hierro fundido centrifugado y Asbesto-cemento
- Polipropileno ( R )
- Polibutileno

**4.2.3** La red de abasto podrá ser ramificada, mallada o mixta.

**4.2.4** Las tuberías que conforman la red de abasto de agua fría podrán proyectarse expuestas, colgadas, empotradas, soterradas, por relleno de piso o dentro de conductos.

**4.2.5** En la red de abasto no se emplearán conductos con diámetro nominal menor de 15 mm.

### **4.3 Sistema de abasto de agua caliente**

**4.3.1** El sistema de abasto de agua caliente de los edificios sociales garantizará la entrega de agua a las distintas tomas instaladas en el mismo con la presión, el caudal y la temperatura requeridos en cada caso.

La presión efectiva en las tomas de agua saliente será la indicada en la tabla 3.1, el caudal será el determinado por el método establecido en el Anexo A, la temperatura efectiva de operación será la establecida.

**4.3.2** La red de abasto de agua caliente y la red de retorno serán proyectadas fundamentalmente con tuberías y conexiones de los materiales siguientes o combinación de ellos.

- Cobre para agua
- Polibutileno
- Polipropileno (R)
- Polietileno Reticulado
- Acero galvanizado
- Policloruro de Vinilo clorado (CPVC)
- Tubos de Acero soldable

**4.3.3** La red de abasto será ramificada. Los tramos de la red con longitud mayor de 25 metros tendrán conductos de retorno. En los conductos de menor longitud la colocación de conductos de retorno quedará a juicio del proyectista.

Para el análisis hidráulico, se tendrá en cuenta que la red de abasto de agua caliente y su retorno se comportan como una red mallada.

**4.3.4** Las tuberías que conforman la red de abasto de agua caliente y la red de retorno podrán proyectarse expuestas, colgadas o dentro de conductos. Las tuberías con diámetros nominales menores de 25 mm podrán situarse empotradas o soterradas en el relleno de piso.

**4.3.5** En las redes de abasto y retorno de agua caliente no se emplearán conductos con diámetro nominal menor de 15 mm. Los muebles sanitarios serán abastecidos por tubos con los diámetros indicados en la Tabla 3.

**4.3.6** Las tuberías que conforman las redes de abasto y retorno de agua caliente serán cubiertas con elementos termoaislantes del material y espesor requeridos si el análisis técnico-económico lo justifica.

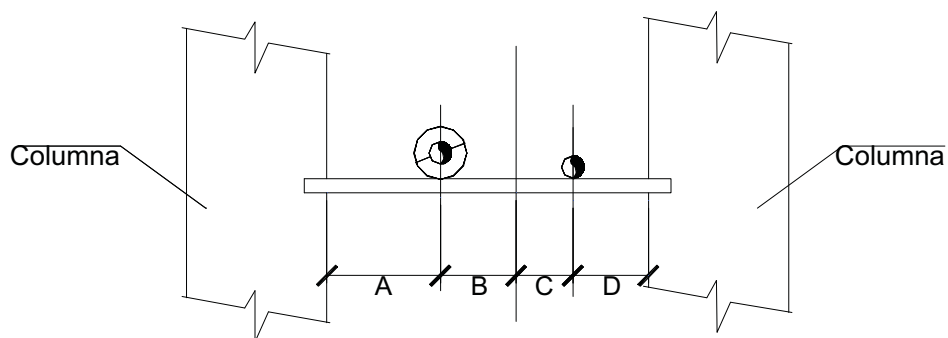


**4.3.7** Se protegerán del contacto directo con personas, aquellos conductos con temperatura mayor de 40 °C y situados a altura menor de 2,10 m. Se considera que el agua y los objetos con temperatura mayor superior a 40 °C producen lesiones a la piel humana.

**4.3.8** Las tuberías de las redes de abasto y retorno de agua caliente se instalarán a una distancia no menor que la establecida en la Tabla 4.

**Tabla 4 — Distancias mínimas para la instalación de tubos por los que circulará agua con temperatura inferior a 100 °C.**

Diámetro nominal de la tubería	Distancias mínimas en mm			
	Con aislamiento		Sin aislamiento	
	A	B	C	D
15	150	100	75	150
20				
25	175			
32				
40				
50		125	100	
65	225	150	125	200
80				
100		175		
150	275		150	225
200	300	225	175	250
250	350	250	200	300
300		275	225	



**Figura 1 — Distancia mínima entre tubos con y sin aislamiento térmico**

**NOTA:** La distancia entre la cara de una columna y el eje del tubo aislado o sin aislar no será menor de 50mm.

Referencias:

- A: Distancia entre la cara de la pared o colgador y el eje del tubo con aislamiento
- B: Distancia entre el eje del tubo aislado y el eje medio entre tubos
- C: Distancia entre el eje del tubo sin aislar y el eje medio entre tubos
- D: Distancia entre la cara de la pared o colgador y el eje del tubo sin aislar

**4.3.9** Los conductos de agua caliente se colocarán a distancia superior de 40 mm de los de agua fría y por debajo de esta.

**4.3.10** Los elementos que integran el sistema de abasto de agua caliente de un edificio, serán dispuestos preferiblemente de forma tal que el flujo de agua caliente se produzca en forma ascendente desde la fuente de agua caliente hacia las tomas. Será dispuesto el sistema de uno de los tres tipos generales o combinaciones de los mismos:

- Alimentación ascendente (Esquema 1.1)
- Alimentación descendente (Esquema 1.2)
- Alimentación combinada (Esquema 1.3)

Debe considerarse la posibilidad de efectuar la alimentación descendente con la fuente de suministro de agua caliente situada en la parte alta del sistema.

**4.3.11** En condiciones especiales pueden ser empleados por esquemas de circulación invertida en todo el sistema o en parte del mismo, siempre que se cumplan con las normas del Sistema de Normas de Protección contra Incendios

**4.3.12** En casos en que se emplee la circulación descendente de agua caliente se asegurará la misma, mediante, bombas de recirculación.

**4.3.13** Los sistemas de abasto de agua caliente se consideran operando con las temperaturas indicadas en la tabla 5

**Tabla 5 — Temperatura efectiva de operación para diseño, en °C**

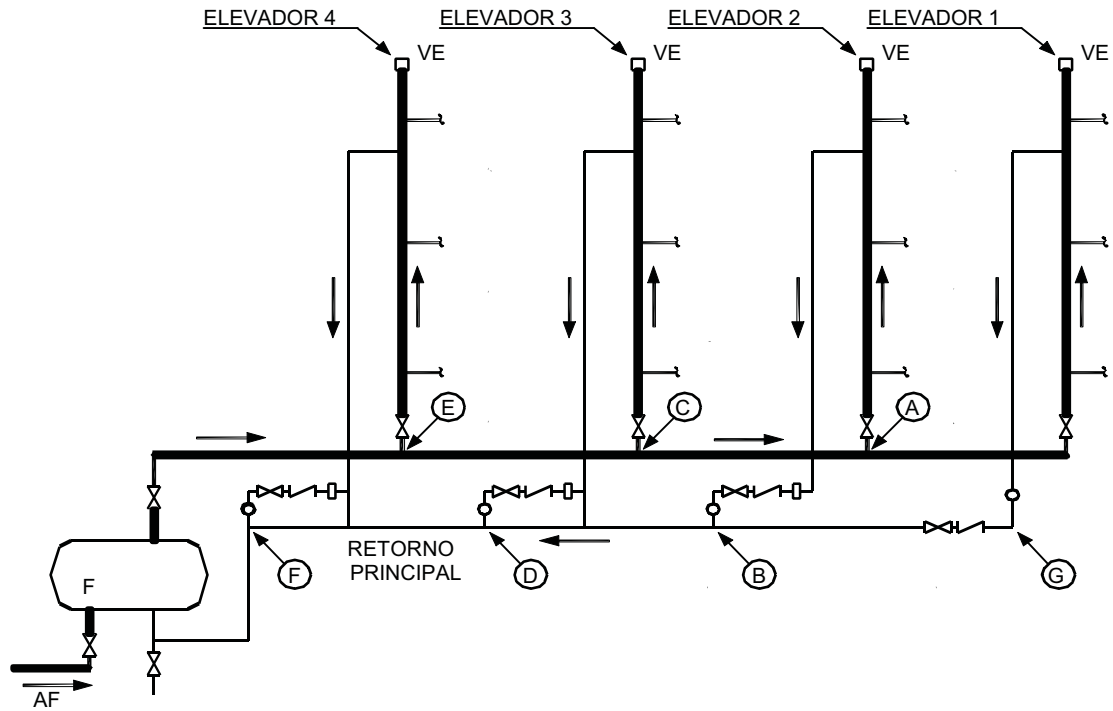
Temperatura efectiva	Tipo de circulación	
	Gravedad	Bombeo
Columna de abasto de agua caliente.	60	60
Columna de circulación (retorno)	40	50
Diferencial	20	10

**4.3.14** Las líneas de retorno tendrán su origen en los siguientes puntos:

- Extremo de un ramal mayor de 25 m de longitud.
- Cuando las columnas de abasto den servicio a más de dos pisos, por debajo de la toma más elevada.
- En extremo de las líneas principales de alimentación.

**4.3.15** El sistema permitirá la entrega de agua caliente en las tomas con una temperatura efectiva no menor de 40 °C

**4.3.16** En aquellos muebles sanitarios o equipos donde se requieran temperaturas efectivas del agua (en la toma) superiores a 60 °C se instalarán calentadores individuales.



SIMBOLOGIA











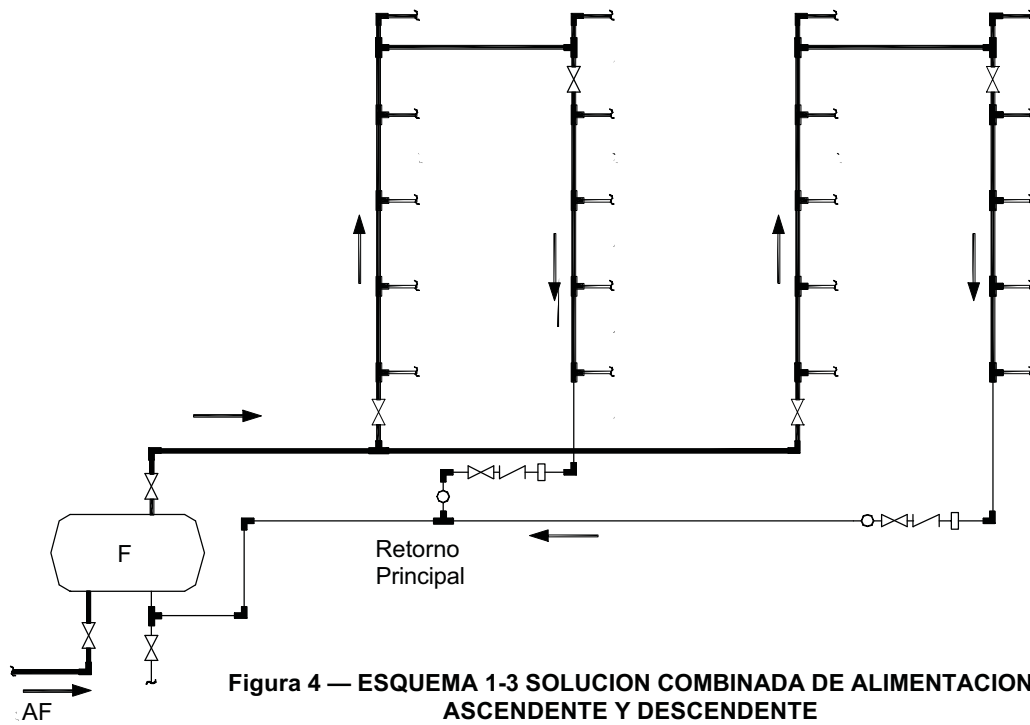
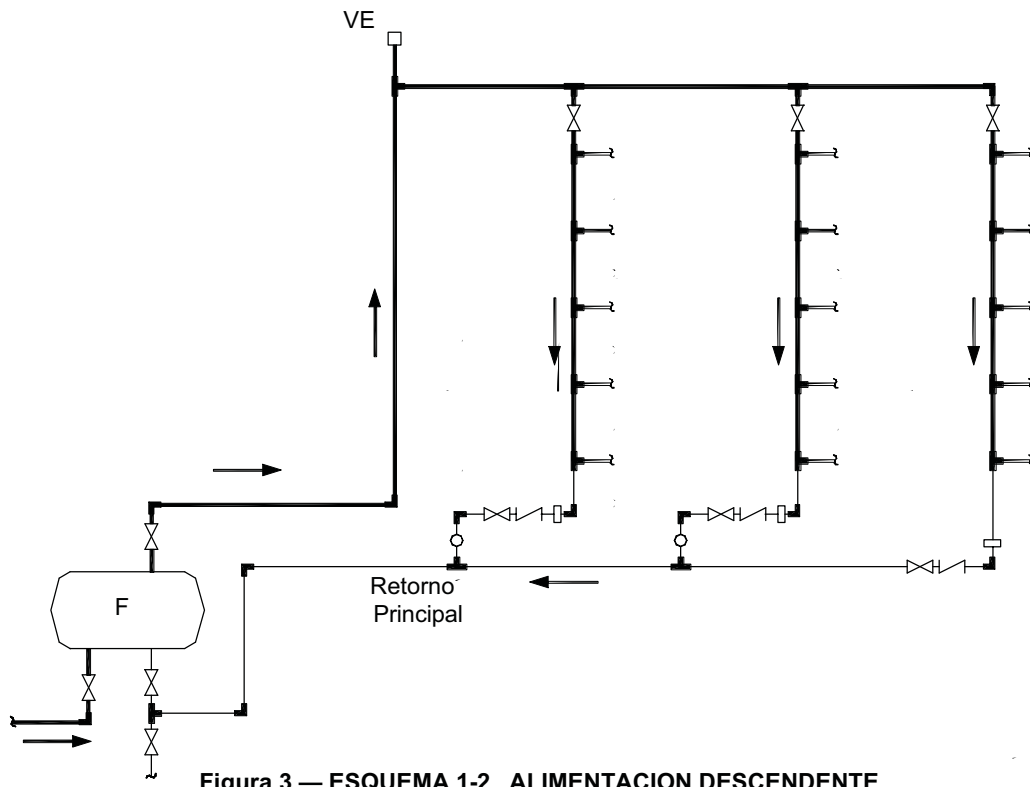
-  Línea de abasto de agua caliente
-  Línea de retorno de agua caliente
-  Entrada de agua fría
-  Fuente de agua caliente
-  Sentido del flujo
-  Válvula de bola
-  Válvula de retención
-  Válvula de macho
-  Válvula de expulsión de aire
-  Toma para termómetro

Figura 2 — ESQUEMA 1-1 ALIMENTACION ASCENDENTE



**4.3.17** El sistema de alimentación ascendente (Esquema 1.1) se recomienda para pequeñas residencias o en edificios de 2 a 3 plantas

**4.3.18** El sistema de alimentación descendente (Esquema 1.2) resulta eficiente. Se recomienda su empleo en edificios altos y en general.

**4.3.19** En las redes de abasto de agua en que predomine el desarrollo horizontal de la misma, la circulación se logrará situando bombas en lugares convenientes, si el análisis hidráulico lo determina.

**4.3.20** Las bombas de circulación se situarán en las líneas de circulación (retorno) próximas a la fuente de agua caliente.

De ser necesario se situarán otras bombas en puntos intermedios de la red de retorno donde sean necesarias y cuando el análisis hidráulico lo indique.

**4.3.21** En los puntos altos de la red de abasto de agua caliente o en aquellos lugares donde puedan alojarse bolsas de aire, se situarán válvulas automáticas de expulsión de aire.

**4.3.22** Todo sistema de abasto de agua caliente contará con dispositivos (válvulas de alivio) que eviten presiones o temperaturas excesivas.

**4.3.23** En los sistemas de circulación forzada la temperatura del agua caliente en la red se controlará mediante sensores que regulen la operación de las bombas de circulación. El arranque de las bombas se producirá cuando en el punto de menor temperatura de la red alcance un valor igual o menor de 40 °C. La parada de tales bombas se producirá cuando en el punto de mayor temperatura de la red alcance un valor de 55 °C.

Se emplearán dispositivos automáticos regulables con rango entre  $t + 5^{\circ}\text{C}$  y  $t - 5^{\circ}\text{C}$ , siendo  $t$  la temperatura a controlar

**4.3.24** Los conductos horizontales de abasto y retorno tendrán pendiente entre 3 y 5%, de forma que impida el alojamiento de gases en el interior de la tubería permitiendo el desplazamiento ascendente de los mismos. En obras o zonas de la red donde el control de la ejecución pueda ser riguroso se aceptarán pendientes del 2% (0,020 m/m).

**4.3.25** En los puntos de las líneas horizontales de las tuberías de abasto y circulación donde sean necesarios cambios de diámetros se emplearán reducidos excéntricos colocados de forma tal que no permitan alojar gases en su parte superior.

**4.3.26** Próximo a la conexión de una tubería secundaria de abasto con el circuito básico se instalará una válvula de compuerta o de bola.

Próximo a la conexión de una tubería secundaria de retorno con el circuito básico se instalarán en el orden indicado (considerando el sentido del flujo), las siguientes válvulas:

- Válvula de macho o equilibrante
- Válvula de retención
- Válvula compuerta o de bola (Válvula de cierre).

Según lo indicado en las Figuras 2; 3 y 4.

**4.3.27** A lo largo el circuito básico no se instalarán válvulas de macho equilibrante, solamente se instalará una válvula de control a la salida del centro de calentamiento en la tubería de abasto y otra en la tubería de abasto y otra en la tubería de retorno.

**4.3.28** Antes de poner en servicio un sistema de abasto de agua caliente con retorno se efectuará el ajuste de retorno temperatura en la red de retorno según lo establecido en el Anexo H, ajuste térmico. El proceso indicado podrá ejecutarse en la etapa de explotación del sistema.

**4.3.29** Las demandas máximas probables que circularán por los conductos de una red de abasto de agua se determinará por el método establecido en el Anexo A de la presente norma.

## 5 Método de cálculo

### 5.1 Análisis Hidráulico

**5.1.1** Para la selección primaria del diámetro de las tuberías de la red de abasto se recomienda el empleo de la expresión:

$$D = 35,7 \sqrt{Q/V}$$

donde:

D es el diámetro del conjunto, mm

Q es la demanda máxima probable L /s

V es la velocidad de circulación del agua en el conducto, m/s

Se tomarán valores de velocidad entre 0,6 y 2,0 m/s. No se admiten velocidades mayores de 2,0 m/s. Una vez calculado el diámetro por la expresión dada, se seleccionará el diámetro industrial igual o superior al obtenido.

Para facilitar la aplicación de la fórmula se podrá simplificar de la siguiente forma:

$$D = K \sqrt{Q}$$

donde:

K: factor relacionado con la velocidad a que circula el agua en el conducto.

La relación entre velocidad y el factor K será el siguiente:

V (m/s)	0,6	1,0	1,5	2,0
K	46	36	29	25

**5.1.2** El sistema de abasto será diseñado de forma tal que el análisis hidráulico de la red de abasto para las demandas máximas probables cumpla con los rangos de presiones hidrodinámicas indicados en la Tabla 1.

**5.1.3** La red de abasto será revisada para que en estado hidráulicamente estacionario (no flujo) no se produzcan presiones estáticas en los puntos de toma de los muebles sanitarios mayores de 0,3 MPa. En caso de existir presiones mayores que la indicada, se colocarán en puntos adecuados reductoras de presión o si el caso lo permite depósitos de ruptura de presión.

Lo anterior se refiere a las tomas, pero en la red pueden existir tramos con presiones superiores a 0,3 MPa (3,0 kgf/cm<sup>2</sup>) en los cuales se colocarán tubos cuya presión de trabajo admita tales presiones.

**5.1.4** Cuando se utilicen equipos hidroneumáticos en el sistema de abasto de agua, el análisis de las presiones máximas considerará la presión de parada del hidroneumático y el sistema en estado estacionario. En el análisis de las presiones mínimas se considerará la presión de arranque del hidroneumático.

**5.1.5** En los locales en que la emisión de sonidos y vibraciones deba limitarse como en las salas de terapia, salas de concierto, recintos destinados a grabación y casos semejantes cuando sea necesario instalar tuberías destinadas a la conducción de agua, la velocidad del agua no será superior a las indicadas a continuación:

**Tabla 6 — Velocidad máxima de acuerdo con el diámetro de las tuberías**

DN (mm)	V (m/s)
15	0,9
20	1,3
25	1,6
32 ó más	2,00

**5.1.6** Para calcular las pérdidas por fricción en las tuberías de la red de abasto, se empleará la fórmula de Darcy-Weisbach. Para el cálculo del coeficiente de rozamiento (f), se empleará la fórmula de Colebrook-White.

**5.1.7** La fórmula de Darcy-Weisbach presenta la siguiente forma:

$$H = f \frac{LV^2}{D2g}$$

donde:

H: pérdida de carga por fricción en el conducto, m

L: longitud del conducto, m

f : coeficiente de rozamiento, determinado por la fórmula de Colebrook-Weisbach.

D: diámetro interior del conducto m.

V: velocidad media del agua en el conducto, m/s

g: aceleración debida a la gravedad (9,81 m/s<sup>2</sup>).

Se tendrá en cuenta que cuando en la anterior fórmula la longitud del conducto (L) se toma igual a la unidad (L = 1,0 m), la pérdida de carga (H) se obtendrá en m/m.

5.1.8 La fórmula de Colebrook-White presenta la siguiente forma:

$$1/\sqrt{f} = -2 \log \left( \frac{E}{3,72 D} + \frac{2,51}{R \sqrt{f}} \right)$$

donde:

E: rugosidad absoluta del conducto, m  
R: número de Reynolds.

Se considerarán los valores de rugosidad absoluta recomendados en la Tabla 7.

**Tabla 7 – Rugosidad absoluta (E) de los conductos para emplear en la fórmula de Colebrook-White**

Descripción	Rango	Recomendado
Hierro fundido	0,15 a 0,35	0,26
Acero galvanizado	0,07 a 0,23	0,15
Asbesto cemento	0,03 a 0,10	0,07
Cobre	0,01 a 0,05	0,03
Plástico	0,0005 a 0,01	0,003

5.1.9 El cálculo del número de Reynolds se efectuará por la siguiente expresión:

$$R = \frac{D \times V}{\nu c}$$

donde:

V: viscosidad cinemática del agua, a los efectos prácticos se considerará el valor  $1,0 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ .

En el caso de las redes de abasto de agua caliente se tomará el valor correspondiente a la temperatura media del agua (T) según la relación establecida a continuación:

**Tabla 8 — Viscosidad del agua**

Temperatura (°C)	Vc (m <sup>2</sup> /s)
20	$1,006 \times 10^{-6}$
30	$0,805 \times 10^{-6}$
40	$0,659 \times 10^{-6}$
50	$0,556 \times 10^{-6}$
60	$0,478 \times 10^{-6}$



**5.1.10** Para determinar las pérdidas secundarias que se producen en las válvulas y piezas de conexión, se emplearán los valores de longitud equivalente contenidos en el Anexo B.

