

# CAPÍTULO 17

## CÁLCULO DE INSTALACIONES RECEPTORAS

17.1. Introducción .....	517
17.2. Características del gas suministrado y de la acometida.....	517
17.3. Tipo de instalación.....	517
17.4. Grado de gasificación .....	518
17.5. Potencia de diseño de la instalación .....	518
17.5.1. Potencia de diseño de la instalación individual .....	518
17.5.2. Potencia de diseño de la acometida interior o de la instalación común <i>(sólo categorías B y A)</i> .....	519
17.6. Determinación de los caudales de diseño de las instalaciones y de los aparatos a gas.....	520
17.6.1. Determinación del consumo volumétrico de un aparato a de un aparato .....	520
17.6.2. Caudal de diseño de una instalación individual.....	521
17.6.3. Caudal de diseño de una acometida interior o instalación común <i>(sólo categorías B y A)</i> .....	524
17.7. Criterios de diseño.....	525
17.8. Longitud equivalente .....	525
17.9. Variación de la presión relativa en función de la altura <i>(sólo categorías B y A)</i> .....	526
17.10. Pérdida de carga admitida .....	527
17.10.1. Pérdida de carga por unidad de longitud .....	527
17.10.2. Pérdida de carga por unidad de longitud más desfavorable .....	527
17.11. Método de cálculo de la pérdida de carga .....	527
17.11.1. Fórmula de renouard lineal ( $p \leq 50$ mbar).....	528
17.11.2. Fórmula renouard cuadrática ( $p > 50$ mbar).....	528
17.11.3. Condiciones de validez de la fórmula de Renouard .....	528
17.11.4. Cálculo de la velocidad del gas en el interior del tubo.....	528
17.12. Proceso de cálculo .....	529
17.12.1. Datos preliminares.....	529
17.12.2. Cálculo de la instalación común <i>(sólo categorías B y A)</i> .....	529
17.12.3. Cálculo de la instalación individual .....	529
17.13. Manejo de las tablas de cálculo .....	529
17.14. Ejemplos de cálculo de instalaciones receptoras .....	530
17.14.1. Ejemplos de cálculo de instalaciones en el interior de la vivienda .....	530
17.14.1.1. Ejemplo iri-1: instalación interior de una vivienda suministrada con gas manufacturado .....	530
17.14.1.2. Ejemplo iri-2: instalación interior de una vivienda suministrada con gas natural .....	534
17.14.1.3. Ejemplo iri-3: instalación interior de una vivienda suministrada con gas butano .....	538

17.14.2. Ejemplos de cálculo de instalaciones en fincas plurifamiliares y locales destinados a usos no domésticos ( <b>sólo categorías B y A</b> ) .....	542
17.14.2.1. Ejemplo irc-1: instalación receptora en finca plurifamiliar con contadores en batería suministrada con gas ciudad desde una red de distribución con mop de 12 mbar .....	542
17.14.2.2. Ejemplo irc-2: instalación receptora en finca plurifamiliar con contadores en vivienda suministrada con gas natural desde una red de distribución con mop de 5 bar .....	555
17.14.2.3. Ejemplo irc-3: instalación receptora en local comercial suministrada con gas propano desde una batería de depósitos móviles de 35 kg contenido unitario.....	570
Anexo: tablas de cálculo .....	585

### 17.1. INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se desarrollan los conceptos básicos para el dimensionado de las instalaciones receptoras de gas en función de la presión de cada uno de los tramos y de los caudales que circulan por los mismos.

Para ello, se dan las bases para la determinación de los caudales de los diferentes tramos de instalación en función de la potencia consumida por los aparatos a gas y las condiciones de utilización de los mismos en las instalaciones, tanto individuales como comunes.

Asimismo, se complementa el presente capítulo con unos ejemplos prácticos de cálculo de instalaciones interiores a la vivienda, instalaciones en fincas plurifamiliares e instalaciones en locales de uso colectivo o comercial.

### 17.2. CARACTERÍSTICAS DEL GAS SUMINISTRADO Y DE LA ACOMETIDA

El diseño de una instalación receptora de gas es función del gas suministrado y de las características de la acometida.

Para proceder al diseño de una instalación receptora de gas deberán conocerse previamente las características del gas distribuido, que deberán ser facilitadas en todos los casos por la Empresa Distribuidora, y serán los siguientes:

- Familia y denominación del gas, según la UNE 60002
- Poder calorífico superior (PCS)
- Densidad relativa corregida, ficticia o de cálculo ( $d_s$ ).
- Índice de Wobbe (W)
- Grado de humedad (sólo para gases húmedos)
- Presión de garantía a la salida de la llave de acometida ( $P_g$ )
- Rango de presiones en la instalación receptora
- Diámetro nominal de la llave de acometida (DN)

Los datos que facilite la Empresa Distribuidora serán datos válidos para el cálculo de la instalación, pero no podrán utilizarse fuera de este contexto.

Cuando en una zona se distribuya un tipo de gas y se prevea un cambio del mismo, el diseño debe realizarse de tal forma que la instalación receptora de gas resultante sea compatible para ambos.

### 17.3. TIPO DE INSTALACIÓN

Para el cálculo de una instalación receptora deberá tenerse en cuenta el tipo de edificación en la que se va a realizar, pues varía la instalación en función de la tipología de la misma.

Las instalaciones receptoras de gas pueden alimentar a edificios de nueva construcción o a edificios ya construidos, los cuales, a su vez, se clasifican en:

- Uso doméstico (fincas unifamiliares y plurifamiliares)
- Uso no doméstico (locales destinados a usos colectivos, comerciales o industriales)

## 17.4. GRADO DE GASIFICACIÓN

El grado de gasificación de los locales es la previsión de la potencia de diseño de la instalación individual, referida al PCS, con que se quiere dotar a los mismos. En función de dicha potencia, se establecen tres grados de gasificación expresados en la siguiente tabla:

Grado	Potencia de diseño de la instalación individual ( $P_i$ )
1	$P_i \leq 30 \text{ kW}$ ( $P_i \leq 25.800 \text{ kcal/h}$ )
2	$30 < P_i \leq 70 \text{ kW}$ ( $25.800 < P_i \leq 60.200 \text{ kcal/h}$ )
3	$P_i > 70 \text{ kW}$ ( $P_i > 60.200 \text{ kcal/h}$ )

## 17.5. POTENCIA DE DISEÑO DE LA INSTALACIÓN

### 17.5.1. Potencia de diseño de la instalación individual

Para determinar el grado de gasificación, en función de la dotación de aparatos a gas previstos en cada una de las viviendas existentes en un edificio, se debe utilizar la siguiente expresión:

$$P_{iv} = (P_a + P_b + \frac{P_c + P_d + \dots}{2}) \times 1,10$$

donde:

$P_{iv}$  Potencia de diseño de la instalación individual de la vivienda.

$P_a$  y  $P_b$  Consumos caloríficos (referidos al PCI) de los dos aparatos de mayor consumo.

$P_c$  y  $P_d$  Consumos caloríficos (referidos al PCI) del resto de aparatos.

1,10 Coeficiente corrector medio, función del PCS y del PCI del gas suministrado.

Nota: Si los consumos caloríficos de los aparatos a gas vienen referidos al PCS, no ha de aplicarse el coeficiente corrector medio 1,10.

$$P_{iv} = (P_a + P_b + \frac{P_c + P_d + \dots}{2})$$

Debe asignarse, como mínimo, la potencia de diseño correspondiente al grado 1 de gasificación (30 kW o 25.800 kcal/h).

En instalaciones de gas para locales destinados a usos no domésticos en los que se instalen aparatos a gas propios para dicho uso, la potencia de diseño de la instalación se determina como la suma de los consumos caloríficos de los aparatos a gas, instalados o previstos, mediante la siguiente expresión:

$$P_{il} = (P_a + P_b + P_c + P_d + \dots) \times 1,10$$

donde:

$P_{il}$  Potencia de diseño de la instalación individual del local de uso no doméstico.

$P_a, P_b, P_c, P_d, \dots$  Consumos caloríficos (referidos al PCI) de los aparatos de consumo.

Nota: Si los consumos caloríficos de los aparatos a gas vienen referidos al PCS, no ha de aplicarse el coeficiente corrector medio 1,10.

$$P_{il} = (P_a + P_b + P_c + P_d + \dots)$$

En el caso de utilizarse un coeficiente de simultaneidad, debe justificarse debidamente.

**Ejemplo A:** Calcular la potencia de diseño de una instalación individual que dispone de un calentador instantáneo de 10 l/min con una potencia de 21,2 kW, una caldera de calefacción de 16,9 kW y una encimera de 6,4 kW. Las potencias de los aparatos han sido tomadas de la placa de características y por lo tanto son respecto al PCI.

Aplicando la fórmula de cálculo con coeficiente 1,10 por ser las potencias respecto al PCI, y teniendo en cuenta que los dos aparatos de más consumo son el calentador y la caldera de calefacción, determinamos la potencia de diseño:

$$P_{iv} = (21,2 + 16,9 + \frac{6,4}{2}) \times 1,10 = 45,4 \text{ kW}$$

Por lo tanto, la potencia de diseño de la instalación individual será de 45,4 kW (39.000kcal/h).

### 17.5.2. Potencia de diseño de la acometida interior o de la instalación común (sólo categorías B y A)

La potencia de diseño de la acometida interior o de la instalación común se determina mediante la suma de las potencias de diseño de las instalaciones individuales de cada una de las viviendas domésticas y locales de uso no doméstico existentes en el edificio, susceptibles de suministrarse con la misma acometida interior o con la misma instalación común, según el caso, incluidas aquéllas cuya conexión a la instalación común no esté prevista por no existir aún instalación individual, asignándoles como mínimo la correspondiente al grado 1 de gasificación y multiplicando el resultado por un coeficiente o factor de simultaneidad, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$P_c = \sum P_{iv} \times S_n + \sum P_{il}$$

donde:

$P_c$  Potencia de diseño de la acometida interior o de la instalación común.