## **5.2 Análisis térmico**

**5.2.1** El aspecto térmico del diseño de las redes de abasto de agua caliente se resume en los Anexos E, F, G, y H.

**5.2.2** Lo relacionado con la dilatación que se produce en los conductos que conforman la red de abasto y la red de retorno se determinará según lo establecido en el Anexo E.

**5.2.3** El proceso analítico destinado a determinar los caudales necesarios en la red de retornos y los diámetros de las tuberías que la componen se efectuará considerando el contenido del Anexo F.

**5.2.4** Para determinar la capacidad de calentamiento del calentador y el volumen del tanque de almacenamiento de agua caliente, se considerará el Anexo G.

## **5.3 Sistema de abasto de agua fría**

**5.3.1** Los principios establecidos para el análisis hidráulico se emplearán en el diseño y análisis de los sistemas de abasto de agua fría.

**5.3.2** Los cálculos en el presente caso serán efectuados con el empleo de los Anexos A, B, C y D y teniendo en cuenta lo establecido en los requisitos de proyecto.

## **5.4 Sistema de abasto de agua caliente**

**5.4.1** Los principios establecidos para el análisis térmico se emplearán en el diseño y análisis de los sistemas de abasto de agua caliente, se considerarán en especial los valores establecidos para la viscosidad cinemática para el cálculo del número de Reynolds.

**5.4.2** Los principios establecidos para el análisis térmico se emplearán en el diseño y análisis de los sistemas de abasto de agua caliente

**5.4.3** Los cálculos, en el presente caso, serán efectuados con el empleo de los Anexos A, B, C, E, F, G y H. El Anexo D podrá emplearse en pequeños edificios y en estudios teniendo en cuenta que para el agua caliente producirá valores aproximados. Se tendrá en cuenta lo establecido en los requisitos de proyecto.

### **Observaciones:**

1 Se tendrá en cuenta que los valores contenidos en el Anexo D, relativo a pérdidas de carga en tuberías no se aplican al caso del agua caliente por no estar calculados, de usarse serán valores aproximados.

2 En el análisis de la red de abasto de agua caliente y su red de retorno funcionando como red cerrada, no es posible emplear los valores del Anexo D pues en el régimen de retorno los caudales que se producen resultan relativamente pequeños en relación con el tubo que lo conduce

3 Para los dos casos anteriores es necesario el empleo de programas de computación diseñados para estos fines específicos

## Anexo A (normativo)

### Determinación de caudales

**A.1** Las demandas máximas probables de agua que se producirán en los distintos tramos que componen la red considerando los ajustes y perfeccionamientos de que ha sido objeto posteriormente. El método de abasto de agua de un edificio se pronosticarán aplicando el método de cálculo propuesto por Hunter, en 1940 considerando los ajustes y perfeccionamientos de que ha sido objeto posteriormente. El método se resume en el presente anexo.

La demanda máxima probable se considera dependiente de tres factores básicos:

- Cantidad, clase y tipo de uso (privado o público) correspondiente a los muebles sanitarios instalados.
- Simultaneidad de uso a que están sometidos estos muebles.
- Los consumos puntuales correspondientes a aquellos muebles sanitarios o equipos que presentan un régimen de consumo que pueden ser simultáneos

**A.2** La demanda máxima probable en cada tramo de la red se determinará aplicando la siguiente fórmula:

$$Q_m = f(\Sigma \times UC) + Q_p$$

donde:

$Q_m$ : demanda máxima probable en el tramo considerado, (L/s).

$\Sigma \times UC$ : suma de las unidades de consumo correspondientes a los muebles sanitarios que abastece el tramo. Los valores de unidades de consumo se tomarán de la Tabla A.1.

$f$ : es la función que expresa la demanda máxima probable teniendo en cuenta la simultaneidad de uso. La misma fue determinada mediante el procesamiento estadístico de datos obtenidos a partir de observaciones reales. La Tabla A.2 contiene los valores que relacionan caudales con unidades de consumo.

$Q_p$ : es el caudal correspondiente a los muebles sanitarios que funcionan de forma simultánea y cuyo consumo puede coincidir (sumándose) a la demanda máxima probable de otros equipos o artefactos hidráulicos instalados e el sistema. Para su cálculo se considerarán como valor inicial los valores contenidos en la Tabla A.3

Ejemplo: Determinar la demanda máxima probable que se producirá en un conducto que abastecerá un servicio sanitario de uso público, un baño de uso privado y un consumo puntual correspondiente a 4 tomas del sistema de riego operando a la vez con un consumo puntual cada uno de 0,60 L/s  
(4 x 0,60 = 2,40 L/s)

Determinar las unidades de consumo, según Tabla A.1

**Tabla A.1 — Unidades de consumo. Determinación de las unidades de consumo (expresada en UC)**

10	Inodoros de válvula (Flush)	x	10	100
7	Urinaris de válvula (Flush)	x	5	35
8	Lavamanos	x	2	16
1	Inodoro de válvula	x	6	6
1	Lavamanos	x	1	1
1	Ducha	x	2	2
	Total			160

2. Determinación de la demanda máxima probable, según Tabla A.2. Sistema válvulas.

Resultado 5,205 L/s

3. Incremento de la demanda considerando el consumo puntual del sistema de riego.

Demanda máxima probable:  $5,205 + 2,40 = 7,61 \text{L/s}$

**Tabla A.1 — Unidades de consumo. Determinación de las unidades de consumo (expresada en UC)**

Tipo de Mueble Sanitario	Unidades de Consumo		
	T	AF	AC
<b>Uso Privado</b>			
Lavabo	1	0,75	0,75
Inodoro de tanque	3	3	-
Inodoro de válvula Flush	6	6	-
Bidé	2	1,5	1,5
Ducha	2	1,5	1,5
Bañadera	2	1,5	1,5
Fregadero	3	2.25	2.25
Lavadero	3	3	-
Toma de manguera para riego o limpieza DN, 15	3	3	-
Vertedero de limpieza DN, 15	3	3	-
Grupo de baño tanque	6	4,5	-
Grupo de baño válvula Flush	8	7,5	-
<b>Uso Público</b>			
Lavabo	2	1,5	1,5
Inodoro de tanque	5	5	-
Inodoro de válvula Flush	10	10	-
Urinario de tanque, lavado controlado	3	3	-
Urinario de válvula Flush	5	3	-
Urinario de pedestal con válvula Flush	10	10	-
Ducha	4	3	3
Fregadero de pantry	3	2,25	2,25
Fregadero de cocina	4	3	3
Bebedero	0,5	0,5	-
Caja de agua	1	1	-
Toma de manguera para riego o limpieza, DN 15	2	1,5	1,5
Toma de manguera para riego o limpieza, DN 20	4	4	-
Vertedero de limpieza DN 20	3	3	-
Vertedero de limpieza DN 20	4	4	-
<p><b>NOTA:</b> En las columnas que contienen los valores correspondientes a las unidades de consumo se les dará la interpretación siguiente:  T : Consumo total del mueble sanitario.  AF: Consumo de agua fría.  AC: Consumo de agua caliente.</p>			

**NOTA 1:** En caso de emplear algún mueble sanitario no contenido en la presente tabla, se le asignará un valor de unidades de consumo, comparándolo con un mueble sanitario que presente un comportamiento semejante en cuanto a consumo y frecuencia de uso.

**NOTA 2:** Se considera uso privado cuando el mueble sanitario es usado por una persona o una familia, como en viviendas y habitaciones de hoteles. Se considera uso público cuando el mueble sanitario no tiene limitaciones en el número de usuarios, como en estaciones de ómnibus, salas de espera de hospitales y otros casos semejantes.

### **Observación:**

Como alternativa al Método establecido como Anexo A, para pronosticar las demandas máximas probables de agua que se producirán en los distintos tramos que componen la red de abasto de agua fría de un edificio, podrá emplearse el procedimiento conocido como Fórmula Francesa, en su versión actualizada(modificada), principalmente en pequeñas redes interiores.

A: Para el caso del agua fría, para determinar el caudal a partir de la suma de unidades de consumo correspondiente al tramo, se tendrá en cuenta si en los muebles sanitarios abastecidos por el tramo predominan el sistema de tanques o el de válvulas.

B: Para el caso de agua caliente sólo se considerará la columna destinada a tanques.

C: Nótese que cuando se tienen 1000 UC o más, los valores para sistemas en que predominan los tanques producen igual caudal que en los sistemas en que predominan válvulas.

**Tabla A.2 — Relación entre la cantidad de unidades de consumo (UC) y demanda máxima probable**

UC	Caudal según sistema L/s		UC	Caudal según sistema L/s	
	Tanque	Válvula		Tanque	Válvula
6	0,315	-	225	4,416	6,120
8	0,410	-	250	4,732	6,372
10	0,505	1,703	275	5,047	6,669
12	0,580	1,804	300	5,363	6,940
14	0,656	1,905	400	6,624	7,949
16	0,732	2,006	500	7,886	8,959
18	0,808	2,107	750	10,725	1,230
20	0,883	2,208	850	11,749	11,978
25	1,073	2,397	1000	13,123	13,123
30	1,262	2,587	1250	15,142	15,142
35	1,420	2,763	1500	16,845	,548
40	1,565	2,934	1750	18,548	18,548
45	1,703	3,091	2000	20,252	20,252
50	1,830	3,249	2250	21,955	21,955
60	2,019	3,470	2500	23,659	23,659
70	2,208	3,691	2750	25,362	25,362
80	2,397	3,912	3000	27,255	27,255
90	2,587	4,088	4000	33,122	33,122
100	2,744	4,259	5000	37,412	37,412
120	3,028	4,574	6000	40,567	40,567
140	3,312	4,889	7000	43,217	43,217
160	3,596	5,205	8000	45,299	45,299
180	3,848	5,489	9000	47,002	47,002
200	4,101	5,773	10000	48,516	48,516

Tabla A-3 — Caudales unitarios mínimos en los muebles sanitarios de mayor uso

Mueble sanitario	Diámetro de toma	Caudal unitario
	mm	L/s
Lavabo	15	0,15
Inodoro, Tanque	15	0,15
Inodoro, Válvula Flush	25	1,5 a 2,0
Urinario, Lavabo controlado	15	0,10 a 0,15
Urinario, Válvula Flush	20	0,50
Urinario, Pedestal, válvula Flush	25	1,0
Ducha	15	0,20
Bañadera	15	0,20
Bidé	15	0,15
Fregadero pantry	15	0,15
Fregadero privado	15	0,20
Fregadero cocina industrial	15	0,20
	20	0,25
Vertedero	15	0,20
	20	0,25
1 Lavamanos x 1 UC 1		

**Anexo B**  
(normativo)

**Longitud equivalente**

**Tabla B.1 — Longitud equivalente en metros de tubería correspondiente a reducidos.  
Reducciones concéntricas y excéntricas (ASTM A 234)**

D2	D1	Fk	Le
0,3048	0,2540	4,8362	1,23
0,3048	0,2032	41,9773	8,53
0,3048	0,1524	259,2912	39,52
0,3048	0,1016	1981,5010	201,32
0,2540	0,2032	7,1026	1,44
0,2540	0,1524	77,5227	11,81
0,2540	0,1016	738,5989	75,04
0,2540	0,0762	2871,0010	218,77
0,2032	0,1524	12,9895	1,98
0,2032	0,1016	216,8419	22,03
0,2032	0,0762	955,0942	72,78
0,2032	0,0635	2252,7350	143,05
0,1524	0,1016	26,8328	2,73
0,1524	0,0762	168,3952	12,83
0,1524	0,0635	443,3662	28,15
0,1524	0,0508	1312,2940	66,66
0,1524	0,0381	4846,5010	184,65
0,1524	0,0318	0736,5800	340,89
0,1016	0,0762	8,0708	0,61
0,1016	0,0635	4,6341	2,20
0,1016	0,0508	136,9613	6,96
0,1016	0,0381	609,9799	23,24
0,1016	0,0318	1447,4480	45,96
0,0762	0,0635	2,0063	0,13
0,0762	0,0508	17,6777	0,90
0,0762	0,0381	111,7489	4,26
0,0762	0,0318	295,5442	9,38
0,0762	0,0254	879,1078	22,33
0,0635	0,0508	2,7831	0,14
0,0635	0,0381	31,0390	1,18
0,0635	0,0318	93,7550	2,98
0,0635	0,0254	305,5634	7,76
0,0508	0,0381	4,8349	0,18
0,0508	0,0318	20,8566	0,66
0,0508	0,0254	83,0648	2,11
0,0508	0,0191	373,1873	7,11
0,0381	0,0318	1,2054	0,04
0,0381	0,0254	10,6611	0,27
0,0381	0,0191	67,8128	1,29
0,0381	0,0127	537,9186	6,83
0,0318	0,0254	1,9936	0,05



Tabla B.1 — (continuación)

D2	D1	Fk	Le
0,0318	0,0191	22,2734	0,42
0,0318	0,0127	219,8898	2,79
0,0254	0,0191	3,0001	0,06
0,0254	0,0127	51,7710	0,66
0,0191	0,0127	7,4741	0,09

donde:

D2: diámetro mayor (m)

D1: diámetro menor (m)

Fk: factor correspondiente a la pieza ( $Le = Fk \cdot Dt$ )

Le: longitud equivalente relacionada con el diámetro menor (D1) m

Tabla B.2 – Longitud equivalente en metros de tubería correspondiente a bushings.

Diámetro nominal mayor mm	Diámetro nominal menor (mm)				
	40	32	25	20	15
50	1,39	3,34	8,02	21,79	
40		0,48	1,70	5,44	21,77
32			0,51	2,14	9,47
25				0,57	3,31
20					0,71

**NOTA:** La longitud equivalente se relaciona con el diámetro menor de la pieza y se expresa en metros.

Tabla B.3 – Longitud equivalente en metros de tubería correspondiente a los reducidos.

Diámetro nominal mayor mm	Diámetro nominal menor (mm)							
	80	65	50	40	32	25	20	15
100	0,61	2,20	6,96	23,24	45,96			
80		0,13	0,90	4,26	9,38	22,33		
65			0,14	1,18	2,98	7,76		
50				0,18	0,66	2,11	7,11	
40					0,04	0,25	1,20	6,35
32						0,05	0,42	2,79
25							0,06	0,66
20								0,09

**NOTA:** La longitud equivalente se relaciona con el diámetro menor de la pieza y se expresa en metros

**Anexo C**  
(normativo)

**Válvulas de cierre y control**

En el presente Anexo se resumen las características de las válvulas de mayor empleo en los sistemas de abasto de agua en los edificios sociales.

**Válvula de cuña:**

No permite operación frecuente, básicamente debe operar totalmente abierta o totalmente cerrada, resulta difícil conservar en buen estado de funcionamiento. Se empleará como válvula de cierre eventual

**Válvula de globo:**

Permite operación frecuente, puede emplearse para regular flujo, produce pérdidas de carga muy altas en relación con los otros tipos de válvulas.

**Válvula de bola:**

Tiene uso general, permite operación frecuente y efectiva, debe operar para cierre y abertura completa, produce pérdidas de carga pequeñas en relación con los otros tipos de válvulas, Para regular flujo se empleará el modelo de válvulas de bola regulable (con cremallera o de fricción).

**Válvula de retención:**

Permite el flujo en una sola dirección. Deberá seleccionarse para su operación horizontal o vertical.

**Válvula de mariposa:**

Se emplea para diámetros nominales iguales o mayores de 50 mm, su geometría permite el equilibrio de presiones que facilita su maniobra. Presenta el inconveniente de no efectuar cierre hermético

**Válvula reductora de presión:**

Dispositivo regulable que instalado en un conducto de agua disminuye automáticamente la presión que entra y la mantiene en un valor prácticamente constante a su salida

**Mezcladora:**

Conjunto que permite establecer el cierre y regular el caudal que procede de las tomas de agua caliente y agua fría para obtener su mezcla a una temperatura seleccionada por el usuario

**Válvula equilibrante:**

Permite regular el caudal en punto de las líneas de retorno de la red de abasto de agua caliente. Puede ser usada una válvula macho en su lugar con los inconvenientes de variar la calibración y sufrir desgaste. Existen válvulas equilibrantes de funcionamiento automático que regulan la temperatura del agua caliente efectuando la regulación de la cantidad de agua caliente que permite circular.

**Anexo D**  
(normativo)

**Pérdidas de carga en tuberías**

El presente conjunto de tablas contienen las pérdidas de carga por fricción correspondiente a los materiales, diámetros y rugosidades de uso frecuente. Los valores presentados fueron calculados empleando las fórmulas de Darcy-Weisbach y Colebrook-White.

Referencias empleadas:

Dn: Diámetro nominal, mm

Di: Diámetro interior, mm

Q: Caudal, L/s

V: Velocidad, m/s

Tipo de tubería	Diámetro nominal, DN (mm)	Páginas
Hierro fundido centrifugado	100,150,200,250 y 300	
Acero galvanizado, Sch, 40	13,19,25,32,40,50,65,80 100	
Asbesto Cemento	100,150,200,250 y 300	
Cobre	13,19,25,32,40 y 50	
Plástico (PVC-CPVC)	15,20,25,32,40,50,65,80,100 y 500	
<b>NOTA:</b> Para otro tipo de tubería termoplástica utilizar los datos técnicos ofrecidos por los fabricantes.		

**Ejemplo para el empleo de las tablas:**

**Datos:**

Material	Cobre	u/m
Diámetro nominal, DN	25	mm
Rugosidad Absoluta	0,03	mm
Caudal	0,48	L/s
<b>Resultados:</b>		
Velocidad	0,90	m/s
Pérdida de carga	0,04324	m/m

## Pérdida de carga en tuberías de hierro fundido centrifugado (m/m)

Dn 100 mm  
Di 103 mm

## Valores de la rugosidad absoluta mm

Q L/s	V m/s	0,15	0,2	0,26	0,3	0,35
0,83	0,10	0,00016	0,00017	0,00017	0,00017	0,00018
1,48	0,18	0,00046	0,00047	0,00048	0,00049	0,00051
2,12	0,25	0,00088	0,00092	0,00095	0,00097	0,00100
2,77	0,33	0,00145	0,00150	0,00157	0,00161	0,00165
3,41	0,41	0,00214	0,00223	0,00233	0,00239	0,00247
4,06	0,49	0,00296	0,00309	0,00324	0,00334	0,00345
4,70	0,56	0,00391	0,00410	0,00431	0,00443	0,00459
5,35	0,64	0,00499	0,00524	0,00552	0,00569	0,00589
5,99	0,72	0,00620	0,00652	0,00687	0,00709	0,00735
6,64	0,80	0,00753	0,00794	0,00838	0,00865	0,00897
7,28	0,87	0,00900	0,00950	0,01004	0,01036	0,01075
7,93	0,95	0,01059	0,01119	0,01184	0,01223	0,01269
8,57	1,03	0,01231	0,01303	0,01379	0,01425	0,01480
9,22	1,11	0,01416	0,01500	0,01589	0,01643	0,01706
9,86	1,18	0,01614	0,01711	0,01813	0,01876	0,01949
10,51	1,26	0,01825	0,01935	0,02053	0,02124	0,02207
11,15	1,34	0,02048	0,02174	0,02307	0,02388	0,02482
11,80	1,42	0,02284	0,02426	0,02576	0,02667	0,02772
12,44	1,49	0,02533	0,02692	0,02860	0,02961	0,03079
13,09	1,57	0,02795	0,02972	0,03158	0,03271	0,03402
13,73	1,65	0,03070	0,03266	0,03472	0,03596	0,03741
14,38	1,73	0,03357	0,03573	0,03800	0,03937	0,04096
15,03	1,80	0,03658	0,03894	0,04143	0,04293	0,04467
15,67	1,88	0,03971	0,04229	0,04501	0,04664	0,04854
16,32	1,96	0,04296	0,04578	0,04873	0,05051	0,05258
16,96	2,04	0,04635	0,04940	0,05260	0,05453	0,05677
17,61	2,11	0,04986	0,05317	0,05663	0,05871	0,06112
18,25	2,19	0,05351	0,05707	0,06079	0,06304	0,06564
18,90	2,27	0,05728	0,06111	0,06511	0,06752	0,07031
19,54	2,35	0,06117	0,06528	0,06958	0,07216	0,07515
20,19	2,42	0,06520	0,06960	0,07419	0,07695	0,08014
20,83	2,50	0,06935	0,07405	0,07895	0,08190	0,08530

## Pérdida de carga en tuberías de hierro fundido centrifugado (m/m)

Dn 150 mm  
Di 153,4 mm

## Valores de la rugosidad absoluta (mm)

Q L/s	V m/s	0,15	0,2	0,26	0,3	0,35
1,85	0,10	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010	0,00010
3,28	0,18	0,00028	0,00028	0,00029	0,00030	0,00030
4,71	0,25	0,00054	0,00055	0,00057	0,00058	0,00060
6,14	0,33	0,00088	0,00091	0,00094	0,00097	0,00099
7,57	0,41	0,00130	0,00135	0,00141	0,00144	0,00148
9,00	0,49	0,00180	0,00187	0,00196	0,00201	0,00207
10,43	0,56	0,00237	0,00248	0,00260	0,00267	0,00276
11,86	0,64	0,00303	0,00317	0,00333	0,00342	0,00354
13,29	0,72	0,00376	0,00395	0,00415	0,00427	0,00441
14,73	0,80	0,00458	0,00481	0,00506	0,00521	0,00539
16,16	0,87	0,00547	0,00575	0,00606	0,00624	0,00646
17,59	0,95	0,00644	0,00678	0,00714	0,00737	0,00763
19,02	1,03	0,00748	0,00789	0,00832	0,00858	0,00889
20,45	1,11	0,00861	0,00908	0,00959	0,00990	0,01025
21,88	1,18	0,00981	0,01036	0,01094	0,01130	0,01171
23,31	1,26	0,01109	0,01172	0,01239	0,01279	0,01326
24,74	1,34	0,01245	0,01317	0,01392	0,01438	0,01491
26,17	1,42	0,01389	0,01470	0,01555	0,01606	0,01666
27,60	1,49	0,01540	0,01631	0,01726	0,01784	0,01851
29,03	1,57	0,01699	0,01800	0,01906	0,01970	0,02045
30,46	1,65	0,01866	0,01978	0,02096	0,02166	0,02248
31,90	1,73	0,02041	0,02164	0,02294	0,02372	0,02462
33,33	1,80	0,02224	0,02359	0,02501	0,02586	0,02685
34,76	1,88	0,02414	0,02562	0,02717	0,02810	0,02918
36,19	1,96	0,02612	0,02773	0,02942	0,03043	0,03160
37,62	2,04	0,02818	0,02993	0,03175	0,03285	0,03412
39,05	2,11	0,03032	0,03221	0,03418	0,03537	0,03674
40,48	2,19	0,03253	0,03457	0,03670	0,03798	0,03945
41,91	2,27	0,03482	0,03702	0,03931	0,04068	0,04226
43,34	2,35	0,03719	0,03955	0,04200	0,04347	0,04517
44,77	2,42	0,03964	0,04216	0,04479	0,04636	0,04817
46,20	2,50	0,04217	0,04486	0,04766	0,04934	0,05127

## Pérdida de carga en tuberías de acero galvanizado schedule 40 (m/m)

Dn 13 mm  
Di 15,799 mm

## Valores de la rugosidad absoluta (mm)

Q L/s	V m/s	Valores de la rugosidad absoluta (mm)				
		0,07	0,11	0,15	0,19	0,23
0,02	0,10	0,00182	0,00188	0,00193	0,00199	0,00204
0,03	0,18	0,00489	0,00510	0,00530	0,00550	0,00569
0,05	0,25	0,00924	0,00972	0,01018	0,01062	0,01105
0,07	0,33	0,01482	0,01570	0,01654	0,01733	0,01810
0,08	0,41	0,02160	0,02303	0,02436	0,02562	0,02683
0,10	0,49	0,02956	0,03168	0,03364	0,03548	0,03723
0,11	0,56	0,03870	0,04165	0,04436	0,04691	0,04932
0,13	0,64	0,04900	0,05293	0,05654	0,05990	0,06308
0,14	0,72	0,06045	0,06553	0,07016	0,07446	0,07851
0,16	0,80	0,07306	0,07944	0,08523	0,09059	0,09561
0,17	0,87	0,08682	0,09466	0,10174	0,10827	0,11438
0,19	0,95	0,10172	0,11118	0,11970	0,12752	0,13482
0,20	1,03	0,11777	0,12901	0,13909	0,14834	0,15694
0,22	1,11	0,13496	0,14815	0,15993	0,17070	0,18073
0,23	1,18	0,15329	0,16859	0,18221	0,19463	0,20619
0,25	1,26	0,17276	0,19034	0,20593	0,22013	0,23332
0,26	1,34	0,19338	0,21339	0,23108	0,24719	0,26212
0,28	1,42	0,21513	0,23774	0,25768	0,27581	0,29259
0,29	1,49	0,23801	0,26340	0,28573	0,30600	0,32474
0,31	1,57	0,26204	0,29036	0,31521	0,33774	0,35855
0,32	1,65	0,28720	0,31862	0,34614	0,37105	0,39403
0,34	1,73	0,31350	0,34815	0,37850	0,40591	0,43119
0,35	1,80	0,34093	0,37902	0,41231	0,44234	0,47001
0,37	1,88	0,36950	0,41119	0,44755	0,48033	0,51051
0,38	1,96	0,39921	0,44466	0,48424	0,51988	0,55268
0,40	2,04	0,43005	0,47943	0,52237	0,56099	0,59651
0,41	2,11	0,46202	0,51551	0,56193	0,60366	0,64202
0,43	2,19	0,49513	0,55288	0,60294	0,64789	0,68920
0,44	2,27	0,52937	0,59156	0,64539	0,69369	0,73804
0,46	2,35	0,56475	0,63154	0,68927	0,74104	0,78856
0,47	2,42	0,60119	0,67282	0,73460	0,78996	0,84075
0,49	2,50	0,63884	0,71541	0,78136	0,84043	0,89461

## Pérdida de carga en tuberías de acero galvanizado schedule 40 (m/m)

Dn 19 mm

Di 20,93 mm

## Valores de la rugosidad absoluta mm

Q L/s	V m/s	0,07	0,11	0,15	0,19	0,23
0,03	0,10	0,00125	0,00128	0,00132	0,00135	0,00138
0,06	0,18	0,00337	0,00350	0,00363	0,00375	0,00388
0,09	0,25	0,00638	0,00669	0,00698	0,00727	0,00754
0,11	0,33	0,01025	0,01082	0,01136	0,01187	0,01235
0,14	0,41	0,01496	0,01588	0,01674	0,01755	0,01832
0,17	0,49	0,02049	0,02185	0,02312	0,02431	0,02543
0,19	0,56	0,02683	0,02874	0,03050	0,03215	0,03370
0,22	0,64	0,03399	0,03654	0,03888	0,04106	0,04310
0,25	0,72	0,04195	0,04525	0,04826	0,05104	0,05365
0,27	0,80	0,05071	0,05487	0,05863	0,06210	0,06534
0,30	0,87	0,06027	0,06539	0,07000	0,07423	0,07818
0,33	0,95	0,07063	0,07682	0,08236	0,08743	0,09215
0,35	1,03	0,08179	0,08914	0,09571	0,10171	0,10727
0,38	1,11	0,09374	0,10238	0,11005	0,11704	0,12353
0,41	1,18	0,10649	0,11651	0,12539	0,13346	0,14094
0,43	1,26	0,12003	0,13155	0,14171	0,15095	0,15949
0,46	1,34	0,13436	0,14748	0,15903	0,16951	0,17918
0,49	1,42	0,14948	0,16432	0,17735	0,18914	0,20001
0,51	1,49	0,16540	0,18206	0,19665	0,20984	0,22199
0,54	1,57	0,18210	0,20070	0,21695	0,23161	0,24511
0,57	1,65	0,19960	0,22022	0,23824	0,25446	0,26937
0,59	1,73	0,21789	0,24067	0,26052	0,27837	0,29477
0,62	1,80	0,23697	0,26201	0,28379	0,30336	0,32131
0,65	1,88	0,25684	0,28426	0,30806	0,32941	0,34900
0,67	1,96	0,27749	0,30740	0,33331	0,35654	0,37783
0,70	2,04	0,29894	0,33145	0,35956	0,38474	0,40780
0,73	2,11	0,32118	0,35639	0,38680	0,41400	0,43891
0,75	2,19	0,34420	0,38224	0,41503	0,44434	0,47116
0,78	2,27	0,36801	0,40898	0,44425	0,47575	0,50456
0,81	2,35	0,39257	0,43663	0,47446	0,50823	0,53910
0,83	2,42	0,41796	0,46517	0,50567	0,54178	0,57478
0,86	2,50	0,44414	0,49462	0,53786	0,57640	0,61160

## Pérdida de carga en tuberías de acero galvanizado schedule 40 (m/m)

Dn 25 mm  
Di 26,645 mm

## Valores de la rugosidad absoluta (mm)

Q L/s	V m/s	0,07	0,11	0,15	0,19	0,23
0,06	0,10	0,00091	0,00093	0,00095	0,00097	0,00100
0,10	0,18	0,00245	0,00254	0,00263	0,00272	0,00280
0,14	0,25	0,00466	0,00487	0,00507	0,00526	0,00545
0,19	0,33	0,00749	0,00788	0,00825	0,00860	0,00894
0,23	0,41	0,01094	0,01158	0,01217	0,01273	0,01326
0,27	0,49	0,01500	0,01594	0,01681	0,01763	0,01841
0,31	0,56	0,01965	0,02097	0,02219	0,02332	0,02439
0,36	0,64	0,02489	0,02667	0,02829	0,02979	0,03120
0,40	0,72	0,03073	0,03303	0,03512	0,03704	0,03884
0,44	0,80	0,03716	0,04006	0,04267	0,04507	0,04731
0,49	0,87	0,04418	0,04774	0,05094	0,05387	0,05660
0,53	0,95	0,05178	0,05609	0,05994	0,06346	0,06672
0,57	1,03	0,05997	0,06510	0,06966	0,07382	0,07767
0,62	1,11	0,06874	0,07476	0,08011	0,08496	0,08945
0,66	1,18	0,07809	0,08509	0,09127	0,09688	0,10205
0,70	1,26	0,08803	0,09608	0,10316	0,10957	0,11549
0,75	1,34	0,09855	0,10772	0,11577	0,12305	0,12975
0,79	1,42	0,10965	0,12003	0,12911	0,13730	0,14483
0,83	1,49	0,12133	0,13299	0,14316	0,15233	0,16075
0,88	1,57	0,13359	0,14659	0,15794	0,16814	0,17749
0,92	1,65	0,14643	0,16087	0,17345	0,18472	0,19506
0,96	1,73	0,15986	0,17581	0,18967	0,20209	0,21345
1,01	1,80	0,17386	0,19141	0,20662	0,22023	0,23268
1,05	1,88	0,18844	0,20766	0,22428	0,23914	0,25273
1,09	1,96	0,20361	0,22458	0,24267	0,25884	0,27361
1,13	2,04	0,21935	0,24215	0,26179	0,27931	0,29531
1,18	2,11	0,23567	0,26037	0,28162	0,30056	0,31784
1,22	2,19	0,25254	0,27926	0,30218	0,32259	0,34120
1,26	2,27	0,27002	0,29880	0,32345	0,34539	0,36539
1,31	2,35	0,28808	0,31900	0,34545	0,36897	0,39040
1,35	2,42	0,30672	0,33986	0,36818	0,39333	0,41624



## Pérdida de carga en tuberías de acero galvanizado schedule 40 (m/m)

Dn 32 mm  
Di 35,052 mm

## Valores de la rugosidad absoluta (mm)

Q L/s	V m/s	0,07	0,11	0,15	0,19	0,23
0,10	0,10	0,00063	0,00065	0,00066	0,00068	0,00069
0,17	0,18	0,00172	0,00178	0,00183	0,00189	0,00194
0,25	0,25	0,00327	0,00341	0,00354	0,00366	0,00378
0,32	0,33	0,00526	0,00552	0,00576	0,00599	0,00621
0,40	0,41	0,00769	0,00811	0,00850	0,00887	0,00921
0,47	0,49	0,01055	0,01117	0,01175	0,01229	0,01280
0,54	0,56	0,01383	0,01470	0,01551	0,01626	0,01696
0,62	0,64	0,01753	0,01870	0,01978	0,02077	0,02170
0,69	0,72	0,02164	0,02317	0,02455	0,02583	0,02701
0,77	0,80	0,02618	0,02810	0,02984	0,03143	0,03290
0,84	0,87	0,03113	0,03350	0,03563	0,03757	0,03937
0,92	0,95	0,03649	0,03936	0,04192	0,04425	0,04641
0,99	1,03	0,04226	0,04569	0,04873	0,05148	0,05403
1,07	1,11	0,04845	0,05248	0,05603	0,05925	0,06222
1,14	1,18	0,05505	0,05973	0,06384	0,06757	0,07099
1,22	1,26	0,06206	0,06745	0,07216	0,07643	0,08034
1,29	1,34	0,06948	0,07562	0,08099	0,08583	0,09026
1,37	1,42	0,07732	0,08426	0,09032	0,09577	0,10076
1,44	1,49	0,08556	0,09336	0,10016	0,10625	0,11183
1,52	1,57	0,09421	0,10292	0,11050	0,11728	0,12348
1,59	1,65	0,10328	0,11295	0,12135	0,12885	0,13571
1,67	1,73	0,11275	0,12345	0,13270	0,14096	0,14851
1,74	1,80	0,12263	0,13440	0,14456	0,15362	0,16188
1,81	1,88	0,13292	0,14581	0,15692	0,16682	0,17583
1,89	1,96	0,14362	0,15769	0,16979	0,18056	0,19036
1,96	2,04	0,15473	0,17003	0,18317	0,19484	0,20546
2,04	2,11	0,16623	0,18284	0,19704	0,20966	0,22114
2,11	2,19	0,17815	0,19610	0,21143	0,22503	0,23739
2,19	2,27	0,19049	0,20983	0,22632	0,24094	0,25422
2,26	2,35	0,20324	0,22401	0,24171	0,25739	0,27162
2,34	2,42	0,21639	0,23867	0,25761	0,27438	0,28960

## Pérdida de carga en tuberías de acero galvanizado schedule 40 (m/m)

Dn 40 mm  
Di 40,894 mm

## Valores de la rugosidad absoluta, (mm)

Q L/s	V m/s	0,07	0,11	0,15	0,19	0,23
0,13	0,10	0,00052	0,00053	0,00054	0,00055	0,00056
0,23	0,18	0,00141	0,00145	0,00150	0,00154	0,00158
0,33	0,25	0,00268	0,00279	0,00289	0,00299	0,00309
0,44	0,33	0,00432	0,00452	0,00471	0,00490	0,00507
0,54	0,41	0,00632	0,00665	0,00696	0,00725	0,00752
0,64	0,49	0,00867	0,00916	0,00962	0,01005	0,01045
0,74	0,56	0,01136	0,01206	0,01270	0,01329	0,01385
0,84	0,64	0,01441	0,01534	0,01620	0,01698	0,01772
0,94	0,72	0,01779	0,01901	0,02011	0,02112	0,02206
1,05	0,80	0,02152	0,02306	0,02444	0,02570	0,02687
1,15	0,87	0,02559	0,02749	0,02918	0,03073	0,03215
1,25	0,95	0,03001	0,03230	0,03434	0,03619	0,03791
1,35	1,03	0,03476	0,03749	0,03991	0,04211	0,04413
1,45	1,11	0,03985	0,04307	0,04590	0,04846	0,05083
1,55	1,18	0,04528	0,04902	0,05230	0,05527	0,05799
1,66	1,26	0,05105	0,05535	0,05912	0,06251	0,06563
1,76	1,34	0,05716	0,06207	0,06635	0,07020	0,07373
1,86	1,42	0,06361	0,06915	0,07399	0,07834	0,08231
1,96	1,49	0,07039	0,07663	0,08205	0,08691	0,09135
2,06	1,57	0,07751	0,08448	0,09053	0,09593	0,10087
2,17	1,65	0,08497	0,09271	0,09942	0,10540	0,11086
2,27	1,73	0,09277	0,10133	0,10872	0,11531	0,12131
2,37	1,80	0,10090	0,11032	0,11844	0,12566	0,13224
2,47	1,88	0,10937	0,11969	0,12857	0,13646	0,14363
2,57	1,96	0,11818	0,12944	0,13911	0,14770	0,15550
2,67	2,04	0,12730	0,13957	0,15007	0,15938	0,16784
2,78	2,11	0,13678	0,15008	0,16144	0,17151	0,18065
2,88	2,19	0,14660	0,16097	0,17323	0,18408	0,19392
2,98	2,27	0,15675	0,17224	0,18543	0,19709	0,20767
3,08	2,35	0,16724	0,18389	0,19804	0,21055	0,22189
3,18	2,42	0,17807	0,19592	0,21107	0,22445	0,23657

## Pérdida de carga en tuberías de acero galvanizado schedule 40 (m/m)

Dn 50 mm  
Di 50,502 mm

## Valores de la rugosidad absoluta, (mm)

Q L/s	V m/s	0,07	0,11	0,15	0,19	0,23
0,20	0,10	0,00039	0,00040	0,00041	0,00042	0,00042
0,36	0,18	0,00107	0,00111	0,00114	0,00117	0,00120
0,51	0,25	0,00205	0,00213	0,00220	0,00227	0,00234
0,67	0,33	0,00330	0,00345	0,00359	0,00372	0,00385
0,82	0,41	0,00483	0,00507	0,00530	0,00551	0,00571
0,98	0,49	0,00663	0,00699	0,00733	0,00764	0,00793
1,13	0,56	0,00870	0,00921	0,00968	0,01011	0,01051
1,29	0,64	0,01103	0,01172	0,01234	0,01292	0,01345
1,44	0,72	0,01363	0,01452	0,01532	0,01606	0,01675
1,60	0,80	0,01649	0,01761	0,01862	0,01955	0,02040
1,75	0,87	0,01961	0,02100	0,02224	0,02337	0,02442
1,91	0,95	0,02299	0,02468	0,02618	0,02753	0,02879
2,06	1,03	0,02663	0,02865	0,03042	0,03203	0,03352
2,22	1,11	0,03054	0,03291	0,03499	0,03687	0,03860
2,37	1,18	0,03470	0,03746	0,03987	0,04205	0,04404
2,53	1,26	0,03913	0,04230	0,04507	0,04756	0,04984
2,68	1,34	0,04381	0,04742	0,05058	0,05341	0,05600
2,84	1,42	0,04876	0,05285	0,05641	0,05960	0,06251
2,99	1,49	0,05396	0,05856	0,06256	0,06613	0,06938
3,15	1,57	0,05942	0,06456	0,06902	0,07299	0,07661
3,30	1,65	0,06514	0,07086	0,07580	0,08019	0,08420
3,46	1,73	0,07112	0,07744	0,08289	0,08773	0,09214
3,61	1,80	0,07736	0,08432	0,09030	0,09561	0,10044
3,77	1,88	0,08385	0,09148	0,09802	0,10383	0,10909
3,92	1,96	0,09059	0,09894	0,10606	0,11238	0,11811
4,08	2,04	0,09761	0,10668	0,11442	0,12127	0,12748
4,23	2,11	0,10488	0,11471	0,12309	0,13050	0,13721
4,39	2,19	0,11241	0,12304	0,13208	0,14006	0,14729
4,54	2,27	0,12019	0,13165	0,14138	0,14997	0,15773
4,70	2,35	0,12824	0,14056	0,15100	0,16021	0,16853
4,85	2,42	0,13654	0,14975	0,16093	0,17078	0,17969

## Pérdida de carga en tuberías de acero galvanizado schedule 40 (m/m)

Dn 65 mm  
Di 62,718 mm

Q L/s	V m/s	Valores de la rugosidad absoluta, (mm)				
		0,07	0,11	0,15	0,19	0,23
0,31	0,10	0,00030	0,00030	0,00031	0,00031	0,00032
0,55	0,18	0,00081	0,00084	0,00086	0,00088	0,00090
0,79	0,25	0,00155	0,00161	0,00167	0,00172	0,00177
1,03	0,33	0,00251	0,00262	0,00272	0,00281	0,00290
1,27	0,41	0,00367	0,00385	0,00401	0,00417	0,00431
1,50	0,49	0,00504	0,00531	0,00555	0,00578	0,00599
1,74	0,56	0,00662	0,00699	0,00733	0,00765	0,00794
1,98	0,64	0,00840	0,00890	0,00935	0,00977	0,01016
2,22	0,72	0,01038	0,01103	0,01162	0,01215	0,01265
2,46	0,80	0,01256	0,01338	0,01412	0,01479	0,01541
2,70	0,87	0,01494	0,01595	0,01686	0,01768	0,01845
2,94	0,95	0,01752	0,01875	0,01984	0,02083	0,02175
3,18	1,03	0,02029	0,02177	0,02306	0,02424	0,02532
3,42	1,11	0,02327	0,02501	0,02653	0,02790	0,02916
3,66	1,18	0,02645	0,02847	0,03023	0,03182	0,03327
3,90	1,26	0,02982	0,03215	0,03417	0,03599	0,03765
4,14	1,34	0,03339	0,03604	0,03835	0,04042	0,04231
4,37	1,42	0,03716	0,04017	0,04278	0,04511	0,04723
4,61	1,49	0,04113	0,04451	0,04744	0,05005	0,05242
4,85	1,57	0,04530	0,04907	0,05234	0,05524	0,05788
5,09	1,65	0,04966	0,05386	0,05748	0,06069	0,06361
5,33	1,73	0,05422	0,05886	0,06286	0,06640	0,06961
5,57	1,80	0,05898	0,06409	0,06848	0,07236	0,07588
5,81	1,88	0,06392	0,06954	0,07433	0,07858	0,08242
6,05	1,96	0,06907	0,07521	0,08043	0,08505	0,08924
6,29	2,04	0,07442	0,08109	0,08677	0,09178	0,09632
6,53	2,11	0,07997	0,08720	0,09335	0,09877	0,10367
6,77	2,19	0,08571	0,09353	0,10016	0,10601	0,11129
7,01	2,27	0,09165	0,10008	0,10722	0,11350	0,11918
7,25	2,35	0,09779	0,10685	0,11451	0,12125	0,12734
7,48	2,42	0,10412	0,11384	0,12205	0,12926	0,13576

## Pérdida de carga en tuberías de acero galvanizado schedule 40 (m/m)

Dn 80 mm  
Di 77,927 mm

## Valores de la rugosidad absoluta, (mm)

Q L/s	V m/s	0,07	0,11	0,15	0,19	0,23
0,48	0,10	0,00022	0,00023	0,00023	0,00024	0,00024
0,85	0,18	0,00062	0,00063	0,00065	0,00067	0,00068
1,22	0,25	0,00118	0,00122	0,00126	0,00130	0,00133
1,58	0,33	0,00191	0,00199	0,00206	0,00213	0,00219
1,95	0,41	0,00280	0,00292	0,00304	0,00315	0,00326
2,32	0,49	0,00384	0,00403	0,00421	0,00437	0,00453
2,69	0,56	0,00504	0,00531	0,00556	0,00579	0,00600
3,06	0,64	0,00640	0,00676	0,00710	0,00740	0,00769
3,43	0,72	0,00791	0,00839	0,00881	0,00921	0,00957
3,80	0,80	0,00957	0,01017	0,01071	0,01120	0,01166
4,17	0,87	0,01139	0,01213	0,01280	0,01340	0,01395
4,54	0,95	0,01336	0,01426	0,01506	0,01578	0,01645
4,91	1,03	0,01548	0,01656	0,01751	0,01837	0,01915
5,28	1,11	0,01775	0,01902	0,02014	0,02114	0,02206
5,65	1,18	0,02017	0,02165	0,02295	0,02411	0,02517
6,02	1,26	0,02275	0,02445	0,02594	0,02727	0,02849
6,38	1,34	0,02548	0,02742	0,02911	0,03063	0,03201
6,75	1,42	0,02835	0,03056	0,03247	0,03418	0,03573
7,12	1,49	0,03138	0,03386	0,03601	0,03792	0,03966
7,49	1,57	0,03456	0,03734	0,03973	0,04186	0,04379
7,86	1,65	0,03789	0,04098	0,04363	0,04599	0,04813
8,23	1,73	0,04137	0,04479	0,04772	0,05031	0,05267
8,60	1,80	0,04499	0,04877	0,05199	0,05483	0,05741
8,97	1,88	0,04878	0,05291	0,05643	0,05955	0,06236
9,34	1,96	0,05271	0,05722	0,06106	0,06445	0,06751
9,71	2,04	0,05679	0,06170	0,06588	0,06955	0,07287
10,08	2,11	0,06102	0,06635	0,07087	0,07484	0,07843
10,45	2,19	0,06541	0,07117	0,07604	0,08033	0,08419
10,82	2,27	0,06994	0,07615	0,08140	0,08601	0,09016
11,19	2,35	0,07463	0,08131	0,08694	0,09189	0,09634
11,55	2,42	0,07946	0,08663	0,09266	0,09795	0,10272
11,92	2,50	0,08445	0,09211	0,09856	0,10421	0,10930