$P_{iv}$  Potencia de diseño de las instalaciones individuales de las viviendas.

$P_{il}$  Potencia de diseño de las instalaciones individuales de los locales de uso no doméstico.

$S_n$  Factor de simultaneidad.

El factor de simultaneidad  $S_n$  es función del número de viviendas suministradas desde la acometida interior o la instalación común, según el caso, y de que exista o no calefacción individual:

- $S_1$ : Factor de simultaneidad cuando no existe calefacción individual.
- $S_2$ : Factor de simultaneidad cuando existe calefacción individual.

Los coeficientes  $S_1$  y  $S_2$  se obtienen, de forma general, mediante aplicación de las siguientes fórmulas, teniendo en cuenta que  $N$  es el número de viviendas a las que alimenta la instalación:

$$S_1 = (19+N) / 10*(N+1)$$

$$S_2 = (19+N) / 4*(N+4)$$

Estos coeficientes  $S_1$  y  $S_2$  pueden obtenerse directamente de la siguiente tabla:

Número viviendas	$S_1$	$S_2$
1	1,00	1,00
2	0,70	0,88
3	0,55	0,79
4	0,46	0,72
5	0,40	0,67
6	0,36	0,63
7	0,33	0,59
8	0,30	0,56
9	0,28	0,54
10	0,26	0,52
11	0,25	0,50
12	0,24	0,48
13	0,23	0,47
14	0,22	0,46
15	0,21	0,45
16	0,21	0,44

Número viviendas	$S_1$	$S_2$
17	0,20	0,43
18	0,19	0,42
19	0,19	0,41
20	0,19	0,41
21	0,18	0,40
22	0,18	0,39
23	0,18	0,39
24	0,17	0,38
25	0,17	0,38
26	0,17	0,38
27	0,16	0,37
28	0,16	0,37
29	0,16	0,36
30	0,16	0,36
Más de 30	0,15	0,35

**Ejemplo B:** Calcular la potencia de diseño de una instalación común que alimenta a 12 viviendas sin calefacción individual, cada una de las cuales tiene una potencia de diseño de 27 kW y a un local comercial que tiene una potencia de diseño de 42 kW.

Como la potencia de diseño de las instalaciones individuales de las viviendas no llega al grado 1 de gasificación (30 kW), debe tomarse como mínimo el grado 1, por lo que se le asignará una potencia de diseño de 30 kW a cada vivienda para determinar la potencia de diseño de la instalación común. Al no disponer las viviendas de calefacción individual, el coeficiente de simultaneidad será el  $S_1$ , que para 12 viviendas es de 0,24.

$$P_c = 12 \times 30 \times 0,24 + 42 = 128,4 \text{ kW}$$

Por lo tanto, la potencia de diseño de la instalación común será de 128,4 kW (110.425 kcal/h)

## 17.6. DETERMINACIÓN DE LOS CAUDALES DE DISEÑO DE LAS INSTALACIONES Y DE LOS APARATOS A GAS

### 17.6.1. Determinación del consumo volumétrico de un aparato a de un aparato

El consumo volumétrico (en  $\text{m}^3(\text{n})/\text{h}$ ) de un aparato a gas se calcula como el cociente entre su consumo calorífico y el poder calorífico superior del gas suministrado, expresado en las mismas unidades, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$Q_n = \frac{1,10 \times P_{A\_PCI}}{PCS}$$

donde

$Q_n$  Consumo volumétrico del aparato a gas ( $\text{m}^3(\text{n})/\text{h}$ ).

$P_{A\_PCI}$  Consumo calorífico (referido al PCI) del aparato a gas (kW o kcal/h).

PCS Poder calorífico superior del gas suministrado ( $\text{kWh}/\text{m}^3(\text{n})$  o  $\text{kcal}/\text{m}^3(\text{n})$ ).

1,10 Coeficiente corrector medio, función del PCS y del PCI del gas suministrado.

Nota: Si el consumo calorífico del aparato a gas viene referido al PCS ( $P_{A\_PCS}$ ), no ha de aplicarse el coeficiente corrector medio 1,10.

$$Q_n = \frac{P_{A\_PCS}}{PCS}$$

Si no se conoce la potencia de algún aparato a la hora de realizar el diseño de la instalación, pueden utilizarse los valores de gasto calorífico referidos al PCS que, a modo orientativo, se indican en la tabla siguiente:

Potencia consumida referida al PCS más habituales de los aparatos a gas de uso doméstico			
Aparato	Tipo	potencia	
		kW	kcal/h
Cocina	Independiente o completa	11,6	10.000
	Solo encimera	7,0	6.000
	Solo horno-gratinador	4,0	3.400
Calentador instantáneo de agua o caldera mixta	Caudal: 5 litros/min	11,6	10.000
	Caudal: 10 litros/min	23,3	20.000
	Caudal: 13 litros/min	30,2	26.000
	Caudal: 15 litros/min	34,9	30.000
Acumulador de agua (Por cada 50 litros)	Normal	1,9	1.600
	Rápido	4,7	4.000
	Ultra-rápido	10,5	9.000
Calefacción (por cada 1.000 kcal/h de necesidades de calor de la vivienda)	Caldera de calefacción	1,5	1.300
	Caldera mixta (calef.-ACS)	1,5	1.300
	Generador aire caliente	1,5	1.300
	Radiador	1,5	1.300
Chimenea-hogar		13,0	11.180
Secadora		6,0	5.200

**Ejemplo C:** Vamos a calcular el consumo o caudal de gas de un aparato cuya potencia consumida es 5,8 kW (5.000 kcal/h) y se encuentra alimentado por un gas manufacturado con un PCS de 4,9 kWh/ m<sup>3</sup>(n) (4.200 kcal/m<sup>3</sup>(n)).

$$Q = \frac{P_{A\_PCS}}{PCS} = \frac{5,8}{4,9} = 1,19 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

**Ejemplo D:** Calcular el consumo o caudal de gas de un radiador que debe dar calefacción a una habitación cuyas necesidades energéticas son de 3,5 kW (3.000 kcal/h), alimentando a partir de un depósito móvil de gas butano con un PCS de 13,7 kWh/kg (11.800 kcal/kg).

Como ignoramos la potencia nominal de la caldera a instalar, buscamos su valor aproximado en la tabla de potencia consumida por los aparatos de uso doméstico, obteniendo que precisa 1,5 kW por cada 1.000 kcal/h de necesidad energética:

$$\text{Gasto calorífico} = \frac{3.000}{1.000} \times 1,5 = 4,5 \text{ kW} \quad Q = \frac{\text{Gasto calorífico}}{PCS} = \frac{4,5}{13,7} = 0,33 \text{ kg/h}$$

### 17.6.2. Caudal de diseño de una instalación individual

El caudal de diseño de una instalación individual se calcula según la siguiente fórmula:

$$Q_{si} = \frac{P_i}{PCS}$$

donde

$Q_{si}$  Caudal de diseño de la instalación individual.

$P_i$  Potencia de diseño de la instalación individual.

PCS Poder calorífico superior del gas suministrado.

El caudal de diseño de una instalación individual también puede determinarse en base a los caudales de los aparatos según la expresión siguiente:

$$Q_{si} = (Q_a + Q_b + \frac{Q_c + Q_d + \dots}{2}) \quad Q_{si} = (Q_a + Q_b + Q_c + Q_d + \dots)$$

donde

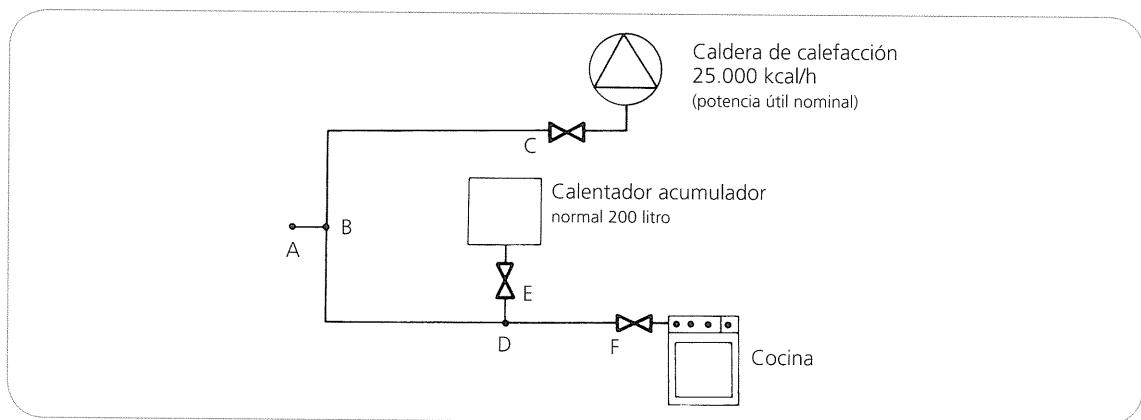
$Q_{si}$ : Caudal de diseño de la instalación individual.

$Q_a, Q_b$ : Caudales de los dos aparatos de mayor consumo.

$Q_c, Q_d$ : Caudales del resto de aparatos.

**Ejemplo E:** Calcular el caudal máximo probable o de simultaneidad cada uno de los tramos de la instalación que representa la figura, la cual se encuentra alimentada por los siguientes tipos de gas:

- Gas ciudad con un PCS de 4,9 kWh/m<sup>3</sup>(n) (4.200 kcal/m<sup>3</sup>(n)).
- Propano con un PCS de 13,8 kWh/kg (11.900 kcal/kg).



Para proceder al cálculo del caudal máximo probable de cada uno de los tramos de la instalación, deben realizarse, para cada uno de los gases, los siguientes pasos:

- Cálculo del consumo de cada uno de los aparatos.
- Cálculo del caudal máximo probable de cada tramo.