## Pérdida de carga en tuberías de acero galvanizado schedule 40 (m/m)

Dn 100 mm  
Di 102,26 mm

## Valores de la rugosidad absoluta, (mm)

Q L/s	V m/s	0,07	0,11	0,15	0,19	0,23
0,82	0,10	0,00016	0,00016	0,00016	0,00017	0,00017
1,44	0,17	0,00043	0,00044	0,00045	0,00046	0,00047
2,05	0,25	0,00081	0,00084	0,00086	0,00089	0,00091
2,67	0,32	0,00130	0,00135	0,00140	0,00144	0,00149
3,29	0,40	0,00191	0,00199	0,00206	0,00213	0,00220
3,90	0,47	0,00261	0,00274	0,00285	0,00295	0,00305
4,52	0,55	0,00342	0,00360	0,00376	0,00390	0,00404
5,13	0,62	0,00434	0,00457	0,00479	0,00498	0,00516
5,75	0,70	0,00536	0,00566	0,00594	0,00619	0,00642
6,37	0,77	0,00648	0,00687	0,00721	0,00752	0,00781
6,98	0,85	0,00771	0,00818	0,00861	0,00899	0,00934
7,60	0,92	0,00904	0,00961	0,01012	0,01058	0,01101
8,21	1,00	0,01047	0,01115	0,01176	0,01231	0,01281
8,83	1,07	0,01200	0,01281	0,01352	0,01416	0,01474
9,44	1,15	0,01363	0,01458	0,01540	0,01614	0,01682
10,06	1,22	0,01537	0,01645	0,01740	0,01825	0,01902
10,68	1,30	0,01720	0,01844	0,01953	0,02049	0,02137
11,29	1,37	0,01914	0,02055	0,02177	0,02286	0,02385
11,91	1,45	0,02118	0,02276	0,02414	0,02535	0,02646
12,52	1,52	0,02332	0,02509	0,02662	0,02798	0,02921
13,14	1,60	0,02556	0,02753	0,02923	0,03073	0,03210
13,76	1,67	0,02790	0,03009	0,03196	0,03362	0,03512
14,37	1,75	0,03034	0,03275	0,03481	0,03663	0,03827
14,99	1,82	0,03289	0,03553	0,03778	0,03977	0,04156
15,60	1,90	0,03553	0,03842	0,04088	0,04304	0,04499
16,22	1,97	0,03828	0,04142	0,04409	0,04644	0,04855
16,84	2,05	0,04112	0,04454	0,04743	0,04997	0,05225
17,45	2,12	0,04407	0,04776	0,05088	0,05362	0,05609
18,07	2,20	0,04712	0,05110	0,05446	0,05741	0,06006
18,68	2,27	0,05027	0,05455	0,05816	0,06132	0,06416
19,30	2,35	0,05352	0,05812	0,06198	0,06536	0,06840
19,92	2,42	0,05688	0,06179	0,06592	0,06953	0,07278
20,53	2,50	0,06033	0,06558	0,06998	0,07383	0,07729

## Pérdida de carga en tuberías de asbesto-cemento (m/m)

Dn 100 mm  
Di 100 mm

## Valores de la rugosidad absoluta, (mm)

Q L/s	V m/s	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,79	0,10	0,00016	0,00016	0,00016	0,00016	0,00016
1,39	0,18	0,00044	0,00045	0,00045	0,00045	0,00046
2,00	0,25	0,00085	0,00086	0,00086	0,00087	0,00088
2,61	0,33	0,00137	0,00138	0,00140	0,00141	0,00142
3,22	0,41	0,00200	0,00202	0,00205	0,00207	0,00209
3,83	0,49	0,00274	0,00278	0,00281	0,00285	0,00288
4,43	0,56	0,00359	0,00364	0,00370	0,00374	0,00379
5,04	0,64	0,00455	0,00462	0,00469	0,00476	0,00482
5,65	0,72	0,00562	0,00571	0,00580	0,00589	0,00597
6,26	0,80	0,00679	0,00691	0,00702	0,00713	0,00724
6,87	0,87	0,00806	0,00821	0,00835	0,00849	0,00862
7,47	0,95	0,00944	0,00963	0,00980	0,00997	0,01013
8,08	1,03	0,01093	0,01115	0,01136	0,01156	0,01175
8,69	1,11	0,01252	0,01278	0,01303	0,01326	0,01349
9,30	1,18	0,01422	0,01452	0,01481	0,01508	0,01535
9,91	1,26	0,01601	0,01636	0,01670	0,01701	0,01732
10,51	1,34	0,01792	0,01832	0,01870	0,01906	0,01941
11,12	1,42	0,01992	0,02038	0,02081	0,02123	0,02162
11,73	1,49	0,02203	0,02255	0,02304	0,02350	0,02394
12,34	1,57	0,02424	0,02482	0,02537	0,02589	0,02639
12,95	1,65	0,02656	0,02721	0,02782	0,02839	0,02895
13,55	1,73	0,02898	0,02969	0,03037	0,03101	0,03163
14,16	1,80	0,03150	0,03229	0,03304	0,03375	0,03443
14,77	1,88	0,03412	0,03500	0,03581	0,03660	0,03734
15,38	1,96	0,03685	0,03780	0,03870	0,03956	0,04037
15,99	2,04	0,03968	0,04072	0,04170	0,04263	0,04352
16,59	2,11	0,04261	0,04374	0,04481	0,04582	0,04678
17,20	2,19	0,04564	0,04687	0,04803	0,04913	0,05016
17,81	2,27	0,04877	0,05011	0,05136	0,05254	0,05366
18,42	2,35	0,05201	0,05345	0,05480	0,05607	0,05728
19,03	2,42	0,05535	0,05690	0,05835	0,05972	0,06101
19,63	2,50	0,05880	0,06046	0,06202	0,06348	0,06486

## Pérdida de carga en tuberías de asbesto-cemento, (m/m)

Dn 150 mm  
Di 141 mm

## Valores de la rugosidad absoluta, (mm)

Q L/s	V m/s	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
1,56	0,10	0,00010	0,00010	0,00011	0,00011	0,00011
2,77	0,18	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029	0,00030
3,98	0,25	0,00055	0,00056	0,00056	0,00057	0,00057
5,19	0,33	0,00089	0,00090	0,00091	0,00092	0,00093
6,40	0,41	0,00131	0,00132	0,00134	0,00135	0,00136
7,61	0,49	0,00179	0,00182	0,00184	0,00186	0,00188
8,81	0,56	0,00235	0,00238	0,00242	0,00245	0,00247
10,02	0,64	0,00298	0,00302	0,00307	0,00311	0,00315
11,23	0,72	0,00368	0,00374	0,00379	0,00385	0,00390
12,44	0,80	0,00445	0,00452	0,00459	0,00466	0,00473
13,65	0,87	0,00529	0,00538	0,00547	0,00555	0,00563
14,86	0,95	0,00619	0,00631	0,00641	0,00652	0,00662
16,07	1,03	0,00717	0,00731	0,00743	0,00756	0,00768
17,28	1,11	0,00822	0,00838	0,00853	0,00867	0,00881
18,49	1,18	0,00933	0,00952	0,00969	0,00986	0,01003
19,69	1,26	0,01051	0,01073	0,01093	0,01113	0,01132
20,90	1,34	0,01176	0,01201	0,01225	0,01247	0,01269
22,11	1,42	0,01308	0,01336	0,01363	0,01388	0,01413
23,32	1,49	0,01446	0,01479	0,01509	0,01538	0,01565
24,53	1,57	0,01592	0,01628	0,01662	0,01694	0,01725
25,74	1,65	0,01744	0,01784	0,01822	0,01858	0,01893
26,95	1,73	0,01903	0,01948	0,01989	0,02030	0,02068
28,16	1,80	0,02069	0,02118	0,02164	0,02209	0,02251
29,37	1,88	0,02241	0,02295	0,02346	0,02395	0,02441
30,57	1,96	0,02420	0,02480	0,02536	0,02589	0,02639
31,78	2,04	0,02606	0,02671	0,02732	0,02790	0,02845
32,99	2,11	0,02798	0,02870	0,02936	0,02999	0,03059
34,20	2,19	0,02998	0,03075	0,03147	0,03215	0,03280
35,41	2,27	0,03204	0,03288	0,03366	0,03439	0,03509
36,62	2,35	0,03417	0,03507	0,03591	0,03670	0,03745
37,83	2,42	0,03637	0,03734	0,03824	0,03909	0,03990
39,04	2,50	0,03863	0,03967	0,04064	0,04155	0,04241



## Pérdida de carga en tuberías de asbesto-cemento, (m/m)

Dn 200 mm  
Di 189 mm

## Valores de la rugosidad absoluta, (mm)

Q L/s	V m/s	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
2,81	0,10	0,00007	0,00007	0,00007	0,00007	0,00007
5,05	0,18	0,00021	0,00021	0,00021	0,00021	0,00021
7,29	0,26	0,00040	0,00040	0,00041	0,00041	0,00041
9,54	0,34	0,00065	0,00066	0,00066	0,00067	0,00067
11,78	0,42	0,00095	0,00096	0,00097	0,00098	0,00099
14,03	0,50	0,00131	0,00133	0,00135	0,00136	0,00137
16,27	0,58	0,00173	0,00175	0,00177	0,00179	0,00181
18,52	0,66	0,00219	0,00222	0,00225	0,00228	0,00231
20,76	0,74	0,00271	0,00275	0,00279	0,00283	0,00287
23,01	0,82	0,00328	0,00333	0,00338	0,00343	0,00348
25,25	0,90	0,00390	0,00397	0,00403	0,00409	0,00415
27,49	0,98	0,00458	0,00466	0,00473	0,00481	0,00488
29,74	1,06	0,00530	0,00540	0,00549	0,00558	0,00566
31,98	1,14	0,00608	0,00619	0,00630	0,00641	0,00651
34,23	1,22	0,00691	0,00704	0,00717	0,00729	0,00741
36,47	1,30	0,00779	0,00794	0,00809	0,00823	0,00836
38,72	1,38	0,00872	0,00890	0,00907	0,00923	0,00938
40,96	1,46	0,00970	0,00990	0,01010	0,01028	0,01045
43,21	1,54	0,01073	0,01096	0,01118	0,01138	0,01158
45,45	1,62	0,01182	0,01207	0,01232	0,01255	0,01277
47,69	1,70	0,01295	0,01323	0,01351	0,01377	0,01401
49,94	1,78	0,01413	0,01445	0,01475	0,01504	0,01532
52,18	1,86	0,01537	0,01572	0,01606	0,01637	0,01667
54,43	1,94	0,01665	0,01704	0,01741	0,01776	0,01809
56,67	2,02	0,01799	0,01842	0,01882	0,01920	0,01956
58,92	2,10	0,01937	0,01984	0,02028	0,02070	0,02109
61,16	2,18	0,02081	0,02132	0,02180	0,02225	0,02268
63,40	2,26	0,02230	0,02285	0,02337	0,02386	0,02432
65,65	2,34	0,02384	0,02444	0,02500	0,02553	0,02603
67,89	2,42	0,02543	0,02607	0,02668	0,02725	0,02778
70,14	2,50	0,02706	0,02776	0,02841	0,02902	0,02960

## Pérdida de carga en tuberías de asbesto-cemento, (m/m)

Dn 250 mm  
Di 235 mm

## Valores de la rugosidad absoluta, (mm)

Q L/s	V m/s	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
4,34	0,10	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006	0,00006
7,81	0,18	0,00016	0,00016	0,00016	0,00016	0,00016
11,28	0,26	0,00031	0,00031	0,00031	0,00031	0,00031
14,75	0,34	0,00050	0,00050	0,00051	0,00051	0,00051
18,22	0,42	0,00073	0,00074	0,00075	0,00075	0,00076
21,69	0,50	0,00101	0,00102	0,00103	0,00104	0,00105
25,16	0,58	0,00132	0,00134	0,00136	0,00137	0,00139
28,63	0,66	0,00168	0,00170	0,00173	0,00175	0,00177
32,10	0,74	0,00208	0,00211	0,00214	0,00217	0,00219
35,57	0,82	0,00252	0,00256	0,00259	0,00263	0,00266
39,04	0,90	0,00300	0,00304	0,00309	0,00314	0,00318
42,51	0,98	0,00351	0,00357	0,00363	0,00368	0,00374
45,98	1,06	0,00407	0,00414	0,00421	0,00428	0,00434
49,45	1,14	0,00467	0,00475	0,00483	0,00491	0,00499
52,92	1,22	0,00531	0,00540	0,00550	0,00559	0,00567
56,39	1,30	0,00598	0,00610	0,00621	0,00631	0,00641
59,86	1,38	0,00670	0,00683	0,00695	0,00707	0,00719
63,33	1,46	0,00745	0,00760	0,00774	0,00788	0,00801
66,80	1,54	0,00824	0,00841	0,00857	0,00873	0,00888
70,27	1,62	0,00908	0,00927	0,00945	0,00962	0,00979
73,74	1,70	0,00995	0,01016	0,01036	0,01056	0,01074
77,21	1,78	0,01086	0,01109	0,01132	0,01153	0,01174
80,67	1,86	0,01181	0,01207	0,01232	0,01255	0,01278
84,14	1,94	0,01279	0,01308	0,01336	0,01362	0,01386
87,61	2,02	0,01382	0,01414	0,01444	0,01472	0,01499
91,08	2,10	0,01488	0,01523	0,01556	0,01587	0,01616
94,55	2,18	0,01599	0,01637	0,01673	0,01706	0,01738
98,02	2,26	0,01713	0,01755	0,01793	0,01830	0,01864
101,49	2,34	0,01832	0,01876	0,01918	0,01957	0,01995
104,96	2,42	0,01954	0,02002	0,02047	0,02089	0,02129
108,43	2,50	0,02080	0,02132	0,02180	0,02226	0,02268

## Pérdida de carga en tuberías de asbesto-cemento, (m/m)

Dn 300 mm  
Di 279 mm

## Valores de la rugosidad absoluta, (mm)

Q L/s	V m/s	Valores de la rugosidad absoluta, (mm)				
		0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
6,11	0,10	0,00004	0,00004	0,00004	0,00004	0,00005
11,00	0,18	0,00013	0,00013	0,00013	0,00013	0,00013
15,90	0,26	0,00025	0,00025	0,00025	0,00025	0,00025
20,79	0,34	0,00040	0,00041	0,00041	0,00041	0,00042
25,68	0,42	0,00059	0,00060	0,00061	0,00061	0,00062
30,57	0,50	0,00082	0,00083	0,00084	0,00084	0,00085
35,46	0,58	0,00108	0,00109	0,00110	0,00111	0,00113
40,35	0,66	0,00137	0,00138	0,00140	0,00142	0,00143
45,24	0,74	0,00169	0,00171	0,00174	0,00176	0,00178
50,13	0,82	0,00205	0,00208	0,00211	0,00213	0,00216
55,02	0,90	0,00243	0,00247	0,00251	0,00254	0,00258
59,91	0,98	0,00286	0,00290	0,00295	0,00299	0,00303
64,80	1,06	0,00331	0,00337	0,00342	0,00347	0,00352
69,70	1,14	0,00379	0,00386	0,00392	0,00399	0,00404
74,59	1,22	0,00431	0,00439	0,00447	0,00454	0,00460
79,48	1,30	0,00486	0,00495	0,00504	0,00512	0,00520
84,37	1,38	0,00544	0,00555	0,00565	0,00574	0,00583
89,26	1,46	0,00606	0,00618	0,00629	0,00640	0,00650
94,15	1,54	0,00670	0,00684	0,00696	0,00709	0,00720
99,04	1,62	0,00738	0,00753	0,00767	0,00781	0,00794
103,93	1,70	0,00809	0,00826	0,00842	0,00857	0,00871
108,82	1,78	0,00883	0,00901	0,00919	0,00936	0,00952
113,71	1,86	0,00960	0,00981	0,01000	0,01019	0,01037
118,60	1,94	0,01040	0,01063	0,01085	0,01105	0,01125
123,50	2,02	0,01124	0,01149	0,01173	0,01195	0,01217
128,39	2,10	0,01210	0,01238	0,01264	0,01289	0,01312
133,28	2,18	0,01300	0,01330	0,01359	0,01385	0,01410
138,17	2,26	0,01393	0,01426	0,01457	0,01485	0,01513
143,06	2,34	0,01489	0,01525	0,01558	0,01589	0,01619
147,95	2,42	0,01589	0,01627	0,01663	0,01696	0,01728
152,84	2,50	0,01691	0,01732	0,01771	0,01807	0,01841

## Pérdida de carga en tuberías de cobre, (m/m)

Dn 13 mm  
Di 13,843 mm

Q L/s	V m/s	Valores de la rugosidad absoluta, (mm)				
		0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
0,02	0,10	0,00208	0,00209	0,00211	0,00213	0,00215
0,03	0,18	0,00557	0,00564	0,00571	0,00578	0,00585
0,04	0,26	0,01043	0,01060	0,01076	0,01093	0,01109
0,05	0,34	0,01653	0,01685	0,01717	0,01748	0,01779
0,06	0,42	0,02383	0,02436	0,02489	0,02540	0,02591
0,08	0,50	0,03225	0,03308	0,03388	0,03466	0,03542
0,09	0,58	0,04179	0,04297	0,04412	0,04522	0,04629
0,10	0,66	0,05242	0,05403	0,05558	0,05708	0,05853
0,11	0,74	0,06410	0,06623	0,06827	0,07023	0,07213
0,12	0,82	0,07682	0,07955	0,08215	0,08464	0,08706
0,14	0,90	0,09057	0,09398	0,09723	0,10035	0,10332
0,15	0,98	0,10533	0,10952	0,11349	0,11730	0,12091
0,16	1,06	0,12109	0,12616	0,13097	0,13550	0,13982
0,17	1,14	0,13784	0,14388	0,14959	0,15495	0,16006
0,18	1,22	0,15557	0,16268	0,16938	0,17565	0,18161
0,20	1,30	0,17428	0,18256	0,19033	0,19759	0,20448
0,21	1,38	0,19395	0,20358	0,21244	0,22078	0,22867
0,22	1,46	0,21459	0,22560	0,23572	0,24521	0,25417
0,23	1,54	0,23617	0,24868	0,26014	0,27087	0,28098
0,24	1,62	0,25871	0,27282	0,28573	0,29777	0,30911
0,26	1,70	0,28219	0,29801	0,31246	0,32591	0,33854
0,27	1,78	0,30661	0,32426	0,34034	0,35528	0,36928
0,28	1,86	0,33196	0,35156	0,36937	0,38588	0,40133
0,29	1,94	0,35824	0,37990	0,39955	0,41772	0,43469
0,30	2,02	0,38546	0,40930	0,43087	0,45078	0,46935
0,32	2,10	0,41359	0,43973	0,46334	0,48508	0,50532
0,33	2,18	0,44282	0,47122	0,49695	0,52060	0,54260
0,34	2,26	0,47280	0,50374	0,53170	0,55735	0,58118
0,35	2,34	0,50369	0,53730	0,56759	0,59533	0,62107
0,36	2,42	0,53550	0,57190	0,60462	0,63454	0,66226
0,38	2,50	0,56822	0,60753	0,64279	0,67497	0,70475

## Pérdida de carga en tuberías de cobre, (m/m)

Dn 19 mm  
Di 19,939 mm

## Valores de la rugosidad absoluta, (mm)

Q L/s	V m/s	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
0,03	0,10	0,00128	0,00129	0,00130	0,00130	0,00131
0,06	0,18	0,00345	0,00349	0,00353	0,00357	0,00361
0,08	0,26	0,00649	0,00659	0,00668	0,00678	0,00687
0,11	0,34	0,01033	0,01051	0,01069	0,01087	0,01104
0,13	0,42	0,01492	0,01523	0,01553	0,01582	0,01611
0,16	0,50	0,02024	0,02071	0,02117	0,02162	0,02205
0,18	0,58	0,02627	0,02694	0,02760	0,02823	0,02885
0,21	0,66	0,03298	0,03391	0,03481	0,03567	0,03651
0,23	0,74	0,04037	0,04160	0,04278	0,04391	0,04501
0,26	0,82	0,04843	0,05001	0,05151	0,05296	0,05434
0,28	0,90	0,05714	0,05912	0,06100	0,06281	0,06452
0,31	0,98	0,06650	0,06894	0,07126	0,07344	0,07553
0,33	1,06	0,07650	0,07944	0,08224	0,08486	0,08737
0,36	1,14	0,08713	0,09064	0,09396	0,09707	0,10003
0,38	1,22	0,09839	0,10257	0,10642	0,11007	0,11353
0,41	1,30	0,11027	0,11513	0,11962	0,12385	0,12785
0,43	1,38	0,12276	0,12838	0,13355	0,13841	0,14300
0,46	1,46	0,13587	0,14231	0,14822	0,15375	0,15897
0,48	1,54	0,14959	0,15691	0,16361	0,16987	0,17576
0,51	1,62	0,16392	0,17218	0,17973	0,18677	0,19337
0,53	1,70	0,17885	0,18813	0,19658	0,20444	0,21181
0,56	1,78	0,19438	0,20474	0,21416	0,22289	0,23106
0,58	1,86	0,21060	0,22201	0,23246	0,24212	0,25114
0,61	1,94	0,22733	0,23996	0,25148	0,26212	0,27204
0,63	2,02	0,24465	0,25857	0,27123	0,28289	0,29375
0,66	2,10	0,26255	0,27784	0,29170	0,30444	0,31628
0,68	2,18	0,28105	0,29777	0,31289	0,32676	0,33963
0,71	2,26	0,30014	0,31836	0,33480	0,34985	0,36380
0,73	2,34	0,31981	0,33961	0,35743	0,37371	0,38879
0,76	2,42	0,34006	0,36152	0,38078	0,39835	0,41459
0,78	2,50	0,36090	0,38409	0,40485	0,42376	0,44121

## Pérdida de carga en tuberías de cobre, (m/m)

Dn 25 mm  
Di 26,035 mm

## Valores de la rugosidad absoluta, (mm)

Q L/s	V m/s	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
0,05	0,10	0,00090	0,00090	0,00091	0,00092	0,00092
0,10	0,18	0,00244	0,00247	0,00250	0,00252	0,00255
0,14	0,26	0,00461	0,00467	0,00473	0,00480	0,00486
0,18	0,34	0,00734	0,00747	0,00759	0,00771	0,00782
0,22	0,42	0,01063	0,01083	0,01104	0,01123	0,01142
0,27	0,50	0,01444	0,01475	0,01506	0,01536	0,01565
0,31	0,58	0,01875	0,01921	0,01965	0,02007	0,02048
0,35	0,66	0,02357	0,02419	0,02479	0,02537	0,02593
0,39	0,74	0,02887	0,02970	0,03049	0,03126	0,03198
0,44	0,82	0,03465	0,03572	0,03673	0,03771	0,03863
0,48	0,90	0,04091	0,04224	0,04352	0,04472	0,04588
0,52	0,98	0,04763	0,04928	0,05084	0,05231	0,05372
0,56	1,06	0,05482	0,05681	0,05869	0,06046	0,06215
0,61	1,14	0,06246	0,06486	0,06708	0,06918	0,07117
0,65	1,22	0,07055	0,07338	0,07599	0,07845	0,08079
0,69	1,30	0,07909	0,08239	0,08543	0,08829	0,09099
0,73	1,38	0,08808	0,09189	0,09540	0,09868	0,10178
0,78	1,46	0,09752	0,10188	0,10589	0,10963	0,11316
0,82	1,54	0,10739	0,11236	0,11690	0,12114	0,12513
0,86	1,62	0,11770	0,12331	0,12844	0,13321	0,13768
0,91	1,70	0,12851	0,13475	0,14049	0,14582	0,15082
0,95	1,78	0,13969	0,14667	0,15307	0,15900	0,16454
0,99	1,86	0,15130	0,15907	0,16617	0,17273	0,17884
1,03	1,94	0,16335	0,17195	0,17978	0,18701	0,19374
1,08	2,02	0,17582	0,18530	0,19391	0,20184	0,20921
1,12	2,10	0,18872	0,19913	0,20856	0,21723	0,22527
1,16	2,18	0,20204	0,21344	0,22373	0,23316	0,24191
1,20	2,26	0,21579	0,22822	0,23941	0,24965	0,25913
1,25	2,34	0,22997	0,24347	0,25561	0,26670	0,27694
1,29	2,42	0,24456	0,25920	0,27233	0,28429	0,29533
1,33	2,50	0,25958	0,27541	0,28956	0,30243	0,31431

## Pérdida de carga en tuberías de cobre, (m/m)

Dn  
32 mm  
Di 32,131 mm

## Valores de la rugosidad absoluta, (mm)

Q L/s	V m/s	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
0,08	0,10	0,00068	0,00069	0,00069	0,00069	0,00070
0,14	0,18	0,00182	0,00184	0,00185	0,00187	0,00189
0,21	0,25	0,00340	0,00344	0,00349	0,00353	0,00357
0,27	0,33	0,00540	0,00549	0,00557	0,00565	0,00573
0,33	0,41	0,00780	0,00794	0,00808	0,00821	0,00834
0,39	0,49	0,01058	0,01079	0,01100	0,01121	0,01141
0,46	0,56	0,01373	0,01404	0,01434	0,01463	0,01491
0,52	0,64	0,01724	0,01767	0,01808	0,01848	0,01886
0,58	0,72	0,02110	0,02167	0,02221	0,02274	0,02323
0,65	0,80	0,02532	0,02605	0,02675	0,02741	0,02804
0,71	0,87	0,02988	0,03079	0,03167	0,03249	0,03328
0,77	0,95	0,03478	0,03590	0,03698	0,03799	0,03895
0,83	1,03	0,04002	0,04140	0,04267	0,04388	0,04504
0,90	1,11	0,04559	0,04723	0,04875	0,05019	0,05156
0,96	1,18	0,05148	0,05342	0,05521	0,05690	0,05850
1,02	1,26	0,05771	0,05997	0,06205	0,06401	0,06587
1,09	1,34	0,06426	0,06687	0,06927	0,07153	0,07366
1,15	1,42	0,07113	0,07413	0,07687	0,07945	0,08187
1,21	1,49	0,07833	0,08173	0,08485	0,08776	0,09050
1,27	1,57	0,08588	0,08969	0,09321	0,09648	0,09956
1,34	1,65	0,09371	0,09799	0,10194	0,10560	0,10903
1,40	1,73	0,10186	0,10665	0,11104	0,11512	0,11893
1,46	1,80	0,11032	0,11565	0,12052	0,12504	0,12925
1,52	1,88	0,11909	0,12499	0,13038	0,13535	0,13998
1,59	1,96	0,12818	0,13469	0,14061	0,14606	0,15114
1,65	2,04	0,13757	0,14472	0,15121	0,15718	0,16271
1,71	2,11	0,14728	0,15511	0,16219	0,16868	0,17471
1,78	2,19	0,15730	0,16583	0,17354	0,18059	0,18712
1,84	2,27	0,16762	0,17690	0,18526	0,19289	0,19996
1,90	2,35	0,17825	0,18831	0,19735	0,20559	0,21321
1,96	2,42	0,18918	0,20007	0,20981	0,21869	0,22688
2,03	2,50	0,20042	0,21216	0,22265	0,23218	0,24097

## Pérdida de carga en tuberías de cobre, (m/m)

Dn 40 mm  
Di 38,227 mm

## Valores de la rugosidad absoluta, (mm)

Q L/s	V m/s	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
0,11	0,10	0,00054	0,00055	0,00055	0,00055	0,00056
0,20	0,18	0,00145	0,00147	0,00148	0,00150	0,00151
0,29	0,25	0,00273	0,00276	0,00279	0,00283	0,00286
0,38	0,33	0,00434	0,00440	0,00447	0,00453	0,00459
0,47	0,41	0,00627	0,00638	0,00648	0,00659	0,00669
0,56	0,49	0,00851	0,00867	0,00884	0,00899	0,00915
0,65	0,56	0,01105	0,01129	0,01152	0,01174	0,01196
0,74	0,64	0,01388	0,01421	0,01453	0,01484	0,01513
0,83	0,72	0,01700	0,01744	0,01786	0,01826	0,01865
0,91	0,80	0,02040	0,02097	0,02151	0,02202	0,02251
1,00	0,87	0,02408	0,02479	0,02547	0,02611	0,02672
1,09	0,95	0,02804	0,02893	0,02975	0,03053	0,03128
1,18	1,03	0,03227	0,03334	0,03434	0,03528	0,03618
1,27	1,11	0,03677	0,03805	0,03923	0,04035	0,04142
1,36	1,18	0,04154	0,04304	0,04444	0,04575	0,04700
1,45	1,26	0,04657	0,04833	0,04995	0,05148	0,05292
1,54	1,34	0,05187	0,05390	0,05577	0,05752	0,05918
1,63	1,42	0,05742	0,05975	0,06189	0,06390	0,06578
1,71	1,49	0,06327	0,06589	0,06832	0,07059	0,07272
1,80	1,57	0,06934	0,07231	0,07506	0,07761	0,08000
1,89	1,65	0,07568	0,07902	0,08209	0,08495	0,08762
1,98	1,73	0,08227	0,08600	0,08943	0,09261	0,09558
2,07	1,80	0,08911	0,09327	0,09707	0,10059	0,10388
2,16	1,88	0,09621	0,10081	0,10502	0,10890	0,11251
2,25	1,96	0,10356	0,10864	0,11326	0,11752	0,12148
2,34	2,04	0,11116	0,11674	0,12181	0,12647	0,13079
2,42	2,11	0,11901	0,12513	0,13066	0,13573	0,14043
2,51	2,19	0,12711	0,13379	0,13981	0,14532	0,15041
2,60	2,27	0,13547	0,14272	0,14926	0,15522	0,16073
2,69	2,35	0,14407	0,15194	0,15900	0,16544	0,17139
2,78	2,42	0,15292	0,16143	0,16905	0,17599	0,18238
2,87	2,50	0,16201	0,17120	0,17940	0,18685	0,19371



## Pérdida de carga en tuberías de cobre, (m/m)

Dn 50 mm  
Di 50,419 mm

## Valores de la rugosidad absoluta, (mm)

Q L/s	V m/s	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05
0,20	0,10	0,00038	0,00038	0,00038	0,00039	0,00039
0,36	0,18	0,00105	0,00106	0,00107	0,00108	0,00108
0,52	0,26	0,00199	0,00201	0,00204	0,00206	0,00208
0,68	0,34	0,00319	0,00323	0,00328	0,00332	0,00337
0,84	0,42	0,00463	0,00471	0,00478	0,00486	0,00493
1,00	0,50	0,00631	0,00643	0,00654	0,00665	0,00676
1,16	0,58	0,00821	0,00838	0,00855	0,00871	0,00887
1,32	0,66	0,01034	0,01058	0,01081	0,01103	0,01124
1,48	0,74	0,01269	0,01300	0,01331	0,01359	0,01387
1,64	0,82	0,01525	0,01566	0,01605	0,01641	0,01676
1,80	0,90	0,01803	0,01854	0,01902	0,01948	0,01992
1,96	0,98	0,02101	0,02165	0,02224	0,02280	0,02334
2,12	1,06	0,02420	0,02498	0,02569	0,02637	0,02702
2,28	1,14	0,02760	0,02852	0,02938	0,03018	0,03095
2,44	1,22	0,03120	0,03229	0,03330	0,03425	0,03514
2,60	1,30	0,03502	0,03628	0,03745	0,03855	0,03959
2,76	1,38	0,03903	0,04048	0,04184	0,04311	0,04430
2,91	1,46	0,04323	0,04490	0,04646	0,04791	0,04927
3,07	1,54	0,04763	0,04954	0,05130	0,05295	0,05449
3,23	1,62	0,05223	0,05439	0,05638	0,05823	0,05997
3,39	1,70	0,05703	0,05946	0,06169	0,06376	0,06570
3,55	1,78	0,06202	0,06474	0,06723	0,06954	0,07169
3,71	1,86	0,06720	0,07024	0,07300	0,07556	0,07793
3,87	1,94	0,07258	0,07594	0,07900	0,08182	0,08443
4,03	2,02	0,07815	0,08186	0,08523	0,08832	0,09119
4,19	2,10	0,08392	0,08800	0,09168	0,09506	0,09820
4,35	2,18	0,08987	0,09434	0,09837	0,10205	0,10546
4,51	2,26	0,09602	0,10089	0,10528	0,10928	0,11298
4,67	2,34	0,10235	0,10766	0,11242	0,11676	0,12076
4,83	2,42	0,10888	0,11464	0,11979	0,12447	0,12878
4,99	2,50	0,11560	0,12182	0,12738	0,13243	0,13707

## Pérdida de carga en tuberías plásticas, ( PVC-CPVC), (m/m)

Dn 15 mm  
Di 18,3 mm

## Valores de la rugosidad absoluta, (mm)

Q L/s	V m/s	0,0007	0,001	0,003	0,007	0,01
0,03	0,10	0,00142	0,00142	0,00142	0,00143	0,00143
0,05	0,18	0,00373	0,00373	0,00374	0,00376	0,00377
0,07	0,25	0,00691	0,00691	0,00694	0,00698	0,00701
0,09	0,33	0,01089	0,01090	0,01094	0,01102	0,01108
0,11	0,41	0,01563	0,01564	0,01571	0,01584	0,01594
0,13	0,49	0,02109	0,02110	0,02121	0,02141	0,02156
0,15	0,56	0,02724	0,02726	0,02741	0,02770	0,02792
0,17	0,64	0,03406	0,03409	0,03429	0,03470	0,03501
0,19	0,72	0,04154	0,04158	0,04184	0,04239	0,04280
0,21	0,80	0,04966	0,04969	0,05005	0,05076	0,05128
0,23	0,87	0,05838	0,05845	0,05891	0,05980	0,06045
0,25	0,95	0,06774	0,06783	0,06839	0,06949	0,07029
0,27	1,03	0,07771	0,07781	0,07850	0,07983	0,08080
0,29	1,11	0,08827	0,08839	0,08921	0,09081	0,09197
0,31	1,18	0,09942	0,09957	0,10054	0,10242	0,10380
0,33	1,26	0,11115	0,11132	0,11246	0,11467	0,11627
0,35	1,34	0,12345	0,12365	0,12497	0,12753	0,12939
0,37	1,42	0,13632	0,13656	0,13807	0,14102	0,14315
0,39	1,49	0,14975	0,15002	0,15176	0,15511	0,15755
0,41	1,57	0,16374	0,16404	0,16601	0,16982	0,17258
0,43	1,65	0,17828	0,17862	0,18084	0,18513	0,18823
0,45	1,73	0,19336	0,19374	0,19624	0,20105	0,20452
0,47	1,80	0,20898	0,20941	0,21220	0,21756	0,22143
0,49	1,88	0,22514	0,22562	0,22872	0,23467	0,23896
0,52	1,96	0,24184	0,24236	0,24579	0,25238	0,25721
0,54	2,04	0,25906	0,25964	0,26342	0,27067	0,27598
0,56	2,11	0,27680	0,27744	0,28160	0,28955	0,29536
0,58	2,19	0,29507	0,29577	0,30032	0,30902	0,31535
0,60	2,27	0,31386	0,31462	0,31959	0,32907	0,33595
0,62	2,35	0,33316	0,33399	0,33939	0,34970	0,35716
0,64	2,42	0,35297	0,35387	0,35974	0,37108	0,37898
0,66	2,50	0,37329	0,37427	0,38062	0,39287	0,40141

## Pérdida de carga en tuberías plásticas, (PVC-CPVC), (m/m)

Dn 20 mm  
Di 22,7 mm

## Valores de la rugosidad absoluta, (mm)

Q L/s	V m/s	Valores de la rugosidad absoluta, (mm)				
		0,0007	0,001	0,003	0,007	0,01
0,04	0,10	0,00107	0,00107	0,00107	0,00107	0,00107
0,07	0,18	0,00282	0,00282	0,00283	0,00284	0,00285
0,10	0,25	0,00524	0,00524	0,00526	0,00529	0,00531
0,13	0,33	0,00827	0,00828	0,00831	0,00836	0,00841
0,17	0,41	0,01189	0,01189	0,01194	0,01204	0,01211
0,20	0,49	0,01606	0,01607	0,01614	0,01629	0,01640
0,23	0,56	0,02076	0,02077	0,02087	0,02109	0,02125
0,26	0,64	0,02598	0,02599	0,02614	0,02644	0,02666
0,29	0,72	0,03169	0,03172	0,03192	0,03232	0,03261
0,32	0,80	0,03791	0,03795	0,03821	0,03872	0,03910
0,35	0,87	0,04461	0,04466	0,04499	0,04564	0,04611
0,39	0,95	0,05179	0,05185	0,05226	0,05305	0,05364
0,42	1,03	0,05943	0,05951	0,06000	0,06097	0,06168
0,45	1,11	0,06753	0,06763	0,06822	0,06938	0,07023
0,48	1,18	0,07609	0,07620	0,07691	0,07828	0,07928
0,51	1,26	0,08510	0,08523	0,08606	0,08766	0,08883
0,54	1,34	0,09455	0,09470	0,09566	0,09753	0,09888
0,57	1,42	0,10444	0,10461	0,10572	0,10786	0,10942
0,60	1,49	0,11476	0,11495	0,11622	0,11867	0,12045
0,64	1,57	0,12551	0,12573	0,12717	0,12995	0,13196
0,67	1,65	0,13668	0,13693	0,13856	0,14170	0,14396
0,70	1,73	0,14828	0,14856	0,15039	0,15391	0,15644
0,73	1,80	0,16030	0,16061	0,16265	0,16658	0,16948
0,76	1,88	0,17273	0,17307	0,17534	0,17970	0,18291
0,79	1,96	0,18557	0,18595	0,18847	0,19329	0,19683
0,82	2,04	0,19882	0,19925	0,20202	0,20733	0,21121
0,86	2,11	0,21248	0,21294	0,21599	0,22182	0,22607
0,89	2,19	0,22654	0,22705	0,23039	0,23676	0,24140
0,92	2,27	0,24100	0,24156	0,24520	0,25227	0,25720
0,95	2,35	0,25586	0,25647	0,26044	0,26811	0,27347
0,98	2,42	0,27112	0,27178	0,27608	0,28440	0,29020
1,01	2,50	0,28677	0,28748	0,29215	0,30114	0,30740

## Pérdida de carga en tuberías plásticas, ( PVC-CPVC), (m/m)

Dn 25 mm  
Di 28,4 mm

## Valores de la rugosidad absoluta, (mm)

Q L/s	V m/s	0,0007	0,001	0,003	0,007	0,01
0,06	0,10	0,00080	0,00080	0,00080	0,00080	0,00080
0,11	0,18	0,00211	0,00211	0,00212	0,00212	0,00213
0,16	0,25	0,00393	0,00393	0,00395	0,00397	0,00398
0,21	0,33	0,00622	0,00623	0,00625	0,00629	0,00632
0,26	0,41	0,00896	0,00896	0,00900	0,00906	0,00911
0,31	0,49	0,01211	0,01212	0,01217	0,01227	0,01235
0,36	0,56	0,01567	0,01568	0,01576	0,01591	0,01603
0,41	0,64	0,01962	0,01964	0,01975	0,01996	0,02012
0,46	0,72	0,02396	0,02398	0,02413	0,02441	0,02462
0,50	0,80	0,02868	0,02871	0,02890	0,02926	0,02954
0,55	0,87	0,03377	0,03380	0,03404	0,03451	0,03485
0,60	0,95	0,03922	0,03926	0,03956	0,04013	0,04055
0,65	1,03	0,04503	0,04508	0,04544	0,04614	0,04665
0,70	1,11	0,05119	0,05125	0,05168	0,05252	0,05313
0,75	1,18	0,05770	0,05777	0,05828	0,05927	0,06000
0,80	1,26	0,06455	0,06464	0,06524	0,06640	0,06724
0,85	1,34	0,07174	0,07184	0,07254	0,07389	0,07487
0,90	1,42	0,07926	0,07938	0,08019	0,08174	0,08286
0,95	1,49	0,08712	0,08726	0,08817	0,08995	0,09123
1,00	1,57	0,09530	0,09546	0,09650	0,09852	0,09997
1,04	1,65	0,10381	0,10399	0,10517	0,10744	0,10913
1,09	1,73	0,11265	0,11285	0,11417	0,11672	0,11861
1,14	1,80	0,12180	0,12203	0,12351	0,12635	0,12845
1,19	1,88	0,13127	0,13153	0,13317	0,13633	0,13866
1,24	1,96	0,14106	0,14134	0,14316	0,14666	0,14922
1,29	2,04	0,15116	0,15147	0,15348	0,15741	0,16015
1,34	2,11	0,16158	0,16191	0,16412	0,16843	0,17144
1,39	2,19	0,17230	0,17267	0,17509	0,17980	0,18308
1,44	2,27	0,18332	0,18373	0,18638	0,19151	0,19509
1,49	2,35	0,19466	0,19510	0,19798	0,20356	0,20745
1,53	2,42	0,20630	0,20678	0,20991	0,21595	0,22016

## Pérdida de carga en tuberías plásticas, ( PVC-CPVC), (m/m)

Dn 32 mm  
Di 39 mm

## Valores de la rugosidad absoluta, (mm)

Q L/s	V m/s	0,0007	0,001	0,003	0,007	0,01
0,12	0,10	0,00053	0,00053	0,00053	0,00053	0,00053
0,21	0,18	0,00141	0,00141	0,00141	0,00141	0,00142
0,30	0,25	0,00263	0,00263	0,00264	0,00265	0,00266
0,40	0,33	0,00417	0,00417	0,00418	0,00421	0,00423
0,49	0,41	0,00601	0,00602	0,00604	0,00608	0,00611
0,58	0,49	0,00814	0,00814	0,00818	0,00825	0,00830
0,67	0,56	0,01055	0,01055	0,01060	0,01070	0,01077
0,77	0,64	0,01322	0,01323	0,01330	0,01344	0,01354
0,86	0,72	0,01617	0,01618	0,01627	0,01645	0,01658
0,95	0,80	0,01936	0,01938	0,01950	0,01973	0,01990
1,04	0,87	0,02282	0,02284	0,02299	0,02328	0,02349
1,14	0,95	0,02652	0,02654	0,02673	0,02709	0,02736
1,23	1,03	0,03046	0,03050	0,03072	0,03116	0,03148
1,32	1,11	0,03465	0,03469	0,03496	0,03549	0,03587
1,41	1,18	0,03907	0,03912	0,03944	0,04007	0,04053
1,51	1,26	0,04373	0,04379	0,04417	0,04490	0,04544
1,60	1,34	0,04862	0,04869	0,04913	0,04998	0,05060
1,69	1,42	0,05374	0,05382	0,05433	0,05531	0,05603
1,78	1,49	0,05909	0,05918	0,05976	0,06089	0,06173
1,88	1,57	0,06467	0,06477	0,06543	0,06671	0,06766
1,97	1,65	0,07046	0,07058	0,07132	0,07277	0,07384
2,06	1,73	0,07648	0,07661	0,07745	0,07907	0,08027
2,15	1,80	0,08272	0,08287	0,08381	0,08566	0,08695
2,25	1,88	0,08918	0,08934	0,09039	0,09244	0,09387
2,34	1,96	0,09585	0,09603	0,09719	0,09946	0,10105
2,43	2,04	0,10274	0,10294	0,10422	0,10672	0,10847
2,52	2,11	0,10985	0,11006	0,11147	0,11421	0,11613
2,62	2,19	0,11716	0,11740	0,11894	0,12194	0,12404
2,71	2,27	0,12469	0,12495	0,12663	0,12990	0,13219
2,80	2,35	0,13242	0,13271	0,13454	0,13810	0,14058
2,89	2,42	0,14037	0,14068	0,14267	0,14653	0,14922

## Pérdida de carga en tuberías plásticas, ( PVC-CPVC), (m/m)

Dn 40 mm  
Di 44,5 mm

## Valores de la rugosidad absoluta, (mm)

Q L/s	V m/s	0,0007	0,001	0,003	0,007	0,01
0,16	0,10	0,00044	0,00044	0,00044	0,00045	0,00045
0,28	0,18	0,00119	0,00119	0,00119	0,00119	0,00120
0,40	0,25	0,00223	0,00223	0,00223	0,00224	0,00225
0,52	0,33	0,00353	0,00354	0,00354	0,00357	0,00358
0,64	0,41	0,00510	0,00510	0,00512	0,00515	0,00518
0,76	0,49	0,00691	0,00691	0,00694	0,00699	0,00704
0,88	0,56	0,00895	0,00896	0,00900	0,00908	0,00914
1,00	0,64	0,01123	0,01124	0,01130	0,01141	0,01149
1,12	0,72	0,01373	0,01375	0,01382	0,01397	0,01408
1,24	0,80	0,01646	0,01647	0,01657	0,01676	0,01690
1,36	0,87	0,01940	0,01942	0,01954	0,01978	0,01996
1,48	0,95	0,02255	0,02257	0,02272	0,02302	0,02324
1,60	1,03	0,02591	0,02594	0,02612	0,02649	0,02675
1,72	1,11	0,02948	0,02951	0,02973	0,03017	0,03049
1,84	1,18	0,03325	0,03329	0,03355	0,03407	0,03445
1,96	1,26	0,03722	0,03726	0,03758	0,03819	0,03863
2,08	1,34	0,04139	0,04144	0,04181	0,04251	0,04303
2,20	1,42	0,04575	0,04582	0,04624	0,04705	0,04767
2,32	1,49	0,05031	0,05039	0,05087	0,05180	0,05250
2,44	1,57	0,05507	0,05515	0,05570	0,05676	0,05755
2,56	1,65	0,06001	0,06011	0,06073	0,06192	0,06281
2,68	1,73	0,06515	0,06525	0,06595	0,06733	0,06829
2,80	1,80	0,07047	0,07059	0,07137	0,07290	0,07397
2,92	1,88	0,07598	0,07611	0,07698	0,07868	0,07987
3,05	1,96	0,08167	0,08182	0,08278	0,08467	0,08598
3,17	2,04	0,08755	0,08771	0,08878	0,09085	0,09230
3,29	2,11	0,09361	0,09379	0,09496	0,09724	0,09883
3,41	2,19	0,09986	0,10005	0,10133	0,10382	0,10556
3,53	2,27	0,10628	0,10650	0,10790	0,11061	0,11251
3,65	2,35	0,11288	0,11312	0,11465	0,11760	0,11966
3,77	2,42	0,11967	0,11992	0,12158	0,12478	0,12702