#### a) Cálculo con Gas ciudad

En primer lugar calculemos el consumo de cada aparato a gas:

**Caldera de calefacción:** Potencia útil nominal = 25.000 kcal/h (29 kW). Por tanto, suponiendo un rendimiento del 75 % podemos calcular la potencia consumida y, consecuentemente, obtendremos el caudal de gas:

$$P_{consumida} = \frac{29}{0,75} = 38,7 \text{ kW} \quad Q_{caldera} = \frac{38,7}{4,9} = 7,88 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

**Calentador acumulador:** De la tabla de potencia consumida por los aparatos de uso doméstico obtenemos lo siguiente:

$$\text{Potencia Consumida} = \frac{200}{50} \times 1,9 = 7,6 \text{ kW}$$

$$Q_{calentador} = \frac{7,6}{4,9} = 1,55 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

**Cocina:** De la tabla de potencia consumida por los aparatos de uso doméstico obtenemos lo siguiente: Potencia consumida = 11,6 kW (10.000 kcal/h)

$$Q_{\text{cocina}} = \frac{11,6}{4,9} = 2,37 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

Ahora procedemos a calcular el caudal máximo probable de cada uno de los tramos:

#### Tramo AB

Por el tramo AB circula el gas que alimenta a los tres aparatos, siendo la caldera de calefacción y la cocina los de mayor consumo, por tanto:

$$Q_{\text{si}}(\text{AB}) = Q_{\text{caldera}} + Q_{\text{cocina}} + \frac{Q_{\text{acumulador}}}{2} = 7,88 + 2,37 + \frac{1,55}{2} = 11,02 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

#### Tramo BD

El tramo BD alimenta al calentador acumulador y la cocina. El caudal de simultaneidad en este tramo, será:

$$Q_{\text{si}}(\text{BD}) = Q_{\text{acumulador}} + Q_{\text{cocina}} = 1,55 + 2,37 = 3,92 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

#### Tramo DE

El tramo DE sólo alimenta al calentador acumulador, por tanto:

$$Q_{\text{si}}(\text{DE}) = Q_{\text{acumulador}} = 1,55 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

#### Tramo DF

De la misma forma el tramo DF sólo alimenta a la cocina.

$$Q_{\text{si}}(\text{DF}) = Q_{\text{cocina}} = 2,37 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

#### Tramo BC

El tramo BC sólo alimenta a la caldera de calefacción.

$$Q_{\text{si}}(\text{BC}) = Q_{\text{caldera}} = 7,88 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

### b) Cálculo con propano

En primer lugar calculemos el consumo de cada aparato a gas:

**Caldera de calefacción:** Potencia útil nominal = 25.000 kcal/h (29 kW). Por tanto, suponiendo un rendimiento del 75 %, podemos calcular la potencia consumida y, consecuentemente, obtendremos el caudal de gas:

$$P_{\text{consumida}} = \frac{29}{0,75} = 38,7 \text{ kW} \quad Q_{\text{caldera}} = \frac{38,7}{13,8} = 2,8 \text{ kg/h}$$

**Calentador acumulador:** De la tabla de potencia consumida por los aparatos de uso doméstico obtenemos lo siguiente:

$$P_{\text{consumida}} = \frac{200}{50} \times 1,9 = 7,6 \text{ kW} \quad Q_{\text{calentador acumulador}} = \frac{7,6}{13,8} = 0,55 \text{ kg/h}$$

**Cocina:** De la tabla de potencia consumida por los aparatos de uso doméstico obtenemos lo siguiente: Potencia consumida = 11,6 kW (10.000 kcal/h)

$$Q_{\text{cocina}} = \frac{11,6}{13,8} = 0,84 \text{ kg/h}$$

Ahora procedemos a calcular el caudal máximo probable de cada uno de los tramos:

### Tramo AB

Por el tramo AB circula el gas que alimenta a los tres aparatos, siendo la caldera de calefacción y la cocina los de mayor consumo, por tanto:

$$Q_{si}(AB) = Q \text{ caldera} + Q \text{ cocina} + \frac{Q \text{ acumulador}}{2} = 2,8 + 0,84 + \frac{0,55}{2} = 3,92 \text{ kg/h}$$

### Tramo BD

El tramo BD alimenta al calentador acumulador y la cocina. El caudal de simultaneidad en este tramo, será:

$$Q_{si}(BD) = Q \text{ acumulador} + Q \text{ cocina} = 0,55 + 0,84 = 1,39 \text{ kg/h}$$

### Tramo DE

El tramo DE sólo alimenta al calentador acumulador, por tanto:

$$Q_{si}(DE) = Q \text{ acumulador} = 0,55 \text{ kg/h}$$

### Tramo DF

De la misma forma el tramo DF sólo alimenta a la cocina.

$$Q_{si}(DF) = Q \text{ cocina} = 0,84 \text{ kg/h}$$

### Tramo BC

El tramo BC solo alimenta a la caldera de calefacción.

$$Q_{si}(BC) = Q \text{ caldera} = 2,8 \text{ kg/h}$$

## 17.6.3. Caudal de diseño de una acometida interior o instalación común (sólo categorías B y A)

El caudal de diseño de una acometida interior o de una instalación común, según sea el caso, se calcula según la siguiente fórmula:

$$Q_{sc} = \frac{P_c}{PCS}$$

donde

$Q_{sc}$  Caudal de diseño de la acometida interior o instalación común.

$P_c$  Potencia de diseño de la acometida interior o instalación común.

PCS Poder calorífico superior del gas suministrado

El caudal de diseño de una acometida interior o de una instalación común también puede determinarse en base a los caudales de simultaneidad de las instalaciones individuales según la expresión siguiente:

$$Q_{sc} = Q_{siv} \times S_n + Q_{sil}$$

donde

$Q_{sc}$  Caudal de diseño de la acometida interior o de la instalación común.

$Q_{siv}$  Caudal de diseño de las instalaciones individuales de las viviendas.

$Q_{sil}$  Caudal de diseño de las instalaciones individuales de los locales de uso no doméstico.

$S_n$  Factor de simultaneidad.

**Ejemplo F:** Supongamos que deseamos calcular el caudal máximo probable de una instalación común de una finca formada por 11 viviendas, las cuales disponen de caldera de calefacción individual y cuyo caudal de diseño es de  $3,5 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  para cada vivienda, y, además, alimenta a un local comercial con un caudal de diseño de  $10,5 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$ .

Como las instalaciones individuales disponen de caldera de calefacción, debemos tomar el factor de simultaneidad  $S_2$  para 11 viviendas, 0,50, por lo que el caudal de diseño será el siguiente:

$$Q_{sc} = (\sum Q_{siv}) \times S_2 + Q_{sil}$$

$$Q_{sc} = 11 \times 3,5 \times 0,50 + 10,5 = 29,75 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

## 17.7. CRITERIOS DE DISEÑO

Para el cálculo de la instalación receptora de gas, se deben tener en cuenta los siguientes criterios:

- La velocidad del gas en el interior de una tubería no debe superar los 20 m/s.
- En la conexión de entrada de gas al aparato, la presión del gas no debe ser inferior a las presiones mínimas establecidas para cada familia y tipo de gas en la UNE-EN 437 e indicadas en la tabla siguiente:

Familia y denominación del gas		Presión mínima de gas en la llave de aparato (mbar)
Familia 1a	Gas manufacturado	6
Familia 1c	Aire propanado	6
Familia 1e	Aire metanado	6
Familia 2H	Gas natural	17
Familia 2E	Aire propanado de alto poder calorífico	17
Familia 3B	Gas butano	20
Familia 3P (50)	Gas propano	42,5
Familia 3P (37)	Gas propano	25
Familia 3B/P	Gas butano/propano	25

## 17.8. LONGITUD EQUIVALENTE

Sabemos que al circular el gas por una canalización se produce una disminución de su presión, llamada perdida de carga, que es debida al roce del gas con las paredes de la tubería y también con los accidentes de la misma (codos, llaves, derivaciones, etc.). Para compensar la pérdida de carga se toma como longitud de la canalización la longitud real incrementada en un 20 %, la cual se llama longitud equivalente, de esta forma:

$$L_E = 1,2 \times L_R$$

donde:

$L_E$  : Longitud equivalente.

$L_R$  : Longitud real.

## 17.9. VARIACIÓN DE LA PRESIÓN RELATIVA EN FUNCIÓN DE LA ALTURA (sólo categorías B y A)

La presión relativa de un gas varía proporcionalmente a la altura y en función de su densidad.

- Cuando el gas es más ligero que el aire ( $d_r < 1$ ) su presión relativa aumenta cuando el tramo de la instalación por el que fluye es ascendente y disminuye cuando es descendente.
- En el caso de que el gas sea más pesado que el aire ( $d_r > 1$ ), su presión relativa disminuye cuando el tramo de la instalación por el que fluye es ascendente y aumenta cuando es descendente.

Las variaciones de la presión relativa vienen expresadas por la fórmula:

$$h = 1,293 \times L_R \times |1 - d_r|$$

donde:

$h$  es la variación de la presión (mm cda)

$L_R$  es la longitud real del tramo ascendente o descendente expresada en m

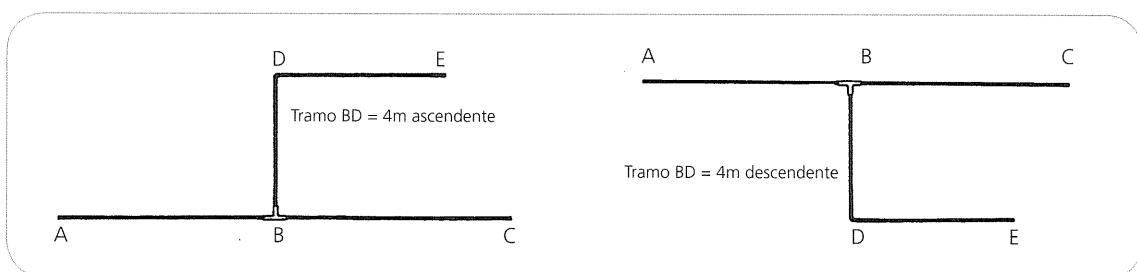
$d_r$  es la densidad relativa del gas

Estos incrementos, que pueden considerarse o no en el diseño de la instalación, se suman o restan a la pérdida de carga que se puede tener en el tramo correspondiente en función de que sea ascendente o descendente y de la densidad relativa del gas.