## Pérdida de carga en tuberías plásticas, ( PVC-CPVC), (m/m)

Dn 50 mm  
Di 55,7 mm

## Valores de la rugosidad absoluta, (mm)

Q L/s	V m/s	0,0007	0,001	0,003	0,007	0,01
0,24	0,10	0,00033	0,00033	0,00033	0,00033	0,00033
0,43	0,18	0,00089	0,00089	0,00090	0,00090	0,00090
0,62	0,25	0,00168	0,00168	0,00168	0,00169	0,00170
0,81	0,33	0,00267	0,00267	0,00268	0,00269	0,00270
1,00	0,41	0,00385	0,00386	0,00387	0,00389	0,00391
1,19	0,49	0,00523	0,00523	0,00525	0,00529	0,00532
1,38	0,56	0,00678	0,00679	0,00682	0,00687	0,00692
1,56	0,64	0,00851	0,00852	0,00856	0,00864	0,00870
1,75	0,72	0,01042	0,01043	0,01048	0,01059	0,01067
1,94	0,80	0,01249	0,01250	0,01257	0,01271	0,01281
2,13	0,87	0,01473	0,01474	0,01483	0,01501	0,01513
2,32	0,95	0,01713	0,01715	0,01726	0,01747	0,01763
2,51	1,03	0,01969	0,01971	0,01984	0,02011	0,02030
2,70	1,11	0,02241	0,02243	0,02259	0,02291	0,02314
2,88	1,18	0,02528	0,02531	0,02550	0,02588	0,02615
3,07	1,26	0,02831	0,02834	0,02857	0,02901	0,02935
3,26	1,34	0,03149	0,03153	0,03179	0,03231	0,03270
3,45	1,42	0,03482	0,03487	0,03517	0,03576	0,03621
3,64	1,49	0,03830	0,03835	0,03870	0,03938	0,03989
3,83	1,57	0,04193	0,04199	0,04239	0,04318	0,04373
4,02	1,65	0,04570	0,04577	0,04622	0,04712	0,04774
4,21	1,73	0,04962	0,04970	0,05021	0,05121	0,05191
4,39	1,80	0,05369	0,05378	0,05434	0,05546	0,05624
4,58	1,88	0,05790	0,05799	0,05863	0,05987	0,06073
4,77	1,96	0,06225	0,06235	0,06305	0,06443	0,06539
4,96	2,04	0,06674	0,06686	0,06763	0,06914	0,07020
5,15	2,11	0,07137	0,07150	0,07235	0,07401	0,07517
5,34	2,19	0,07614	0,07628	0,07722	0,07904	0,08031
5,53	2,27	0,08105	0,08121	0,08223	0,08421	0,08560
5,71	2,35	0,08610	0,08627	0,08738	0,08954	0,09105
5,90	2,42	0,09128	0,09147	0,09274	0,09502	0,09665
6,09	2,50	0,09661	0,09681	0,09818	0,10065	0,10242

## Pérdida de carga en tuberías plásticas, ( PVC-CPVC), (m/m)

Dn 65 mm  
Di 67,4 mm

## Valores de la rugosidad absoluta, (mm)

Q L/s	V m/s	0,0007	0,001	0,003	0,007	0,01
0,36	0,10	0,00026	0,00026	0,00026	0,00026	0,00026
0,63	0,18	0,00070	0,00070	0,00070	0,00071	0,00071
0,91	0,25	0,00132	0,00132	0,00132	0,00133	0,00133
1,19	0,33	0,00210	0,00210	0,00211	0,00212	0,00213
1,46	0,41	0,00304	0,00304	0,00305	0,00307	0,00309
1,74	0,49	0,00413	0,00413	0,00415	0,00418	0,00420
2,01	0,56	0,00536	0,00537	0,00539	0,00543	0,00547
2,29	0,64	0,00674	0,00674	0,00677	0,00683	0,00688
2,57	0,72	0,00825	0,00825	0,00829	0,00838	0,00843
2,84	0,80	0,00989	0,00990	0,00995	0,01006	0,01013
3,12	0,87	0,01167	0,01168	0,01175	0,01188	0,01198
3,40	0,95	0,01357	0,01359	0,01367	0,01384	0,01396
3,67	1,03	0,01561	0,01562	0,01573	0,01593	0,01607
3,95	1,11	0,01777	0,01779	0,01791	0,01815	0,01833
4,22	1,18	0,02005	0,02007	0,02022	0,02051	0,02073
4,50	1,26	0,02246	0,02248	0,02266	0,02299	0,02325
4,78	1,34	0,02499	0,02502	0,02522	0,02561	0,02591
5,05	1,42	0,02764	0,02767	0,02790	0,02837	0,02870
5,33	1,49	0,03040	0,03044	0,03071	0,03125	0,03162
5,61	1,57	0,03329	0,03334	0,03364	0,03425	0,03467
5,88	1,65	0,03629	0,03635	0,03669	0,03737	0,03785
6,16	1,73	0,03941	0,03947	0,03986	0,04063	0,04116
6,43	1,80	0,04265	0,04271	0,04315	0,04400	0,04460
6,71	1,88	0,04600	0,04607	0,04656	0,04751	0,04817
6,99	1,96	0,04946	0,04954	0,05008	0,05113	0,05187
7,26	2,04	0,05304	0,05313	0,05372	0,05488	0,05569
7,54	2,11	0,05672	0,05682	0,05748	0,05875	0,05964
7,81	2,19	0,06052	0,06063	0,06135	0,06274	0,06372
8,09	2,27	0,06444	0,06456	0,06538	0,06686	0,06792
8,37	2,35	0,06846	0,06859	0,06948	0,07109	0,07225
8,64	2,42	0,07259	0,07273	0,07370	0,07545	0,07670
8,92	2,50	0,07683	0,07698	0,07803	0,07993	0,08128



## Pérdida de carga en tuberías plásticas, (PVC-CPVC), (m/m)

Dn 80 mm  
Di 82,1 mm

## Valores de la rugosidad absoluta, (mm)

Q L/s	V m/s	0,0007	0,001	0,003	0,007	0,01
0,53	0,10	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020	0,00020
0,94	0,18	0,00055	0,00055	0,00055	0,00055	0,00055
1,35	0,25	0,00103	0,00103	0,00104	0,00104	0,00104
1,76	0,33	0,00165	0,00165	0,00165	0,00166	0,00167
2,17	0,41	0,00238	0,00239	0,00239	0,00241	0,00242
2,58	0,49	0,00324	0,00324	0,00325	0,00328	0,00329
2,99	0,56	0,00421	0,00421	0,00423	0,00426	0,00429
3,40	0,64	0,00529	0,00529	0,00532	0,00536	0,00540
3,81	0,72	0,00648	0,00648	0,00652	0,00658	0,00662
4,22	0,80	0,00778	0,00778	0,00782	0,00790	0,00796
4,63	0,87	0,00918	0,00918	0,00923	0,00933	0,00941
5,04	0,95	0,01068	0,01069	0,01075	0,01088	0,01097
5,45	1,03	0,01228	0,01229	0,01237	0,01252	0,01263
5,86	1,11	0,01399	0,01400	0,01409	0,01428	0,01442
6,27	1,18	0,01579	0,01580	0,01592	0,01613	0,01630
6,68	1,26	0,01769	0,01771	0,01784	0,01809	0,01829
7,09	1,34	0,01968	0,01971	0,01986	0,02017	0,02038
7,50	1,42	0,02177	0,02180	0,02198	0,02233	0,02258
7,91	1,49	0,02396	0,02399	0,02419	0,02460	0,02488
8,32	1,57	0,02624	0,02627	0,02651	0,02697	0,02729
8,73	1,65	0,02861	0,02865	0,02891	0,02943	0,02979
9,14	1,73	0,03108	0,03112	0,03142	0,03200	0,03240
9,55	1,80	0,03363	0,03368	0,03401	0,03466	0,03512
9,96	1,88	0,03628	0,03634	0,03670	0,03742	0,03793
10,37	1,96	0,03902	0,03908	0,03949	0,04028	0,04084
10,78	2,04	0,04184	0,04191	0,04239	0,04324	0,04386
11,19	2,11	0,04476	0,04483	0,04536	0,04630	0,04697
11,60	2,19	0,04776	0,04785	0,04842	0,04945	0,05019
12,01	2,27	0,05085	0,05095	0,05157	0,05270	0,05350
12,42	2,35	0,05403	0,05413	0,05481	0,05604	0,05692
12,82	2,42	0,05730	0,05741	0,05815	0,05948	0,06043

## Pérdida de carga en tuberías plásticas ( PVC-CPVC), (m/m)

Dn 100 mm  
Di 105,5 mm

## Valores de la rugosidad absoluta, (mm)

Q L/s	V m/s	0,0007	0,001	0,003	0,007	0,01
0,87	0,10		0,00015			0,00015
	0,00015		0,00015			0,00015
1,55	0,18	0,00040	0,00040	0,00040	0,00040	0,00040
2,23	0,25	0,00076	0,00076	0,00076	0,00076	0,00076
2,90	0,33	0,00121	0,00121	0,00121	0,00122	0,00122
3,58	0,41	0,00175	0,00175	0,00176	0,00177	0,00178
4,26	0,49	0,00238	0,00238	0,00239	0,00241	0,00242
4,93	0,56	0,00310	0,00310	0,00311	0,00314	0,00315
5,61	0,64	0,00390	0,00390	0,00392	0,00395	0,00397
6,29	0,72	0,00478	0,00478	0,00480	0,00484	0,00487
6,97	0,80	0,00573	0,00574	0,00577	0,00582	0,00586
7,64	0,87	0,00677	0,00677	0,00681	0,00688	0,00693
8,32	0,95	0,00788	0,00789	0,00793	0,00802	0,00809
9,00	1,03	0,00907	0,00908	0,00913	0,00924	0,00932
9,67	1,11	0,01033	0,01034	0,01041	0,01053	0,01063
10,35	1,18	0,01166	0,01168	0,01175	0,01191	0,01202
11,03	1,26	0,01307	0,01309	0,01318	0,01336	0,01349
11,70	1,34	0,01455	0,01457	0,01467	0,01489	0,01504
12,38	1,42	0,01610	0,01612	0,01624	0,01649	0,01667
13,06	1,49	0,01772	0,01774	0,01789	0,01817	0,01837
13,73	1,57	0,01941	0,01944	0,01960	0,01992	0,02015
14,41	1,65	0,02117	0,02120	0,02138	0,02175	0,02200
15,09	1,73	0,02300	0,02303	0,02324	0,02365	0,02393
15,76	1,80	0,02489	0,02493	0,02518	0,02562	0,02594
16,44	1,88	0,02686	0,02690	0,02717	0,02767	0,02802
17,12	1,96	0,02889	0,02893	0,02924	0,02979	0,03018
17,79	2,04	0,03099	0,03104	0,03137	0,03198	0,03241
18,47	2,11	0,03315	0,03321	0,03358	0,03424	0,03472
19,15	2,19	0,03538	0,03544	0,03585	0,03657	0,03710
19,82	2,27	0,03768	0,03774	0,03818	0,03898	0,03955
20,50	2,35	0,04004	0,04011	0,04059	0,04146	0,04208
21,18	2,42	0,04247	0,04254	0,04306	0,04401	0,04468
21,85	2,50	0,04496	0,04504	0,04560	0,04663	0,04736

## Pérdida de carga en tuberías plásticas ( PVC-CPVC), (m/m)

Dn 150 mm  
Di 160,1 mm

## Valores de la rugosidad absoluta, (mm)

Q L/s	V m/s	0,0007	0,001	0,003	0,007	0,01
2,01	0,10	0,00009	0,00009	0,00009	0,00009	0,00009
3,57	0,18	0,00024	0,00024	0,00024	0,00024	0,00024
5,13	0,25	0,00045	0,00045	0,00045	0,00046	0,00046
6,69	0,33	0,00072	0,00073	0,00073	0,00073	0,00073
8,25	0,41	0,00105	0,00105	0,00106	0,00106	0,00107
9,81	0,49	0,00143	0,00143	0,00144	0,00145	0,00145
11,36	0,56	0,00187	0,00187	0,00187	0,00189	0,00190
12,92	0,64	0,00235	0,00235	0,00236	0,00238	0,00239
14,48	0,72	0,00288	0,00288	0,00290	0,00292	0,00294
16,04	0,80	0,00346	0,00347	0,00348	0,00351	0,00354
17,60	0,87	0,00409	0,00410	0,00412	0,00415	0,00419
19,16	0,95	0,00477	0,00477	0,00480	0,00485	0,00488
20,72	1,03	0,00549	0,00549	0,00552	0,00559	0,00563
22,27	1,11	0,00626	0,00626	0,00630	0,00637	0,00643
23,83	1,18	0,00707	0,00707	0,00712	0,00721	0,00727
25,39	1,26	0,00792	0,00793	0,00798	0,00809	0,00816
26,95	1,34	0,00882	0,00883	0,00889	0,00902	0,00910
28,51	1,42	0,00977	0,00978	0,00986	0,00999	0,01009
30,07	1,49	0,01076	0,01077	0,01086	0,01101	0,01112
31,63	1,57	0,01179	0,01180	0,01190	0,01207	0,01220
33,18	1,65	0,01286	0,01288	0,01299	0,01318	0,01333
34,74	1,73	0,01397	0,01399	0,01412	0,01434	0,01450
36,30	1,80	0,01513	0,01515	0,01529	0,01554	0,01572
37,86	1,88	0,01633	0,01635	0,01651	0,01678	0,01699
39,42	1,96	0,01757	0,01759	0,01777	0,01807	0,01830
40,98	2,04	0,01885	0,01888	0,01907	0,01941	0,01965
42,54	2,11	0,02017	0,02020	0,02041	0,02078	0,02106
44,09	2,19	0,02153	0,02157	0,02179	0,02221	0,02250
45,65	2,27	0,02294	0,02299	0,02322	0,02367	0,02400
47,21	2,35	0,02438	0,02444	0,02469	0,02518	0,02553
48,77	2,42	0,02586	0,02592	0,02620	0,02673	0,02712

**Anexo E**  
(normativo)

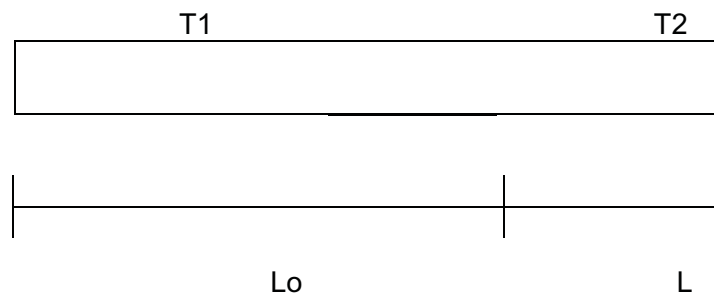
**Dilatación de tuberías**

**E.1** La variación de temperatura que se produce en las tuberías que conforman la red de abasto dan lugar a cambios en sus longitudes que ocasionan desplazamientos axiales que pueden llegar a causar daños en las juntas, roturas y fatigas de origen térmico en el material del conducto.

**E.2** Para evitar los efectos indicados se emplearán preferentemente juntas de dilatación axial que se situarán de forma tal que su elongación admisible (generalmente 25 mm) sea menor que la variación de la longitud de la tubería ( $\Delta L$ ) producido por cambio de temperatura ( $\Delta T$ ).

**E.3** La dilatación lineal de tuberías se calculará empleando la siguiente expresión:

$$\Delta L = k_d \times L_o \times \Delta T$$



donde:

$\Delta L$ : variación de la longitud de la tubería causada por cambio de temperatura, m

$k_d$ : coeficiente de dilatación lineal, correspondiente a material que conforma el tubo,  $m/(m \cdot ^\circ C)$

Se proponen los siguientes valores:

Material	$k_d$ $m/(m \cdot ^\circ C)$
Acero	$1,2 \times 10^{-5}$
Cobre	$1,4 \times 10^{-5}$
Plástico	$6,4 \times 10^{-5}$

En el caso de la tubería plástica, se considerará el valor del coeficiente de dilatación lineal brindado por el fabricante, pues se presentan grandes diferencias en los datos.

$L_o$  : Longitud del conducto correspondiente a la temperatura inicial del proceso de dilatación, m.

$\Delta T$ : Variación de la temperatura durante el proceso. Se cumple que:

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

donde:

T1: Temperatura al inicio del proceso, °C.

T2: Temperatura al final del proceso, °C.

Para simplificar la obtención de los resultados puede ser empleada la Tabla E.1.

**Tabla E.1 — Dilatación lineal de tuberías para distintas variaciones de temperatura en mm/m.**

ΔT (°C)	Material		
	Acero	Cobre	Plástico
0	0	0	0
10	0,12	0,14	0,64
20	0,24	0,28	1,28
30	0,36	0,42	1,92
40	0,48	0,56	2,56
50	0,60	0,70	3,20
60	0,72	0,84	3,84
70	0,84	0,98	4,48
80	0,96	1,12	5,12

**Observación:**

Si en la expresión E-1 consideramos la igualdad:

$$Kd1 = \Delta T \quad E3$$

tendremos al sustituir:

$$\Delta L = kd1 \times L_0 \quad E4$$

**E.4** Para el cálculo de la dilatación lineal de los conductos que conforman la red de abasto de agua caliente se considerará la temperatura inicial de instalación (T1) igual a 10 °C en invierno y 15 °C en verano, Para la temperatura máxima (T2) se considerará el valor 80 °C o se tomará la temperatura de operación de la válvula de seguridad del sistema si resulta mayor de 80 °C.

$$\Delta T = 80 - 10 = 70 \text{ °C invierno}$$

$$\Delta T = 80 - 15 = 65 \text{ °C verano}$$

**Ejemplo E.1:** Calcular la variación de longitud de una tubería de acero galvanizado que tiene una longitud inicial de 50,0 m. La temperatura al inicio del proceso se considerará de 10 °C y al final de 80 °C.

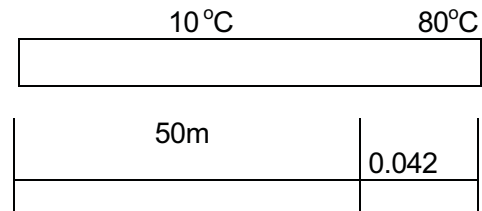
Datos:

$$k_d = 1,2 \times 10^{-5} \text{ m}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$$

$$L_o = 50,00 \text{ m}$$

$$T_1 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 80 \text{ }^\circ\text{C}$$



Cálculo:

$$\Delta L = 0,000012 \times 50 \times 80 = 0,042 \text{ m}$$

Nótese que en el presente caso se produce un aumento de temperatura que da lugar a un aumento de la longitud del conducto. Dicho problema puede ser resuelto con el empleo de la Tabla E.1. Si se considera tubería de cobre.

Datos:

$$\Delta T = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$L_o = 50,0 \text{ m.}$$

Según la tabla:

$$k_{d1} = 0,56 \text{ mm/m}$$

$$\Delta L = 0,56 \times 50 = 28 \text{ mm}$$

**E.5** Si el análisis técnico-económico del caso específico que se estudia lo aconseja y si se cuenta con espacio suficiente para su instalación podrán sustituirse las juntas de dilatación axial, por dispositivos de compensación cuyos diámetros nominales y dimensiones se tomarán de las Tablas E.2, E.3 y E.4. Los valores de las longitudes de compensación de las referidas tablas representan valores mínimos.

**Ejemplo E.2:** Determinar las dimensiones de un lazo de compensación correspondiente a una tubería de acero galvanizado con diámetro nominal igual a 40 mm, El funcionamiento de tal tubería será en un rango de temperatura entre 15 y 80 °C, la longitud de la tubería cuando la temperatura es de 15 °C es de 30,0 metros.

Datos:

$$k_d = 1,2 \times 10^{-5} \text{ m}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})$$

$$L_o = 30,00 \text{ m}$$

$$T_1 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 80 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$DN = 40 \text{ mm}$$

Según Tabla E-3 (Acero galvanizado)

$$\text{Si: } \Delta L = 23,4 \text{ mm}$$

$$R_2 = 500 \text{ mm}$$

$$R_3 = 1000 \text{ mm}$$

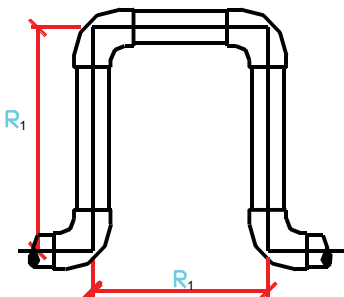
Tabla # E2		Dimensiones de los lazos de compensación para tuberías de Cobre			
ESQUEMA	DIAMETRO NOMINAL DE LA TUBERIA	VARIACIONES DE LA LONGITUD DE LA TUBERIA (ΔL mm) DEBIDAS A CAMBIOS DE TEMPERATURA			
	mm	10	20	30	40
	LONGITUD DE COMPENSACIÓN mm				
	13	50	64	74	82
	19	54	72	81	90
	25	58	78	88	96
	32	60	80	90	98
	40	62	82	92	100
50	70	90	102	112	

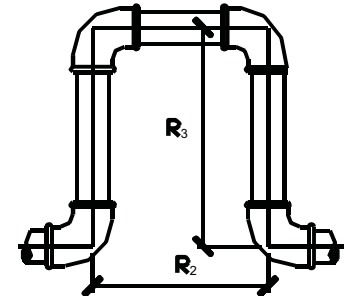
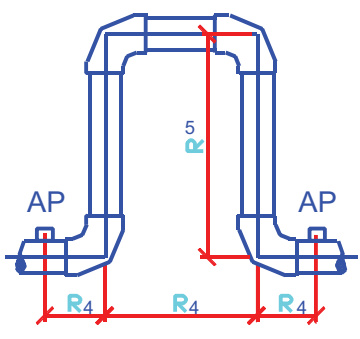
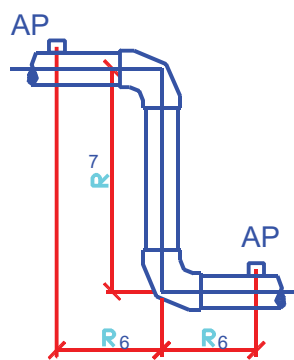
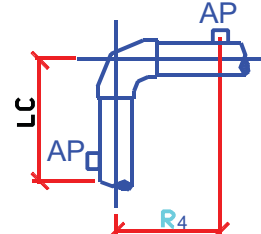
Tabla # E3		Dimensiones de los lazos de compensación para tuberías de Acero Galvanizado			
ESQUEMA	DIAMETRO NOMINAL DE LA TUBERIA	VARIACIÓN DE LA LONGITUD DE LA TUBERIA (ΔL mm) DEBIDAS A CAMBIOS DE TEMPERATURA			
	mm	13		25	
	LONGITUD DE COMPENSACION mm				
		<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>
	13	210	430	280	560
	19	230	460	300	600
	25	250	500	380	760
	32	300	600	430	860
40	350	700	500	1000	

Tabla # E.4 Dimensiones de los lazos de compensación para tuberías de plástico						
ESQUEMAS	DIAMETRO NOMINAL DE LA TUBERIA	VARIACIONES DE LA LONGITUD DE LA TUBERIA (ÄL mm ) DEBIDAS A CAMBIOS DE TEMPERATURA				
	mm	15	30	40	60	75
<b>1 - LAZO DE COMPENSACION</b>						
	LONGITUD DE COMPENSACION R4,mm					
	15	110	150	130	220	250
	20	130	190	230	260	290
	25	150	220	260	300	340
	LONGITUD DE COMPENSACION R5,mm					
	15	220	300	380	440	500
20	160	370	460	520	580	
25	310	430	520	600	680	
<b>2 - DESVIO PARALELO</b>						
	LONGITUD DE COMPENSACION R6,mm					
	15	140	190	240	280	310
	20	160	230	290	330	340
	25	190	270	330	380	420
	LONGITUD DE COMPENSACION R7,mm					
	15	280	580	470	550	620
20	330	460	580	650	730	
25	380	530	650	750	840	
<b>3 - CAMBIO DE DIRECCION</b>						
	LONGITUD DE COMPENSACION R8,mm					
	15	550	750	340	1100	1240
	20	650	920	1150	1300	1450
	25	760	1070	1300	1500	1680
<b>LEYENDA:</b> AP = APOYO DESLIZANTE LC = LONGITUD INICIAL DEL CONDUCTO						



**Anexo F**  
(normativo)

**Compensación Térmica**

En el presente Anexo se describe el proceso analítico destinado a determinar los caudales necesarios en la red de retorno y los diámetros apropiados de las tuberías que conducen estos caudales,

**F.1** La circulación de retorno tiene el objetivo de mantener la temperatura del agua caliente dentro de límites adecuados en las tuberías que componen la red de abasto, esto permite la obtención inmediata del agua caliente en las tomas.