La variación de la presión relativa debida a la densidad del gas y a la diferencia de altura entre dos puntos de una instalación sólo se tendrá en cuenta en los tramos con presión inferior o igual 50 mbar, ya que en los tramos de presión superior su influencia es despreciable

**Ejemplo G:** En una instalación de gas en baja presión, calcular la influencia en la pérdida de carga admisible debida a la variación de presión cuando el gas circula por un tramo de tubería ascendente o descendente.

Dados los trazados representados en las figuras siguientes:



en los cuales suponemos que la pérdida de carga tramo AB es de 2 mm cda (0,2 mbar) y la pérdida de carga total admitida en la instalación es de 5 mm cda (0,5 mbar).

Los cálculos los realizaremos para:

- Gas ciudad  $d_r = 0,6$
- Aire propanado  $d_r = 1,3$

Como la pérdida de carga total admitida es de 5 mm cda (0,5 mbar) y la que tenemos en el tramo AB es de 2 mm cda (0,2 mbar), en el tramo BE podemos tener una pérdida de carga igual a:

$$5 - 2 = 3 \text{ mm cda (0,3 mbar)}$$

### ▪ Gas ciudad, tramo ascendente

$$h = 1,293 \times 4 \times |1 - 0,61| = 2 \text{ mm cda (0,2 mbar)}$$

entonces este incremento de presión, al ser el gas más ligero que el aire y el tramo ascendente, lo sumamos a la pérdida de carga admisible en el tramo BE, de forma que podemos tener  $3 + 2 = 5$  mm cda (0,5 mbar) de pérdida de carga en el tramo BE.

▪ **Aire propanado, tramo ascendente**

$$h = 1,293 \times 4 \times |1 - 1,3| = 1,5 \text{ mm cda (0,15 mbar)}$$

en este caso por ser el gas más denso que el aire y el tramo ascendente, lo restamos a la pérdida de carga admisible en el tramo BE, así sólo podemos tener  $3 - 1,5 = 1,5$  mm cda (0,15 mbar) de pérdida de carga en el tramo BE.

▪ **Gas ciudad, tramo descendente**

$$h = 1,293 \times 4 \times |1 - 0,61| = 2 \text{ mm cda (0,2 mbar)}$$

entonces este incremento de presión, al ser el gas más ligero que el aire y el tramo descendente, lo restamos a la pérdida de carga admisible en el tramo BE, de forma que podemos tener  $3 - 2 = 1$  mm cda (0,1 mbar) de pérdida de carga en el tramo BE.

▪ **Aire propanado, tramo descendente**

$$h = 1,293 \times 4 \times |1 - 1,3| = 1,5 \text{ mm cda (0,15 mbar)}$$

en este caso por ser el gas más denso que el aire y el tramo descendente, lo sumamos a la pérdida de carga admisible en el tramo BE, así sólo podemos tener  $3 + 1,5 = 4,5$  mm cda (0,45 mbar) de pérdida de carga en el tramo BE.

## 17.10. PÉRDIDA DE CARGA ADMITIDA

La pérdida de carga admitida en una instalación receptora es la máxima disminución de presión que puede producir la circulación del gas que alimenta los aparatos instalados y su valor deberá distribuirse entre los distintos tramos de la instalación receptora.

La pérdida de carga admitida en una instalación variará en función de la presión de garantía de que se disponga en la salida de la llave de acometida, ya que en la llave de conexión de aparato siempre debe disponerse de una presión mínima requerida para el correcto funcionamiento de los aparatos a gas.

### 17.10.1. Pérdida de carga por unidad de longitud

La pérdida de carga por unidad de longitud es igual a la pérdida de carga admitida, expresada en mbar o en mm cda, dividida por la longitud equivalente del tramo, expresado en metros.

### 17.10.2. Pérdida de carga por unidad de longitud más desfavorable

La pérdida de carga por unidad de longitud más desfavorable es igual a la pérdida de carga admitida, expresada en mbar o mm cda, dividida por la longitud equivalente del tramo más desfavorable expresada en metros ( $\Delta P/L_E$ ). El tramo más desfavorable es el que produce mayor pérdida de carga, es decir el tramo de mayor longitud, y a igualdad de longitud, el de mayor caudal.

## 17.11. MÉTODO DE CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE CARGA

Para calcular la pérdida de carga en un tramo de instalación se utiliza la fórmula de Renouard lineal para presión en el tramo hasta 50 mbar, y la fórmula de Renouard cuadrática para presión en el tramo superior a 50 mbar.

También se puede utilizar las tablas del Anexo para determinar los diámetros de las canalizaciones en función del tipo de gas, la presión del tramo y la pérdida de carga por unidad de longitud y el caudal del tramo.

Las fórmulas de Renouard lineal y cuadrática, con sus condicionantes, son las se indican a continuación

#### **17.11.1. Fórmula de Renouard lineal ( $P \leq 50$ mbar)**

$$\Delta P = 232.000 \times d_s \times L_E \times Q^{1,82} \times D^{-4,82}$$

donde:

$\Delta P$  es la diferencia de presión entre el inicio y el final de un tramo de instalación en mm cda

$d_s$  es la densidad relativa corregida o de cálculo del gas

$L_E$  es la longitud equivalente del tramo en m

$Q$  es el caudal en  $m^3(n)/h$

$D$  es el diámetro interior de la conducción en mm

#### **17.11.2. Fórmula Renouard cuadrática ( $P > 50$ mbar)**

$$P_1^2 - P_2^2 = 48,6 \times d_s \times L_E \times Q^{1,82} \times D^{-4,82}$$

donde:

$P_i$  ( $i = 1, 2$ ) es la presión absoluta (la efectiva o relativa más la atmosférica) al inicio (1) y al final (2) de un tramo de instalación en bar

$d_s$  es la densidad relativa corregida o de cálculo del gas

$L_E$  es la longitud equivalente del tramo en m

$Q$  es el caudal en  $m^3(n)/h$

$D$  es el diámetro interior de la conducción en mm

#### **17.11.3. Condiciones de validez de la fórmula de Renouard**

Se ha de tener en cuenta además que ambas fórmulas son válidas siempre que se cumpla lo siguiente:

- La relación entre el caudal y el diámetro sea inferior a 150 ( $Q/D < 150$ )
- La velocidad del gas dentro de la conducción no supere los 20 m/s ( $v \leq 20$  m/s)

#### **17.11.4. Cálculo de la velocidad del gas en el interior del tubo**

Para calcular la velocidad máxima del gas dentro de un tramo de la conducción se aplicará la siguiente fórmula:

$$V = 354 \times \frac{Q}{P \times D^2}$$

donde:

$V$  es la velocidad del gas en m/s

$Q$  es el caudal en  $m^3(n)/h$

$P$  es la presión absoluta al final del tramo en bar

$D$  es el diámetro interior de la conducción en mm.

## 17.12. PROCESO DE CÁLCULO

De acuerdo con lo expuesto hasta ahora, para determinar el diámetro de los tubos a instalar deberemos seguir los siguientes pasos:

### 17.12.1. Datos preliminares

- Conocer las características del gas que alimentará la instalación. Estos datos los ha de facilitar la Empresa Distribuidora.
- Sectorizar la instalación receptora por tramos, siguiendo el criterio que los tramos han de ser de igual material, de igual presión y de igual caudal.
- Conocer la pérdida de carga admitida en cada tramo de presión de la instalación.
- Determinar el consumo de cada aparato.
- Calcular la potencia de diseño y el caudal máximo probable o de simultaneidad de la instalación individual.

### 17.12.2. Cálculo de la instalación común (sólo categorías B y A)

- Determinar la pérdida de carga admitida en la instalación común.
- Calcular, en el caso de que tenga influencia, la variación de la presión relativa debida a la altura.
- Calcular el caudal máximo probable o de simultaneidad y la longitud equivalente de cada tramo de la instalación común.
- Confeccionar un cuadro resumen de caudales y longitudes de la instalación común por tramos.
- Calcular la pérdida de carga, o bien la pérdida de carga por unidad de longitud equivalente en el tramo más desfavorable si el tramo tiene una presión inferior o igual a 50 mbar.
- Determinar el diámetro comercial de cada tramo de la instalación común mediante la ayuda de las tablas del Anexo o bien aplicando la fórmula de Renouard, lineal o cuadrática según la presión del tramo.

### 17.12.3. Cálculo de la instalación individual

- A partir de la pérdida de carga admitida y de la pérdida de carga en la instalación común determinar la pérdida de carga admisible en la instalación individual.
- Calcular en el caso de que tenga influencia, la variación de la presión relativa debida a la altura.
- Calcular el caudal máximo probable o de simultaneidad y la longitud equivalente de cada tramo de la instalación individual.
- Confeccionar el cuadro resumen de caudales y longitudes de la instalación individual por tramos.
- Calcular la pérdida de carga, o bien la pérdida de carga por unidad de longitud equivalente en el tramo más desfavorable si el tramo tiene una presión inferior o igual a 50 mbar.
- Determinar el diámetro comercial de cada tramo de la instalación individual mediante la ayuda de las tablas de cálculo del Anexo o bien aplicando la fórmula de Renouard, lineal o cuadrática según la presión del tramo.

### 17.13. MANEJO DE LAS TABLAS DE CÁLCULO

Las tablas I, II, III, IV y V se utilizan para tramos con presión inferior o igual a 50 mbar.

En primer lugar seleccionaremos en la columna de pérdidas de carga repartida por unidad de longitud equivalente ( $\Delta P/L_E$ , en mm cda/m) aquella que es igual o inmediatamente inferior a la pérdida de carga por unidad de longitud más desfavorable que hemos calculado previamente. Entonces nos desplazaremos hacia la derecha hasta situarnos en el caudal igual o inmediatamente superior al caudal máximo probable de cada tramo. Cada una de las columnas de caudales nos indicará el diámetro comercial del tubo a instalar.

Las tablas VI, VII y VIII son para tramos con presión superior a 50 mbar, y éstas únicamente son válidas cuando la instalación está formada por un solo tramo y para las presiones indicadas en las mismas.

Para su uso se seleccionará en primer lugar en la columna de longitudes equivalentes ( $L_E$ , en m) aquella que es igual o inmediatamente superior a la del tramo. Se desplazará después hacia la derecha hasta situarnos en el caudal igual o inmediatamente superior. Cada una de las columnas de caudales lleva en su cabecera el diámetro comercial del tubo a instalar.

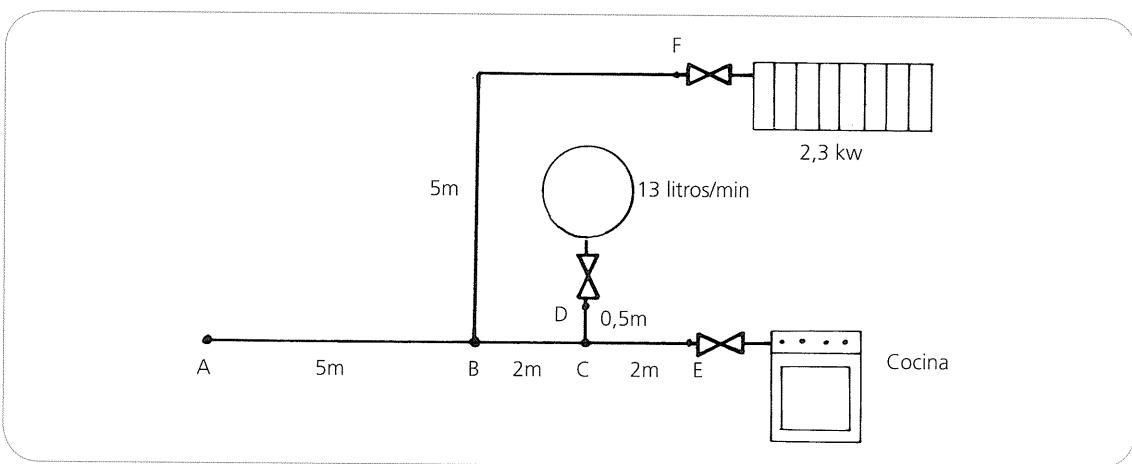
En caso de que no dispongamos de las tablas adecuadas para el dimensionado de la instalación, deberemos aplicar la fórmula de Renouard, lineal o cuadrática según la presión del tramo.

### 17.14. EJEMPLOS DE CÁLCULO DE INSTALACIONES RECEPTORAS

#### 17.14.1. Ejemplos de cálculo de instalaciones en el interior de la vivienda

##### 17.14.1.1. Ejemplo IRI-1: Instalación interior de una vivienda suministrada con gas manufacturado

En el esquema de la figura, calcular los diámetros de las conducciones, suponiendo que la instalación será alimentada por gas manufacturado, el material será tubo de cobre, y se da suministro a una cocina, un calentador instantáneo de 13 litros/min, y se debe proporcionar calefacción a una habitación que necesita 2,3 kW (2.000 kcal/h).



##### 1. Características del gas distribuido

Denominación: Gas manufacturado (1<sup>a</sup> familia)

PCS: 4,9 kWh/ m<sup>3</sup>(n) (4.200 kcal/m<sup>3</sup>(n))

Densidad de cálculo:  $d_s = 0,6$

Gas húmedo

## 2. Pérdida de carga admitida

La pérdida de carga admitida en la instalación en una instalación interior de una vivienda con gas ciudad se fija, normalmente, en 5 mm cda (0,5 mbar).

## 3. Consumo de cada aparato

A partir de la tabla de potencia consumida por los aparatos de uso doméstico, suponiendo que las potencias de los mismos están referidas al PCS, podemos calcular el consumo de los aparatos instalados.

- Radiador:

$$\text{Potencia consumida} = \frac{2.000}{1.000} \times 1,5 = 3 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{radiador}} = \frac{3}{4,9} = 0,61 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

- Calentador inst.: Potencia consumida 30,2 kW (26.000 kcal/h)

$$Q_{\text{calentador}} = \frac{30,2}{4,9} = 6,16 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

- Cocina: Potencia consumida 11,6 kW (10.000 kcal/h)

$$Q_{\text{cocina}} = \frac{11,6}{4,9} = 2,37 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

## 4. Potencia de diseño

La potencia de diseño de una instalación individual de uso doméstico es la suma de potencia de los dos aparatos de más consumo más la mitad del resto, suponiendo que las potencias están referidas al PCS.

$$P_{\text{iv}} = 30,2 + 11,6 + 3/2 = 43,3 \text{ kW}$$

## 5. Cálculo de los caudales máximos probables y de la longitud equivalente de cada tramo

Los caudales máximos probables de cada tramo los hallaremos como suma de los caudales de los dos aparatos de más consumo más la mitad del resto:

### Tramo AB

$$Q_{\text{si}}(\text{AB}) = Q_{\text{calentador}} + Q_{\text{cocina}} + \frac{Q_{\text{radiador}}}{2} = 6,16 + 2,37 + \frac{0,61}{2} = 8,83 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

$$L_E(\text{AB}) = 1,2 \times L_R(\text{AB}) = 1,2 \times 5 = 6 \text{ m}$$

### Tramo BC

$$Q_{\text{si}}(\text{BC}) = Q_{\text{calentador}} + Q_{\text{cocina}} = 6,16 + 2,37 = 8,53 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

$$L_E(\text{BC}) = 1,2 \times L_R(\text{BC}) = 1,2 \times 2 = 2,4 \text{ m}$$

### Tramo BF

$$Q_{\text{si}}(\text{BF}) = Q_{\text{radiador}} = 0,61 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

$$L_E(\text{BF}) = 1,2 \times L_R(\text{BF}) = 1,2 \times 5 = 6 \text{ m}$$

### Tramo CD

$$Q_{\text{si}}(\text{CD}) = Q_{\text{calentador}} = 6,16 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

$$L_E(\text{CD}) = 1,2 \times L_R(\text{CD}) = 1,2 \times 0,5 = 0,6 \text{ m}$$

**Tramo CE**

$$Q_{si} (CE) = Q_{cocina} = 2,37 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

$$L_e(CE) = 1,2 \times L_r(CE) = 1,2 \times 2 = 2,4 \text{ m}$$

## 6. Cuadro resumen de la instalación

Tramo	AB	BC	BF	CD	CE
Caudal máximo probable (m <sup>3</sup> (n)/h)	8,83	8,53	0,61	6,16	2,37
Longitud real (m)	5	2	5	0,5	2
Long. equiv. (m)	6	2,4	6	0,6	2,4

## 7. Cálculo de la pérdida de carga más desfavorable por unidad de longitud

En esta instalación el tramo más desfavorable es el AF (AB + BF), el cual tiene una longitud equivalente de 12 m, y la pérdida de carga admitida es de 5 mm cda (0,5 mbar), por tanto la pérdida de carga por unidad de longitud en el tramo más desfavorable es:

$$\Delta P/L_E (\text{AF}) = \frac{5 \text{ mm cda}}{L_e (\text{AF})} = \frac{5}{12} = 0,416 \text{ mm cda/m}$$

## 8. Cálculo de los diámetros

Para el cálculo de los diámetros utilizaremos la Tabla I del Anexo. Tomaremos la pérdida de carga por metro por defecto y el caudal por exceso. De esta forma, de la tabla seleccionamos la  $\Delta P/L_E = 0,400 \text{ mm cda/m}$  (por defecto del valor calculado 0,416 mm cda/m):

TABLA I

$\Delta P/L_E$ mm cda/m.	Tubo de cobre (mm)					
	13-15	16-18	20-22	26-28	33-35	40-42
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))					
1/2	—	¾	1	1 ¼	1 ½	
0,380	0,78	1,35	2,14	4,42	8,49	13,39
0,400	0,80	1,39	2,20	4,54	8,74	13,77
0,425	0,83	1,44	2,27	4,70	9,03	14,24

**Tramo AB:**  $Q_{si} (\text{AB}) = 8,83 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$

TABLA I

$\Delta P/L_E$ mm cda/m.	Tubo de cobre (mm)					
	13-15	16-18	20-22	26-28	33-35	40-42
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))					
1/2	—	¾	1	1 ¼	1 ½	
0,380	0,78	1,35	2,14	4,42	8,49	13,39
0,400	0,80	1,39	2,20	4,54	8,74	13,77
0,425	0,83	1,44	2,27	4,70	9,03	14,24

tomamos  $Q = 13,77 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  (por exceso del necesario  $8,83 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$ ). Por lo tanto el tubo de cobre a instalar será de diámetro 40/42.

**Tramo BC:**  $Q_{si} (BC) = 8,53 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$

TABLA I

$\Delta P/L_E$ mm cda/m.	Tubo de cobre (mm)					
	13-15	16-18	20-22	26-28	33-35	40-42
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))					
	1/2	—	3/4	1	1 1/4	1 1/2
0,380	0,78	1,35	2,14	4,42	8,49	13,39
0,400	0,80	1,39	2,20	4,54	8,74	13,77
0,425	0,83	1,44	2,27	4,70	9,03	14,24

tomamos  $Q = 8,74 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  (por exceso del necesario  $8,53 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$ ). Por lo tanto el tubo de cobre a instalar será de diámetro 33/35.