**F.2** Lo anterior se logra haciendo recircular el agua a través de las tuberías desde un tanque de almacenamiento o un calentador, La determinación de los caudales de recirculación y los diámetros de las tuberías (retornos) se determinarán teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Pérdidas térmicas en las tuberías de la red.
- b) Diferencia de temperatura a que opera el sistema.
- c) Presión o carga disponible para la recirculación.

**F.3** Después de haber determinado los diámetros adecuados de las tuberías de abasto, se aplicará el método que se describe a continuación.

**F.4** Descripción el método

Paso 1) En el esquema general de la red de abasto de agua caliente y la red de retorno, se determinarán el circuito básico, los circuitos de recirculación y los límites de los tramos componentes.

Paso 2) Se estiman los diámetros de los conductos de la red de retorno considerando la suposición establecida en la Tabla F.1.

**Tabla F.1 — Relaciones iniciales entre el diámetro de la tubería de abasto y la de retorno**

DN	DNH	DNV
13	13	13
19	13	13
25	15	13
32	15	13
40	20	13
50	25	19
65	32	25
80	40	32
100	50	40

donde:

DN: diámetro nominal de la tubería de abasto de agua caliente relacionada con el conducto de retorno.

DNH: diámetro estimado de la tubería de retorno para tramos horizontales.

DNV: diámetro estimado de la tubería de retorno para tramos verticales.

Paso 3) Se calculan las pérdidas térmicas en cada tramo de la red de abasto y de retorno empleando la siguiente expresión:

$$ht = L \times hto \quad F 1$$

donde:

ht: pérdida térmica en el tramo, W.

L: longitud del tramo, m.

hto: pérdida térmica unitaria, este valor podrá tomarse de la Tabla F.2, teniendo en cuenta el diámetro de tubería del tramo y su condición de instalación, W/m.

Paso 4) Se calculan las pérdidas térmicas totales para cada circuito según la siguiente consideración:

- En los circuitos extremos, la pérdida térmica total es igual a la suma de las pérdidas térmicas de los tramos que conforman dicho circuito.
- En los circuitos intermedios y en el circuito inicial, la pérdida térmica en cada uno de ellos es igual a la suma de las pérdidas térmicas de los tramos que conforman el circuito, más las pérdidas térmicas de los circuitos situados aguas arriba (considerando el flujo en la red de retorno).

**NOTA:** La unidad empleada para representar pérdida térmica es el Watt, se usa la abreviatura W.

Tabla F.2 — Pérdidas térmicas unitarias en tuberías de agua caliente, W/m

<b>CONDICIÓN DE INSTALACIÓN: SIN AISLAMIENTO</b>			
<b>DN (mm)</b>	<b>TUBERÍA DE HIERRO O ACERO GALVANIZADO</b>		<b>TUBERÍA DE COBRE TIPO L</b>
13	22,6		18,2
19	26,8		23,4
25	31,6		28,3
32	37,9		32,9
40	41,9		37,3
50	49,6		45,7
65	57,2		-
80	66,4		-
100	80,2		-
<b>CONDICIÓN DE INSTALACIÓN: AISLADA</b>			
<b>DN (mm)</b>	<b>ESPESOR DEL AISLAMIENTO (mm)</b>	<b>TUBERÍA DE HIERRO O ACERO GALVANIZADO</b>	<b>TUBERÍA DE COBRE TIPO L</b>
13	25,4	12,2	10,7
19	25,4	13,7	12,5
25	25,4	15,4	14,2
32	25,4	17,7	15,9
40	25,4	19,2	17,5
50	38,0	18,7	17,5
65	38,0	21,0	-
80	38,0	23,8	-
100	38,0	28,2	-

**Observaciones:**

- Los valores contenidos en la presente tabla fueron calculados considerando los siguientes parámetros:

Temperatura del agua ..... 60 °C

Temperatura del aire .....20 °C

Coeficientes de conductibilidad térmica de las tuberías.

Hierro y acero .....63,0 W/(m .°C)

Cobre ..... 384,0 W/(m.°C)

Se consideró aislamiento térmico de carbonato de magnesio (85%) y Fibras de amianto (15%).  
Coeficiente de conductividad térmica 0,084 W/(m .°C).

- Cuando se proyecte emplear una tubería o un material termoaislante distinto al considerado en la Tabla F.2, se calcularán las pérdidas térmicas unitarias a partir del coeficiente de conductividad térmica correspondiente y el espesor de los materiales a emplear.
- El aislamiento considerado se suministra en duelas que dan lugar a juntas longitudinales y transversales que aumentan las pérdidas térmicas. Se recomienda en caso de tuberías aisladas multiplicar los valores contenidos en la Tabla por el factor 1,2.
- La tubería de cobre tipo L se incluye en la Tabla como referencia de sus pérdidas térmicas. Con ello, no se omite el posible uso de la tubería tipo K o M si se justifica.

Paso 5) Determinadas las pérdidas térmicas totales, podrán determinarse los caudales mínimos de recirculación requeridos en cada circuito. Se empleará la siguiente expresión:

$$qr = \frac{Ht}{4179 \times DT}$$

donde:

qr: caudal mínimo de recirculación L/s.

Ht: pérdida térmica total en el circuito, W.

DT: temperatura diferencial de operación del sistema, °C.

El valor DT será 20 °C para sistemas con recirculación por gravedad y 10 °C para sistemas con recirculación por bombeo.

**Ejemplo F.1:** Un sistema equipado con bomba, tiene una pérdida térmica total de 17900 W. Calcular el caudal de operación de la bomba:

$$qr = \frac{17900}{4179 \times 10} = 0,43 \text{ L/s}$$

**Ejemplo F.2:** Un sistema equipado con bomba, tiene una pérdida térmica total en un circuito extremo de 2500 W. Calcular el caudal de operación de la bomba:

$$qr = \frac{2500}{4179 \times 10} = 0,06 \text{ L/s.}$$

Paso 6) Los caudales mínimos de recirculación se calculan de forma individual para cada circuito, lo que no asegura que se cumpla la primera Ley de Kirchoff. Para asegurar el cumplimiento de la referida ley, será necesario efectuar un ajuste de los caudales calculados.

Los factores de ajuste para el caudal de retorno de cada circuito se calculará por la expresión siguiente:

$$Fi = \frac{Hi}{Ht}$$

donde:

Fi: factor de ajuste del caudal de retorno del circuito considerado (circuito i).

Hi: pérdida térmica total en el circuito i, W.

Ht: suma de las pérdidas térmicas totales de los circuitos que tributan a un circuito receptor de retorno, W.

Paso 7) El ajuste de los caudales en los circuitos tributarios se efectuará aplicando la expresión siguiente en cada uno de ellos:

$$q_i = F_i \times q_t$$

donde:

qi: caudal ajustado del circuito i, L/s

qt: caudal del circuito receptor, L/s

El ajuste permitirá que numéricamente se cumpla la Primera Ley de Kirchhoff, Ver figura F.3.1.

El proceso de ajuste de los caudales de los circuitos se efectuará siguiendo el orden definido por la circulación en sentido contrario al flujo en la red de retorno.

**Ejemplo F.3:** En la red de retorno de una red de abasto de agua caliente se tienen dos tramos de retorno que aportan su caudal a un tercer tramo, Calcular los caudales ajustados, Ver esquema F.1.

Tramo tributario. Limitado por los nodos 1 y 2

$$H_t(1) = 2600 \text{ W} \quad (\text{Dato})$$

$$q_r(1) = \frac{2600}{4179 \times 10} = 0,06 \text{ L/s} \quad F2$$

$$F_i(1) = \frac{2600}{2600 + 5000} = 0,342 \quad F3$$

$$q_i(1) = 0,342 \times 0,21 = 0,072 \text{ L/s} \quad F4$$

Tramo tributario. Limitado por los nodos 2 y 3.

$$H_t(2) = 5000 \text{ W} \quad (\text{Dato})$$

$$q_r(2) = \frac{5000}{4179 \times 10} = 0,12 \text{ L/s} \quad F2$$

$$F_i(2) = \frac{5000}{2600 + 5000} = 0,658 \quad F3$$

$$q_i(2) = 0,658 \times 0,21 = 0,138 \text{ L/s} \quad F4$$

Tramo receptor, Limitado por los nodos 3 y 4.

$$H_t(3) = 9000 \text{ W} \quad (\text{Dato})$$

$$q_r(3) = \frac{9000}{4179 \times 10} = 0,210 \text{ L/s} \quad F2$$

$$q_i = q_r \text{ (en circuito inicial)}$$

El sistema funciona por bombeo por lo tanto:

$$Dt = 10^\circ\text{C}$$

$$F_i(1) + F_i(2) = 0,342 + 0,658 = 1,0$$

Resultado: Los caudales de retorno ajustados ( $q_i$ ), serán:

Tramo 1-3	0,072 L/s
Tramo 2-3	0,138 L/s
Tramo 3-4	0,210 L/s (Ver esquema F.1)

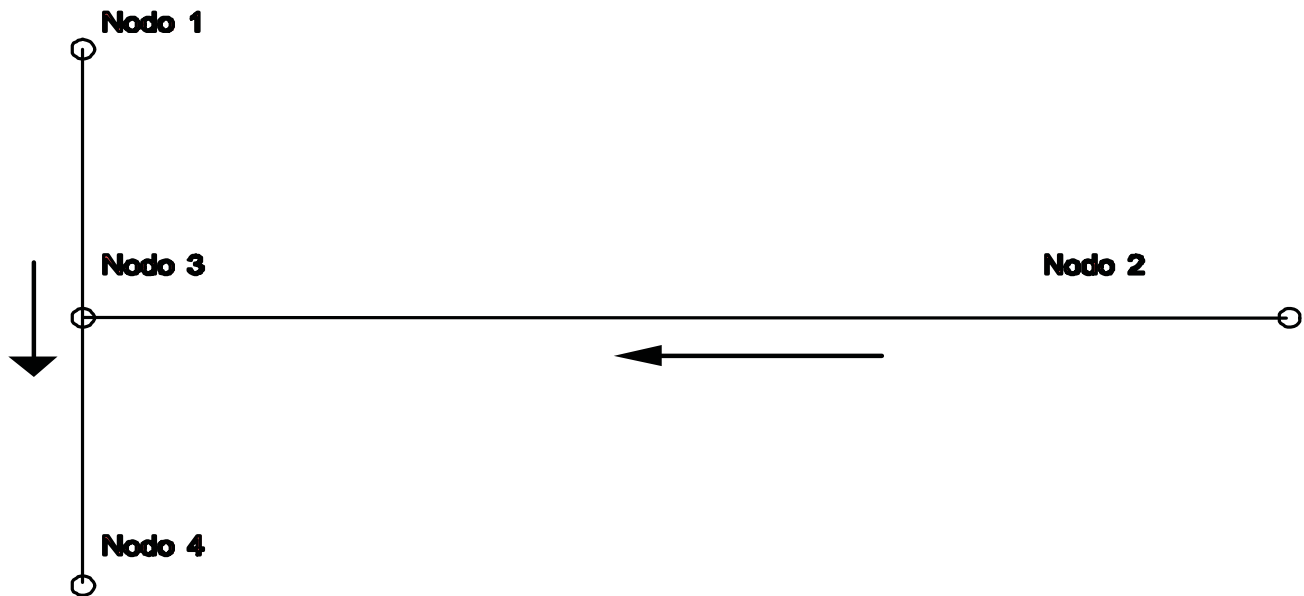


Figura 5 — Esquema F.1. Tramos considerados en el retorno de agua caliente

**Comentario:** Como puede notarse, los caudales de retorno calculados ( $q_r$ ), antes de efectuar el ajuste resultaron:

Tramo 1-3 _____	0,06 L/s
Tramo 2-3 _____	0,12 L/s
Tramo 3-4 _____	0,21 L/s

Que no cumplen la primera Ley de Kirchoff.

Paso 8) Se efectúa el análisis hidráulico de la red de abasto y la de retorno considerándolas como un conjunto. Se asume que no hay consumo de agua caliente en las tomas y por lo tanto solamente consideran los caudales de recirculación

Como resultado del análisis hidráulico se obtienen los caudales que circulan por los tramos y la carga necesaria para producirlos. Si los caudales resultantes difieren sustancialmente de los mínimos requeridos (calculados en el paso 7) se pueden cambiar los diámetros de algunos tramos de la red de retorno y repetir los cálculos necesarios que indica el método a partir del punto 3.

La red de abasto de agua caliente y la de retorno funcionando en conjunto presentan el comportamiento hidráulico de una red mallada. Para este caso el análisis hidráulico no es posible efectuarlo con el empleo de tablas debido a que se presentan caudales muy pequeños con relación al conducto por el que circulan. Resulta necesario en este caso, la aplicación de un programa de computación para redes malladas.

Paso 8.1) En un sistema de abasto de agua caliente que funciona por gravedad, la recirculación es producida por diferencia de carga entre la columna de abasto y de retorno.

Esa diferencia es producida por la existencia de temperaturas desiguales que dan lugar a distintas densidades del agua.

El agua en la línea de retorno es menos caliente y por lo tanto más densa que el agua en la línea de abasto, esto produce diferentes presiones hidrostáticas. La carga varía de acuerdo con las alturas que tienen las líneas de abasto y retorno.

La carga disponible en los sistemas por gravedad se determina considerando que en este caso la temperatura diferencial es de 20 °C. El valor de la carga disponible se determina teniendo en cuenta dos consideraciones:

- La diferencia de altura existente entre el punto de salida del tanque de almacenamiento o del calentador de agua y el punto más alto de recirculación.
- Peso específico del agua según la temperatura de operación en la red de abasto y la existente en la red de retorno.

La presión disponible será determinada por la siguiente expresión:

$$D_p = h \times (W_R - W_A)$$

donde:

Dp: presión manométrica disponible, kgf/m<sup>2</sup>.

h: presión producida por la diferencia de alturas del sistema. Este valor corresponde a una altura geométrica pero puede considerarse una presión si se considera la columna de agua equivalente. Puede expresarse en kgf/ m<sup>2</sup>.

WR: presión correspondiente al agua considerando su temperatura en el retorno, kgf/m<sup>2</sup>

WA: presión correspondiente al agua considerando su temperatura en la zona de abasto, kgf/m<sup>2</sup>.

Para los valores propuestos en la Tabla F.3

**Tabla F.3 — Peso específico el agua según su temperatura**

Temperatura	Peso específico	Temperatura	Peso específico
°C	kg/m <sup>3</sup>	°C	kg/m <sup>3</sup>
20	998,2	45	990,0
25	997,0	50	998,0
30	995,5	55	985,7
35	993,9	60	983,1
40	992,1	65	980,4

**Ejemplo F.4:** En una red de abasto de agua la altura es de 30,0 m, la temperatura del agua en la columna de abasto es de 60 °C y la de recirculación 40 °C. Determinar la presión diferencial disponible.

$$Dp = 30 (992,1 - 983,1) = 270 \text{ kgf/m}^2$$

Paso 8.2) En un sistema de abasto de agua caliente que funciona por bombeo, la recirculación es producida por la bomba o el conjunto de bombas introducidas en el sistema, Para la selección de los equipos de bombeo necesarios se considerará el caudal máximo de retorno y las pérdidas de carga que se producen en el sistema. Se escogerá la bomba o el conjunto de bombas que en el rango de mayor eficiencia cumpla con los requisitos anteriormente indicados.

Paso 9) La selección de diámetros definitivos se efectuará teniendo en cuenta los caudales de recirculación calculados, la carga disponible y el surtido de tuberías. ,

Paso 10) Debido a que en este punto de desarrollo del método se encuentran establecidos todos los diámetros de abasto y retorno, se hace necesario la repetición del proceso de compensación térmica, omitiendo totalmente las suposiciones iniciales en que se tomaron los valores recomendados por la Tabla F.1.

Se revisarán si son admisibles las velocidades de circulación, el valor de la carga disponible y si la máxima caída de presión es aceptable.

El ejemplo presentado a continuación muestra la aplicación general del proceso de compensación térmica de una red de abasto de agua caliente con retorno por bombeo.



**Ejemplo F.5:** Calcular los caudales mínimos de retorno correspondientes a la red de abasto de agua caliente presentada en el Esquema F.2.

Características:

- Se considerará la red compuesta por tubos de acero galvanizado con aislamiento térmico de carbonato de magnesio y fibra de amianto en a proporción 85-15, en duelas.
- Se consigna en el esquema inicial como datos del ejemplo la longitud y diámetro de los tramos de la red de abasto.
- Se tendrán en cuenta los valores siguientes que se originan al afectar los datos de la Tabla F.2, por el factor 1,2: considerando el uso de duelas.

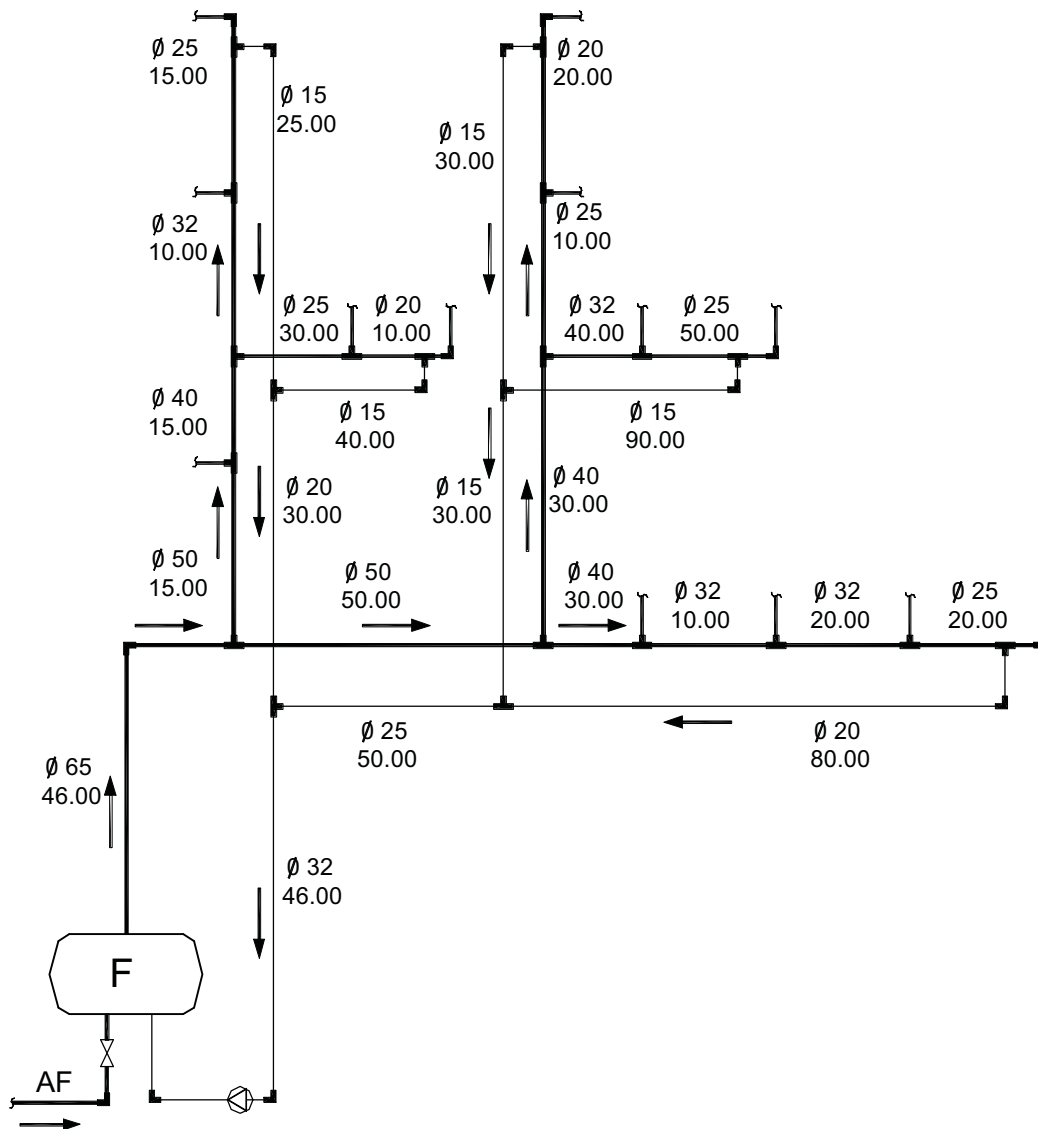
<b>DN (mm)</b>	<b>Pérdidas térmicas (W/m)</b>
13	14,64
19	16,44
25	18,48
32	21,24
40	23,04
50	22,44
65	25,20
80	28,66
100	33,84

**NOTA 1:** Los diámetros de los tramos de retorno se estiman inicialmente por la Tabla F.1.

**NOTA 2:** La determinación de las pérdidas térmicas se presenta en la hoja de cálculo 1.

**NOTA 3:** Los factores de ajuste de caudales y los caudales mínimos de retorno en cada circuito se presentan en la hoja de cálculo 2.





En el esquema F.2, se muestra la disposición de la red objeto de análisis. Como datos iniciales se consignan en el esquema los diámetros y las longitudes de los conductos que conforman la red de suministro de agua caliente y el trazado de los conductos de retorno.