**Tramo BF:**  $Q_{si} (BF) = 0,61 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$

TABLA I

$\Delta P/L_E$ mm cda/m.	Tubo de cobre (mm)					
	13-15	16-18	20-22	26-28	33-35	40-42
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))					
	1/2	—	3/4	1	1 1/4	1 1/2
0,380	0,78	1,35	2,14	4,42	8,49	13,39
0,400	0,80	1,39	2,20	4,54	8,74	13,77
0,425	0,83	1,44	2,27	4,70	9,03	14,24

tomamos  $Q = 0,80 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  (por exceso del necesario  $0,61 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$ ). Por lo tanto el tubo de cobre a instalar será de diámetro 13/15.

**Tramo CD:**  $Q_{si} (CD) = 6,16 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$

TABLA I

$\Delta P/L_E$ mm cda/m.	Tubo de cobre (mm)					
	13-15	16-18	20-22	26-28	33-35	40-42
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))					
	1/2	—	3/4	1	1 1/4	1 1/2
0,380	0,78	1,35	2,14	4,42	8,49	13,39
0,400	0,80	1,39	2,20	4,54	8,74	13,77
0,425	0,83	1,44	2,27	4,70	9,03	14,24

tomamos  $Q = 8,74 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  (por exceso del necesario  $6,16 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$ ). Por lo tanto el tubo de cobre a instalar será de diámetro 33/35.

**Tramo CE:**  $Q_{si}(CE) = 2,37 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$

TABLA I

$\Delta P/L_E$ mm cda/m.	Tubo de cobre (mm)					
	13-15	16-18	20-22	26-28	33-35	40-42
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))					
	1/2	—	3/4	1	1 1/4	1 1/2
0,380	0,78	1,35	2,14	4,42	8,49	13,39
0,400	0,80	1,39	2,20	4,54	8,74	13,77
0,425	0,83	1,44	2,27	4,70	9,03	14,24

tomamos  $Q = 4,54 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  (por exceso del necesario  $2,37 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$ ). Por lo tanto el tubo de cobre a instalar será de diámetro 26/28.

9. Cuadro resumen de los diámetros de la tubería a instalar

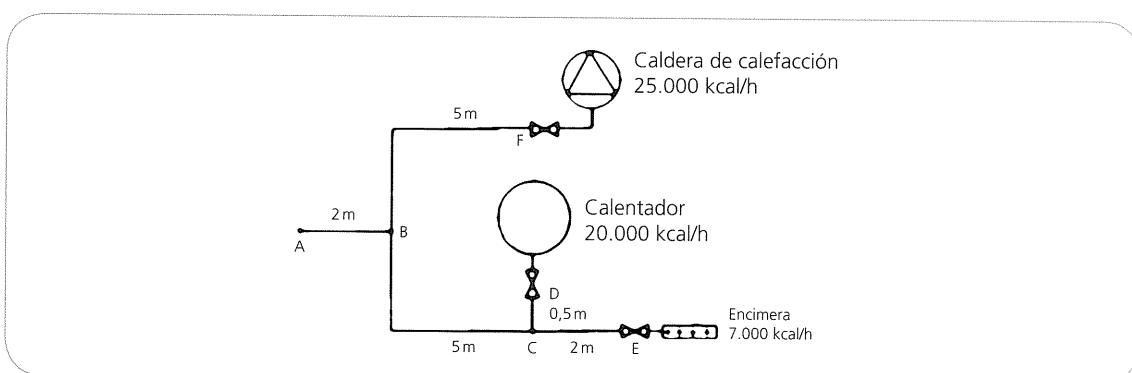
Tramo	AB	BC	BF	CD	CE
Cobre Ø (mm)	40/42	33/35	13/15	33/35	26/28

En el caso de realizar la instalación con tubo de acero, los diámetros comerciales del tubo que deberíamos instalar en cada uno de los tramos serían:

Tramo	AB	BC	BF	CD	CE
Acero Ø (pulgadas (in) ("))	1 1/2	1 1/4	1/2	1 1/4	1

#### 17.14.1.2. Ejemplo IRI-2: Instalación interior de una vivienda suministrada con gas natural

En el esquema de la figura, calcular los diámetros de las conducciones, suponiendo que la instalación será alimentada por gas natural, el material será tubo de cobre, y se da suministro a una encimera de 8,1 kW (7.000 kcal/h), a un calentador instantáneo de 23,3 kW (20.000 kcal/h) y a una caldera de calefacción de 29 kW (25.000 kcal/h).



##### 1. Características del gas distribuido

Denominación: Gas natural (2ª familia)

PCS: 12,2 kWh/ m<sup>3</sup>(n) (10.500 kcal/m<sup>3</sup>(n))

Densidad de cálculo:  $d_s = 0,62$

Gas seco

## 2. Pérdida de carga admitida

La pérdida de carga admitida en la instalación en una instalación interior de una vivienda con gas natural se fija, normalmente, en 5 mm cda (0,5 mbar).

## 3. Consumo de cada aparato

A partir de las potencias consumidas por los aparatos que nos facilitan, podemos calcular el consumo de los aparatos instalados.

- Caldera:

$$Q_{\text{caldera}} = \frac{1,10 \times 29}{12,2} = 2,61 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

- Calentador inst.:

$$Q_{\text{calentador}} = \frac{1,10 \times 23,3}{12,2} = 2,10 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

- Encimera:

$$Q_{\text{encimera}} = \frac{1,10 \times 8,1}{12,2} = 0,73 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

## 4. Potencia de diseño

La potencia de diseño de una instalación individual de uso doméstico es la suma de potencia de los dos aparatos de más consumo más la mitad del resto multiplicado por 1,10 porque las potencias están referidas al PCI.

$$P_{\text{iv}} = (29,0 + 23,3 + 8,1/2) \times 1,10 = 62 \text{ kW}$$

## 5. Cálculo de los caudales máximos probables y de la longitud equivalente de cada tramo

Los caudales máximos probables de cada tramo los hallaremos como suma de los caudales de los dos aparatos de más consumo más la mitad del resto:

### Tramo AB

$$Q_{\text{si}}(\text{AB}) = Q_{\text{caldera}} + Q_{\text{calentador}} + \frac{Q_{\text{encimera}}}{2} = 2,61 + 2,10 + \frac{0,73}{2} = 5,08 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

$$L_{\text{E}}(\text{AB}) = 1,2 \times L_{\text{R}}(\text{AB}) = 1,2 \times 2 = 2,4 \text{ m}$$

### Tramo BC

$$Q_{\text{si}}(\text{BC}) = Q_{\text{calentador}} + Q_{\text{encimera}} = 2,10 + 0,73 = 2,83 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

$$L_{\text{E}}(\text{BC}) = 1,2 \times L_{\text{R}}(\text{BC}) = 1,2 \times 5 = 6 \text{ m}$$

### Tramo BF

$$Q_{\text{si}}(\text{BF}) = Q_{\text{caldera}} = 2,61 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

$$L_{\text{E}}(\text{BF}) = 1,2 \times L_{\text{R}}(\text{BF}) = 1,2 \times 5 = 6 \text{ m}$$

### Tramo CD

$$Q_{\text{si}}(\text{CD}) = Q_{\text{calentador}} = 2,10 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

$$L_{\text{E}}(\text{CD}) = 1,2 \times L_{\text{R}}(\text{CD}) = 1,2 \times 0,5 = 0,6 \text{ m}$$

**Tramo CE**

$$Q_{si}(CE) = Q \text{ encimera} = 0,73 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

$$L_E(CE) = 1,2 \times L_R(CE) = 1,2 \times 2 = 2,4 \text{ m}$$

## 6. Cuadro resumen de la instalación

Tramo	AB	BC	BF	CD	CE
Caudal máximo probable (m <sup>3</sup> (n)/h)	5,08	2,83	2,61	2,10	0,73
Longitud real (m)	2	5	5	0,5	2
Long. equiv. (m)	2,4	6	6	0,6	2,4

## 7. Cálculo de la pérdida de carga más desfavorable por unidad de longitud

En esta instalación el tramo más desfavorable es el AE (AB + BC + CE), el cual tiene una longitud equivalente de  $2,4 + 6 + 2,4 = 10,8 \text{ m}$ , y la pérdida de carga admitida es de 5 mm cda (0,5 mbar), por tanto la pérdida de carga por unidad de longitud en el tramo más desfavorable es:

## 8. Cálculo de los diámetros

Para el cálculo de los diámetros utilizaremos la Tabla II del Anexo. Tomaremos la pérdida de carga por metro por defecto y el caudal por exceso. De esta forma, de la tabla seleccionamos la  $\Delta P/L_E = 0,45 \text{ mm cda/m}$  (por defecto del valor calculado 0,46 mm cda/m):

**TABLA II**

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)					
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42
	Tubo de acero (pulgadas(in) ("))					
1/2		3/4	1	1 1/4	1 1/2	
0,40	0,8	1,5	2,3	4,8	9,2	14,4
0,45	0,9	1,6	2,5	5,1	9,9	15,4
0,50	1,0	1,7	2,6	5,4	10,4	16,3

**Tramo AB:**  $Q_{si}(AB) = 5,08 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$

**TABLA II**

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)					
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42
	Tubo de acero (pulgadas(in) ("))					
1/2		3/4	1	1 1/4	1 1/2	
0,40	0,8	1,5	2,3	4,8	9,2	14,4
0,45	0,9	1,6	2,5	5,1	9,9	15,4
0,50	1,0	1,7	2,6	5,4	10,4	16,3

tomamos  $Q = 5,1 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  (por exceso del necesario  $5,08 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$ ). Por lo tanto el tubo de cobre a instalar será diámetro 26/28.

**Tramo BC:**  $Q_{si} (BC) = 2,83 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$

TABLA II

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)					
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42
	Tubo de acero (pulgadas(in) ("))					
	1/2		3/4	1	1 1/4	1 1/2
0,40	0,8	1,5	2,3	4,8	9,2	14,4
0,45	0,9	1,6	2,5	5,1	9,9	15,4
0,50	1,0	1,7	2,6	5,4	10,4	16,3

tomamos  $Q = 5,1 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  (por exceso del necesario  $2,83 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$ ). Por lo tanto el tubo de cobre a instalar será de diámetro 26/28.

**Tramo BF:**  $Q_{si} (BF) = 2,61 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$

TABLA II

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)					
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42
	Tubo de acero (pulgadas(in) ("))					
	1/2		3/4	1	1 1/4	1 1/2
0,40	0,8	1,5	2,3	4,8	9,2	14,4
0,45	0,9	1,6	2,5	5,1	9,9	15,4
0,50	1,0	1,7	2,6	5,4	10,4	16,3

tomamos  $Q = 5,1 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  (por exceso del necesario  $2,61 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$ ). Por lo tanto el tubo de cobre a instalar será de diámetro 26/28.

**Tramo CD:**  $Q_{si} (CD) = 2,10 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$

TABLA II

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)					
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42
	Tubo de acero (pulgadas(in) ("))					
	1/2		3/4	1	1 1/4	1 1/2
0,40	0,8	1,5	2,3	4,8	9,2	14,4
0,45	0,9	1,6	2,5	5,1	9,9	15,4
0,50	1,0	1,7	2,6	5,4	10,4	16,3

tomamos  $Q = 2,5 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  (por exceso del necesario  $2,10 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$ ). Por lo tanto el tubo de cobre a instalar será de diámetro 20/22.

**Tramo CE:**  $Q_{si}(CE) = 0,73 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$

TABLA II

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)					
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42
	1/2		3/4	1	1 1/4	1 1/2
0,40	0,8		1,5	2,3	4,8	9,2
0,45		0,9	1,6	2,5	5,1	9,9
0,50	1,0		1,7	2,6	5,4	10,4
						16,3

tomamos  $Q = 0,9 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  (por exceso del necesario  $0,73 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$ ). Por lo tanto el tubo de cobre a instalar será de diámetro 13/15.

9. Cuadro resumen de los diámetros de la tubería a instalar

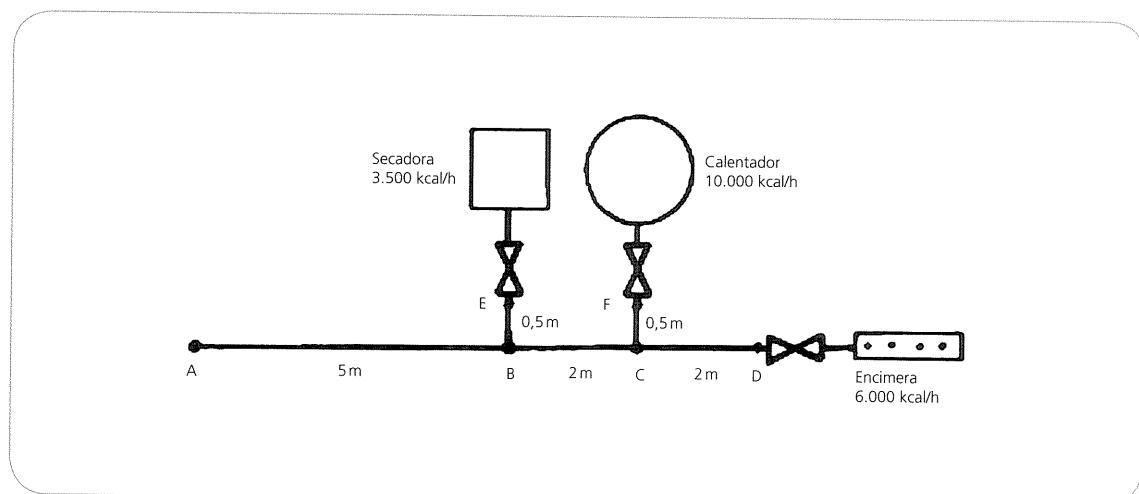
Tramo	AB	BC	BF	CD	CE
Cobre Ø (mm)	26/28	26/28	26/28	20/22	13/15

En el caso de realizar la instalación con tubo de acero, los diámetros comerciales del tubo que deberíamos instalar en cada uno de los tramos serían:

Tramo	AB	BC	BF	CD	CE
Acero Ø (pulgadas (in) ("))	1	1	1	¾	½

#### 17.14.1.3. Ejemplo IRI-3: Instalación interior de una vivienda suministrada con gas butano

En el esquema de la figura, calcular los diámetros de las conducciones, suponiendo que la instalación será alimentada por gas butano, el material será tubo de cobre, y se da suministro a una secadora de 7,0 kW (6.000 kcal/h), a un calentador instantáneo de 11,6 kW (10.000 kcal/h) y a una secadora de 4 kW (3.500 kcal/h).



## 1. Características del gas distribuido

Denominación: Gas butano (3<sup>a</sup> familia)

PCS: 13,7 kWh/kg(11.800 kcal/kg)

Densidad de cálculo:  $d_s = 1,44$

Gas seco

## 2. Pérdida de carga admitida

La pérdida de carga admitida en la instalación en una instalación interior de una vivienda con gas natural se fija, normalmente, en un máximo de 20 mm cda (2 mbar).

## 3. Consumo de cada aparato

A partir de las potencias consumidas por los aparatos que nos facilitan, podemos calcular el consumo de los aparatos instalados.

### ▪ Secadora:

$$Q_{\text{secadora}} = \frac{1,10 \times 4}{13,7} = 0,32 \text{ kg/h}$$

### ▪ Calentador inst.:

$$Q_{\text{calentador}} = \frac{1,10 \times 11,6}{12,2} = 0,93 \text{ kg/h}$$

### ▪ Encimera:

$$Q_{\text{encimera}} = \frac{1,10 \times 7}{13,7} = 0,56 \text{ kg/h}$$

## 4. Potencia de diseño

La potencia de diseño de una instalación individual de uso doméstico es la suma de potencia de los dos aparatos de más consumo más la mitad del resto multiplicado por 1,10 porque las potencias están referidas al PCI.

$$P_{\text{iv}} = (11,6 + 7 + 4/2) \times 1,10 = 22,6 \text{ kW}$$

## 5. Cálculo de los caudales máximos probables y de la longitud equivalente de cada tramo

Los caudales máximos probables de cada tramo los hallaremos como suma de los caudales de los dos aparatos de más consumo más la mitad del resto:

### Tramo AB

$$Q_{\text{si}}(\text{AB}) = Q_{\text{calentador}} + Q_{\text{encimera}} + \frac{Q_{\text{secadora}}}{2} = 0,93 + 0,56 + \frac{0,32}{2} = 1,65 \text{ kg/h}$$

$$L_E(\text{AB}) = 1,2 \times L_R(\text{AB}) = 1,2 \times 5 = 6 \text{ m}$$

### Tramo BC

$$Q_{\text{si}}(\text{BC}) = Q_{\text{calentador}} + Q_{\text{encimera}} = 0,93 + 0,56 = 1,49 \text{ kg/h}$$

$$L_E(\text{BC}) = 1,2 \times L_R(\text{BC}) = 1,2 \times 2 = 2,4 \text{ m}$$

**Tramo BE**

$$Q_{s_i}(BE) = Q \text{ secadora} = 0,32 \text{ kg/h}$$

$$L_E(BE) = 1,2 \times L_R(BE) = 1,2 \times 0,5 = 0,6 \text{ m}$$

**Tramo CF**

$$Q_{s_i}(CF) = Q \text{ calentador} = 0,93 \text{ kg/h}$$

$$L_E(CF) = 1,2 \times L_R(CF) = 1,2 \times 0,5 = 0,6 \text{ m}$$

**Tramo CD**

$$Q_{s_i}(CD) = Q \text{ encimera} = 0,56 \text{ kg/h}$$

$$L_E(CD) = 1,2 \times L_R(CD) = 1,2 \times 2 = 2,4 \text{ m}$$

## 6. Cuadro resumen de la instalación

Tramo	AB	BC	BE	CF	CE
Caudal máximo probable (kg/h)	1,65	1,49	0,32	0,93	0,56
Longitud real (m)	5	2	0,5	0,5	2
Long. equiv. (m)	6	2,4	0,6	0,6	2,4

## 7. Cálculo de la pérdida de carga más desfavorable por unidad de longitud

En esta instalación el tramo más desfavorable es el AD (AB + BC + CD), el cual tiene una longitud equivalente de  $6 + 2,4 + 2,4 = 10,8 \text{ m}$ , y la pérdida de carga admitida es de 20 mm cda (2 mbar), por tanto la pérdida de carga por unidad de longitud en el tramo más desfavorable es:

$$\Delta P/LE(AD) = \frac{20 \text{ mm cda}}{L_E(AD)} = \frac{20}{10,8} 1,85 \text{ mm cda/m}$$

## 8. Cálculo de los diámetros

Para el cálculo de los diámetros utilizaremos la Tabla III del Anexo. Tomaremos la pérdida de carga por metro por defecto y el caudal por exceso. De esta forma, de la tabla seleccionamos la  $\Delta P/L_E = 1,80 \text{ mm cda/m}$  (por defecto del valor calculado 1,85 mm cda/m):

TABLA III

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)							
	4/6	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))							
				3/8	1/2		3/4	1
1,70	0,11	0,34	0,73	1,31	2,64	4,57	7,21	14,92
1,80	0,12	0,35	0,75	1,36	2,72	4,72	7,44	15,40
1,90	0,12	0,36	0,77	1,40	2,80	4,86	7,67	15,86

**Tramo AB:**  $Q_{si} (AB) = 1,65 \text{ kg/h}$

TABLA III

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)							
	4/6	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))							
1,70	0,11	0,34	0,73	1,31	2,64	4,57	7,21	14,92
1,80	0,12	0,35	0,75	1,36	2,72	4,72	7,44	15,40
1,90	0,12	0,36	0,77	1,40	2,80	4,86	7,67	15,86

tomamos  $Q = 2,72 \text{ kg/h}$  (por exceso del necesario 1,65 kg/h). Por lo tanto el tubo de cobre a instalar será de diámetro 13/15.