ESQUEMA F-2 RED DE ABASTO DE AGUA CALIENTE

( CORRESPONDIENTE AL EJEMPLO F-5 )

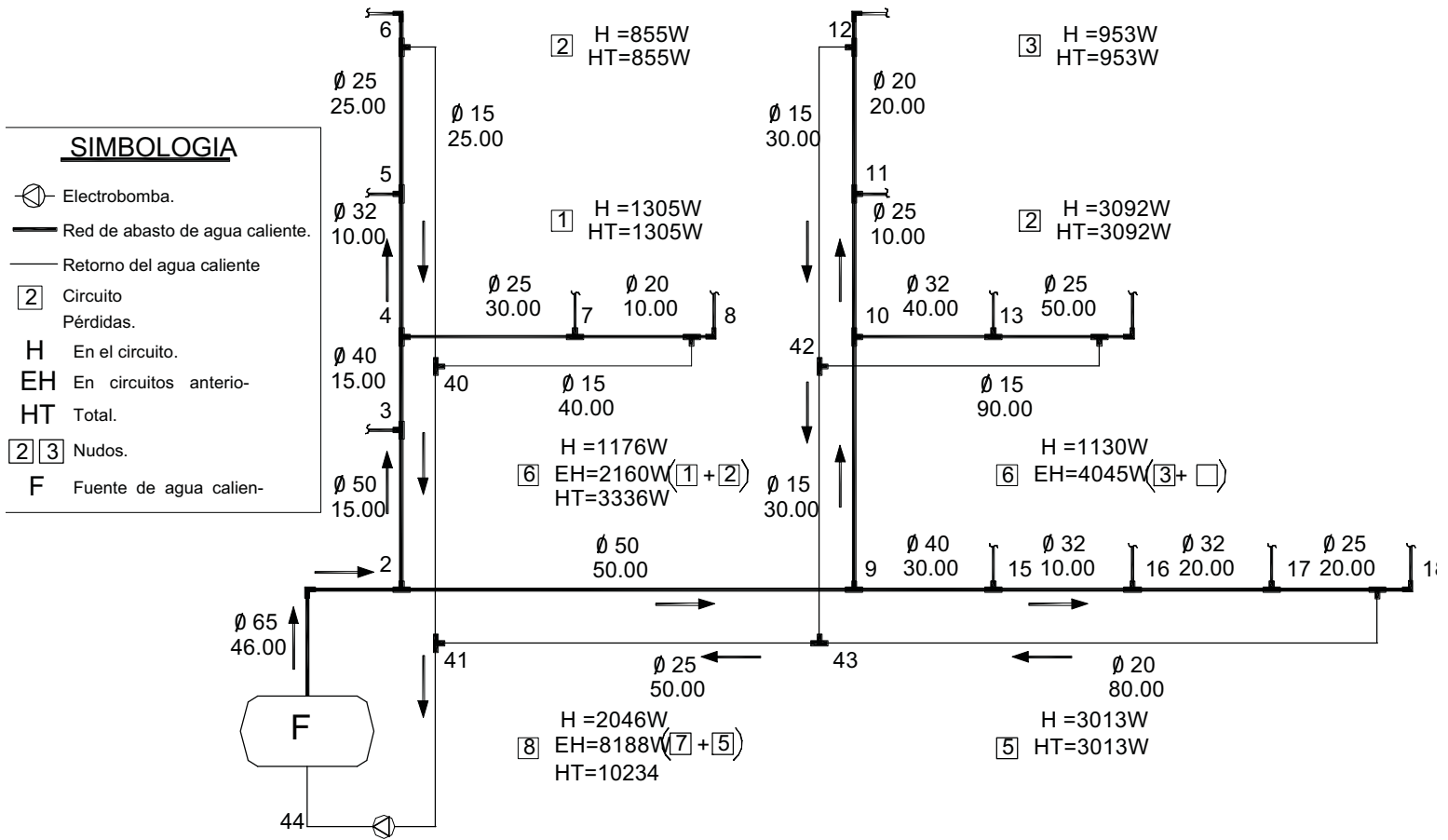
SIMBOLOGIA

-  Electro-bomba.
-  Red de abasto de agua caliente.
-  Retorno del agua caliente.
-  Válvula de control.
- F** Fuente de agua caliente.

## Hoja de cálculo 1 - Pérdidas Térmicas

Circuito	Tramo				Pérdidas térmicas					Observaciones
	Nodo		Diámetro	Longitud	Unitarias	Tramo	Circuito	Suma de circuitos anteriores	Total	
	Superior	Inferior	mm	m	W/m	W	W	W	W	
1	4	7	25	30.00	18.48	554				
	7	8	20	10.00	16.44	165				
	8	40 ■	15	40.00	14.64	586	1305		1305	
2	4	5	32	10.00	21.24	212				
	5	6	25	15.00	18.48	277				
	6	40 ■	15	25.00	14.64	366	855		855	
3	10	11	25	10.00	18.48	185				
	11	12	20	20.00	16.44	329				
	12	42 ■	15	30.00	14.64	439	953		953	
4	10	13	32	40.00	21.24	850				
	13	14	25	50.00	18.48	924				
	14	42 ■	15	90.00	14.64	1318	3092		3092	
	9	15	40	30.00	23.04	691				
	15	17	32	20.00	21.24	425				
	16	17	32	20.00	21.24	425				
	17	18	25	20.00	18.48	370				
	18	43 ■	20	80.00	16.44	1315	3013		3013	
	2	3	50	15.00	22.44	337				
	403	4	40	15.00	23.04	346				
	9	41 ■	20	30.00	16.44	493	1176	2160	3336	
	42	10	40	30.00	23.04	691				
	2	43	15	30.00	14.64	439	1130	4045	5175	
	2	9	50	50.00	22.44	1122				
	43	41 ■	25	50.00	18.48	924	2046	8188	10234	
	1	2	65	46	25.20	1159				
	41	44 ■	32	46	21.24	977	2136	13570	15706	
<b>TOTAL DE PÉRDIDAS EN EL SISTEMA</b>									15706	

**NOTA:** ■ Se señala de esta forma el conducto de retorno.



ESQUEMA F-3 RED DE ABASTO DE AGUA CALIENTE  
DATOS Y RESULTADOS

## HOJA DE CALCULO 2 – CAUDALES MÍNIMOS DE RETORNO

Circuito	Factor de ajuste (Según Ecuación B-3)	Caudal mínimo de retorno L/s (Según Ecuación B-2 y B-4)
9	$F_9 = 15706 / 15707 = 1,0$	$or = 15706 / (4179 \times 10) = 0,3758$ $q_9 = 1,0 \times 0,3758 = 0,3758$
6	$F_6 = 3336 / (3336 + 10234) = 0,246$	$q_6 = 0,246 \times 0,376 = 0,0920$
8	$F_8 = 10234 / (3336 + 10234) = 0,754$	$q_8 = 0,754 \times 0,376 = 0,2835$
2	$F_2 = 855 / (855 + 1305) = 0,396$	$q_2 = 0,396 \times 0,092 = 0,0364$
1	$F_1 = 1305 / (855 + 1305) = 0,604$	$q_1 = 0,604 \times 0,092 = 0,0556$
5	$F_5 = 3013 / (3013 + 5175) = 0,368$	$q_5 = 0,368 \times 284 = 0,1045$
7	$F_7 = 5175 / (3013 + 5175) = 0,632$	$q_7 = 0,632 \times 0,284 = 0,1790$
3	$F_3 = 953 / (953 + 3092) = 0,236$	$q_3 = 0,236 \times 0,179 = 0,0422$
4	$F_4 = 3092 / (953 + 3092) = 0,764$	$q_4 = 0,764 \times 0,179 = 0,1368$

**NOTA:** El orden de cálculo se establece en sentido contrario a la circulación del agua en los conductos de retorno.

**Anexo G**  
(informativo)

**Capacidad de calentamiento y volumen de almacenamiento**

En este Anexo se presenta con carácter de documento recomendado, el método para determinar la capacidad de calentamiento y el volumen de almacenamiento requeridos, para un determinado sistema de abasto de agua caliente, Se acepta el empleo de otros métodos de cálculo.

**G.1** El dimensionamiento del calentador correspondiente a un edificio se determinará a partir de los valores contenidos en la Tabla G.1

**G.2** El consumo horario se pronosticará teniendo en cuenta el tipo de edificio y la cantidad de muebles sanitarios que consumirán agua caliente y que se instalarán en el edificio. El cálculo se determinará según la expresión:

$$Ca = Co1 \times n1 + Co2 \times n2 \dots Cn \times nN \quad D1$$

donde:

Ca: consumo de agua caliente.

Co1, Co2.....Cn: consumos de agua caliente correspondiente a cada mueble sanitario.

n1, n2...nN: números de muebles sanitarios de cada tipo.

**G.3** La capacidad de calentamiento del calentador se determinará según la expresión:

$$Cc = Ca \times Ks \quad D2$$

donde:

Cc: capacidad de calentamiento.

Ks: coeficiente relacionado con la capacidad de calentamiento, según tabla G.1.

**Tabla G.1 — Consumo de agua caliente de los muebles sanitarios expresado en L/h.  
Temperatura de calentamiento: 65 °C**

TIPO DE MUEBLE	TIPO DE EDIFICIO											
	Apartamento	Club	Gimnasio	Hospital	Hotel	Industria	Lavandería	Oficina	Baño Público	Residencia	Escuela	Club Juvenil
Lavado Privado	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4	11,4
Lavado Público	19	30,4	38	30,4	38	57	38	304	57	-	68,4	38
Bañadera	57	57	114	57	57	114	-	-	170	57	-	114
Ducha	190	760	760	190	190	760	-	-	760	190	760	760
Fregadero de cocina	38	76	-	76	76	76	-	-	-	38	38	76
Fregadero de repostería	38	76	.	76	76	-	-	-	-	38	76	76
Fregadero de desperdicios	76	76	-	76	114	76	38	57	57	57	76	76
Lavadora automática de ropa	95	114	-	132	132	-	160	-	-	95	-	132
Lavadora exprimidora de ropa	285	285	-	380	570	-	380	-	380	285	-	380
Lavaplatos	57	114	-	114	114	114	-	-	-	57	114	114
Lavaplatos	1136 litros / hora a 82 °C, por cada 500 personas											
COEFICIENTES DE USO												
Ks	0.2	0.5	0.8	0.6	0.5	0.9	1.0	0.15	1.0	0.5	0.25	0.75
Ka	1.0	0.75	0.5	0.5	0.25	0.5	0.25	1.0	0.5	1.0	0.5	0.5
Ks: es el coeficiente relacionado con la capacidad de calentamiento.												
Ka: es el coeficiente relacionado con el volumen de almacenamiento.												

**G.4** El volumen de almacenamiento necesario se determinará según la expresión:

$$Va = Cc \cdot Ka$$

$$D3$$

donde:

Va: volumen de almacenamiento.(litros)

Ka: coeficiente relacionado con el volumen de almacenamiento según Tabla G.1

**G.5** En el caso de los restaurantes las características del calentador se determinarán a partir de los valores y coeficientes contenidos en la Tabla G.2.

**Tabla G.2 — Consumo de agua caliente en restaurantes, expresado en L/h, Temperatura de calentamiento 80°C.**

Tipo de servicio	Agua caliente requerida	Consumo máximo horario, Cm	Capacidad de calentamiento, Ks	Volumen de almacenamiento, Ka
Caso General	7 litros/comida/día	0,10	0,10	0,10
Tres comidas diarias	-	0,10	0,10	0,20
Una comida diaria	-	0,20	0,17	0,40

**Observación:**

Las temperaturas de calentamiento indicadas en las Tablas G-1 y G-2 constituyen un límite máximo para diseño en realidad la fuente de calentamiento es ajustada a una temperatura menor, esta temperatura es reducida mediante mezcladoras para permitir su contacto con la piel humana en el caso de aseo corporal.

**Ejemplo G.1:** Pronosticar las características de consumo de agua caliente en el bloque habitacional de un hotel de 50 habitaciones.

Solución:

Consumo horarios:

Lavabo privado:	50	11,4	570
Bañadera:	25	57,0	285
Duchas:	25	190,0	4250

$$Ca = 5065 \text{ L/h}$$



Capacidad de calentamiento:

$$Cc = Ca \times Ks = 5065 \times 0,5 = 2533 \text{ L/h}$$

temperatura de calentamiento: 65 °C

Volumen de almacenamiento:

$$Va = Cc \times Ka = 5065 \times 0,25 = 1266 \text{ litros}$$

**Ejemplo G.2:** Pronosticar las características de consumo de agua caliente en un gimnasio en que se instalarán 2, Lavabos para uso privado, 20 lavabos para uso público y 20 duchas para uso público.

Solución:

Consumo horario:

$$\text{Lavabo privado: } 2 \times 11,4 = 22,8$$

$$\text{Lavabo público: } \quad \quad \quad 20 \quad \quad \quad \times \quad 38,0 = 760,0$$

$$\text{Duchas: } \quad \quad 20 \times 760,0 = 11400,0$$

$$\text{Total} = 12182,8 \text{ L/h}$$

$$= 12,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

Capacidad de calentamiento:

$$Cc = Ca \times Ks = 12,2 \times 0,8 = 9,8 \text{ m}^3/\text{h} \quad D2$$

temperatura de calentamiento: 65 °C

Volumen de almacenamiento:

$$Va = Cc \times Ka = 12,2 \times 0,5 = 6,1 \text{ m}^3 \quad D3$$

**Ejemplo G.3:** Pronosticar las características de consumo de agua caliente en un restaurante que efectúa el despacho de 300 raciones en horario de almuerzo y 400 raciones en horario de comida.

Solución:

$$300 + 400 = 700 \text{ raciones / día}$$

Consumo medio:

$$700 \times 7 = 4900 \text{ L / d}$$

$$= 4,9 \text{ m}^3 / \text{d}$$

Nótese que en los ejemplos 1 y 2 se tomaron los datos de la Tabla G-1 y en el presente ejemplo de la Tabla G-2.

Consumo horario:

$$Ca = 4,9 \times 0,1 = 0,49 \text{ m}^3 / \text{h} \quad G1$$

Capacidad de calentamiento:

$$Cc = 4,9 \times 0,1 = 0,49 \text{ m}^3 / \text{h} \quad G2$$

Temperatura de calentamiento 80 °C

Volumen de almacenamiento:

$$Va = 4,9 \times 0,1 = 0,49 \text{ m}^3 \quad G3$$

## **Anexo H** (normativo)

### **Ajuste térmico**

En el presente anexo se describe el procedimiento para el ajuste manual de las válvulas de macho (o válvulas equilibrantes) con el fin de obtener la igualdad de temperaturas del agua de los retornos secundarios con la del retorno principal compuesto por el circuito básico, con ello se logra la distribución uniforme de la temperatura del agua en toda la red de abasto. EL ajuste se efectúa en obra.

El presente ajuste se efectúa antes de la puesta en marcha de la red de abasto o cuando sea necesario durante su etapa de operación.

**H.1** A continuación se presenta la descripción y el orden de las operaciones necesarias para el ajuste térmico. Para facilitar la descripción del procedimiento, se toma como referencia el Esquema 1-1. (Figura No. 2) alimentación ascendente.

1) Se elimina el consumo de agua caliente en el sistema mediante el cierre de las válvulas correspondientes. Se instalan termómetros en las tomas previstas.

2) Se cierran todas las válvulas macho, Con ello se logra que la recirculación se produzca únicamente a través del circuito básico.

3) Se efectúa la abertura gradual de la válvula macho del elevador 2 controlando mediante termómetros que la temperatura del agua en los puntos B y G sean aproximadamente iguales

4) Se regula de forma gradual, la abertura de la válvula macho del elevador 3 hasta lograr temperaturas aproximadamente iguales a los puntos G, B y D.

5) Análogamente se efectuará la regulación de la válvula macho del elevador 4 hasta lograr temperatura aproximadamente iguales a los puntos B, C, D y F. De esta manera se obtendrá un equilibrio térmico en toda la red de retorno al no existir grandes diferencias de temperatura en las uniones.

**H.2** En esquemas de redes donde existan circuitos fundamentales no conectados al circuito básico, se procederá de forma análoga para lograr equilibrarla temperatura a la salida de los mismos. En las figuras 1.1; 1.2 y 1.3 se indican como "toma para termómetro" los puntos en que se instalarán los termómetros.

**H.3** Se recomienda dejar instaladas las conexiones con tapones en la base de cada retorno que permitan instalar en ellos los termómetros requeridos para realizar el ajuste térmico.

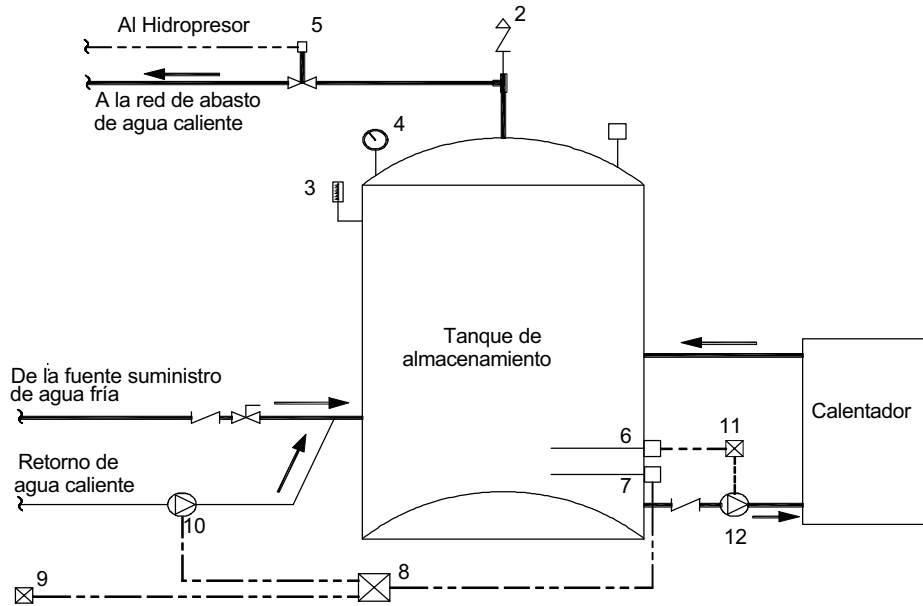
**H.4** El ajuste térmico se efectuará en la etapa de puesta en marcha de la instalación y en la etapa de operación cuando se observe funcionamiento inadecuado del sistema de suministro de agua caliente.

**H.5** Cuando se instalen en el sistema válvulas automáticas para el ajuste térmico no será necesario efectuar el ajuste manual descrito en el presente anexo, Deberá considerarse la conveniencia de instalar válvulas equilibrantes de regulación automática.

**Anexo J**  
(informativo)

**Instalación del sistema central de calentamiento**

El esquema que puede servir de referencia para diseñar un sistema central de calentamiento de agua para un edificio social. Se incluyen las ideas básicas para la regulación automática del conjunto.



ESQUEMA J-1

<u>SIMBOLOGIA</u>	
	Electrobomba
	Red de abasto de agua caliente
	Retorno del agua caliente
	Válvula de control
	Válvula de retención
	Cable conductor de la señal sensor de la temperatura

**Descripción de equipos:**

1. Válvula de seguridad (Presión y temperatura).
2. Válvula automática de expulsión de aire.
3. Termómetro (Graduado de 0 a 100 °C)
4. Manómetro (Graduado de 0 a 1,0 MPa )
5. Presostato (si se emplea hidropresor)
6. Sensor de inmersión. Para controlar la temperatura del agua en el tanque de almacenamiento entre 50 °C y 55 °C
7. Sensor de inmersión. Para controlar la diferencia de temperatura del agua caliente contenida en el tanque de almacenamiento y la temperatura del agua en la red de abasto de agua caliente.
8. Dispositivo automático de control (arranque-parada) de la bomba de retorno (10) de la red de suministro de agua caliente. La operación se efectúa por diferencia de temperatura entre los sensores 7 y 9.
9. Sensor de superficie. Se instalará en el punto de la red de abasto donde se requiera controlar la temperatura mínima del sistema. Se instala en tubería.
10. Bomba recirculadora. Opera entre la red de abasto y el tanque de almacenamiento.
11. Dispositivo automático de control (arranque-parada) de la bomba de retorno (12) situada entre el tanque de almacenamiento y el calentador. Opera por temperatura mínima en el sensor 6. Al registrar una temperatura menor de 46 °C, en el tanque de almacenamiento, se produce el arranque de la electrobomba (12). Cuando la temperatura del agua contenida en el tanque de almacenamiento se eleva hasta 55 °C, se produce la parada de la bomba.

**Observaciones:**

- El dispositivo 8 permitirá fijar por medio de selección manual una temperatura diferencial entre 5 °C y 15 °C y entre 1 °C y 15 °C.
- El dispositivo 11, permitirá la selección manual entre 40 °C y 80 °C. El rango usual de temperatura es: máxima 55 °C y mínima 46 °C.

## Bibliografía

**Canadá**, Canadian Plumbing Code 1985. Issued by the Associate Committee on the National Building Code. National Research Council of Canada. Ottawa.

**España**, N.T.E. Diseño, cálculo, construcción, control y valoración "Instalaciones" Instituto Nacional para la calidad de la edificación. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo, Madrid, España., 1984.

**Estados Unidos**, Fair. G.M. y Geyer. Ch.G. Abasto de agua y disposición de aguas negras. Editorial John Wiley and Sons. Inc. New York. 1965.

**Estados Unidos**, Nielsen. B.L. Diseño standard de plomería. Edición en español. 1965.

**Estados Unidos**, Babbitt. H.E. Plomería. Editorial Continental. S.A.. 1964.

**México**, IMSS. Normas de ingeniería de diseño. Instituto Mexicano del Seguro Social. Instalaciones Sanitarias e Hidráulicas. México. 1986.

**URSS**, Mijeev. M.A. y Mijeeva. I.M. Fundamentos de termotransferencia. Editorial MIR. Moscú. 1979.

**URSS**, Krasnoschiokove. E.A. y Sukomiel. A.S. Problemas de termotransferencia. Editorial MIR. Moscú. 1977.

**Cuba**, NC 53-15:1983 Elaboración de Proyectos de Construcción. Instalaciones Hidrosanitarias. Términos y Definiciones.

**Cuba**, NC 93-12:1986 Instalaciones Hidrosanitarias. Requisitos sanitarios generales.

**Cuba**, NC 93-03-01 NCPI. Instalaciones de sistemas de suministro de agua. Requisitos generales.

**Cuba**, NC Proyecto Acordado (Noviembre 1991). Elaboración de Proyectos de Construcción. Sistema de abasto de agua en edificios sociales. Requisitos de Proyecto.

**Cuba**, NC Proyecto Acordado (Diciembre 1992). Elaboración de Proyectos de Construcción. Sistemas de abasto de agua caliente en edificios sociales. Requisitos de Proyecto.

**Cuba**, Streeter. V.I. Mecánica de los fluidos. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. 1968.

**Cuba**, King. H.W. Manual de hidráulica. Instituto del Libro. La Habana. 1969.

**Cuba**, Gómez Chirino S. y Fernández Moreno L. Compensación térmica, fundamento teórico y aplicaciones. Inédito, 1992.

**Cuba**, Gómez Chirino. S. y Fernández Moreno. L. Abasto de agua en edificaciones. Inédito

Catálogos de fabricantes de termoaislantes y equipos relacionados con el abasto de agua