**Tramo BC:**  $Q_{si} (BC) = 1,49 \text{ kg/h}$

TABLA III

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)							
	4/6	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))							
1,70	0,11	0,34	0,73	1,31	2,64	4,57	7,21	14,92
1,80	0,12	0,35	0,75	1,36	2,72	4,72	7,44	15,40
1,90	0,12	0,36	0,77	1,40	2,80	4,86	7,67	15,86

tomamos  $Q = 2,72 \text{ kg/h}$  (por exceso del caudal necesario 1,49 kg/h). Por lo tanto el tubo de cobre a instalar será de diámetro 13/15.

**Tramo BE:**  $Q_{si} (BE) = 0,32 \text{ kg/h}$

TABLA III

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)							
	4/6	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))							
1,70	0,11	0,34	0,73	1,31	2,64	4,57	7,21	14,92
1,80	0,12	0,35	0,75	1,36	2,72	4,72	7,44	15,40
1,90	0,12	0,36	0,77	1,40	2,80	4,86	7,67	15,86

tomamos  $Q = 0,35 \text{ kg/h}$  (por exceso del necesario 0,32 kg/h). Por lo tanto el tubo de cobre a instalar será de diámetro 6/8. Debido a que el diámetro mínimo normalmente utilizado es el 8/10, se utilizará este.

**Tramo CF:**  $Q_{si}(CF) = 0,93 \text{ kg/h}$

TABLA III

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)							
	4/6	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))							
1,70	0,11	0,34	0,73	1,31	2,64	4,57	7,21	14,92
1,80	0,12	0,35	0,75	1,36	2,72	4,72	7,44	15,40
1,90	0,12	0,36	0,77	1,40	2,80	4,86	7,67	15,86

tomamos  $Q = 1,36 \text{ kg/h}$  (por exceso del necesario  $0,93 \text{ kg/h}$ ). Por lo tanto el tubo de cobre a instalar será de diámetro 10/12.

**Tramo CD:**  $Q_{si}(CD) = 0,56 \text{ kg/h}$

TABLA III

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)							
	4/6	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))							
1,70	0,11	0,34	0,73	1,31	2,64	4,57	7,21	14,92
1,80	0,12	0,35	0,75	1,36	2,72	4,72	7,44	15,40
1,90	0,12	0,36	0,77	1,40	2,80	4,86	7,67	15,86

tomamos  $Q = 0,75 \text{ kg/h}$  (por exceso del necesario  $0,56 \text{ kg/h}$ ). Por lo tanto el tubo de cobre a instalar será de diámetro 8/10.

9. Cuadro resumen de los diámetros de la tubería a instalar

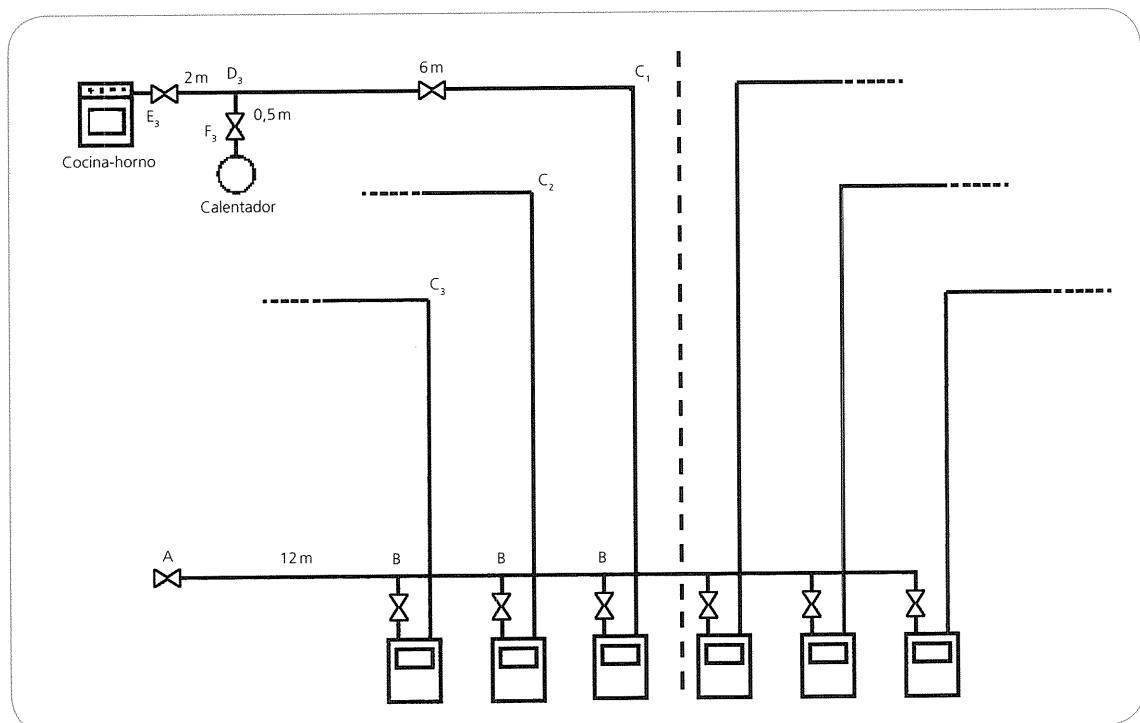
Tramo	AB	BE	BC	CF	CD
Cobre Ø (mm)	13/15	8/10	13/15	10/12	8/10

NOTA: Por cuestiones prácticas los diámetros mínimos normalmente aceptados son 8/10 para trazados en interior de locales y 10/12 para trazados exteriores.

### 17.14.2. Ejemplos de cálculo de instalaciones en fincas plurifamiliares y locales destinados a usos no domésticos (sólo categorías B y A)

#### 17.14.2.1. Ejemplo IRC-1: Instalación receptora en finca plurifamiliar con contadores en batería suministrada con gas ciudad desde una red de distribución con MOP de 12 mbar

El esquema de la figura representa una instalación receptora que da servicio a un edificio de tres plantas, con dos viviendas por planta. Cada una de las instalaciones individuales alimenta a un calentador instantáneo de 31,8 kW (27.350 kcal/h) y a una cocina de 10,6 kW (9.100 kcal/h).



Calcular los diámetros comerciales de las conducciones, suponiendo que la instalación se alimentará con gas ciudad, y se realizará mediante tubo de cobre.

Tramo	A-B	B-C <sub>1</sub>	B-C <sub>2</sub>	B-C <sub>3</sub>	C <sub>i</sub> -D <sub>i</sub>	D <sub>i</sub> -E <sub>i</sub>	E <sub>i</sub> -F <sub>i</sub>
L <sub>R</sub> (m)	12	3	6	9	6	2	0,5

Las características del gas distribuido son las siguientes:

- Denominación: Gas ciudad (1<sup>a</sup> familia)
- PCS: 4,9 kWh/ m<sup>3</sup>(n) (4.200 kcal/m<sup>3</sup>(n))
- Densidad de cálculo: d<sub>s</sub> = 0,6
- Gas húmedo

#### 1. Pérdida de carga admitida

La pérdida de carga admitida en la arteria principal de una instalación (tramo de mayor longitud y mayor caudal) en una finca plurifamiliar con gas ciudad se fija, normalmente, en 15 mm cda (1,5 mbar).

No se considerará la ganancia de presión en los tramos ascendentes por tratarse de un gas menos denso que el aire, ya que va a nuestro favor y no merece la pena ajustar al máximo.

#### 2. Consumo de cada aparato

A partir de las potencias consumidas por los aparatos que nos facilitan, podemos calcular el consumo de los aparatos instalados

- Calentador instant.:

$$Q_{\text{calentador}} = \frac{1,10 \times 31,8}{4,9} = 7,14 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

- Cocina:

$$Q_{\text{cocina}} = \frac{1,10 \times 10,6}{4,9} = 2,38 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

3. Potencia de diseño de las instalaciones individuales

La potencia de diseño de una instalación individual de uso doméstico es la suma de potencia de los dos aparatos de más consumo más la mitad del resto multiplicado por 1,10 porque las potencias están referidas al PCI.

$$P_{iv} = (31,8 + 10,6) \times 1,10 = 46,7 \text{ kW}$$

4. Caudal de diseño o de simultaneidad de la instalación individual

En este caso, al estar la instalación individual formada únicamente por dos aparatos, el caudal máximo probable o de simultaneidad de cada instalación individual será:

$$Q_{si} = Q_{calentador} + Q_{cocina} = 7,14 + 2,38 = 9,52 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

5. Caudal de diseño o de simultaneidad de la instalación común

Al ser el tramo entre dos contadores muy corto, no tiene sentido disminuir el diámetro de la conducción a medida que disminuye el caudal máximo simultáneo, por ello consideramos la instalación común un solo tramo (AB).

El caudal máximo simultáneo, en el peor de los casos, nos viene dado por:

$$Q_{sc} = (\sum Q_{si}) \times S_1 = n \times Q_{si} \times S_1$$

donde:

n es el número de viviendas a las que se alimenta desde la instalación común.

$Q_{si}$  es el caudal máximo probable o de simultaneidad de la instalación individual.

$S_1$  es el factor de simultaneidad para instalaciones que no disponen de calefacción individual. En este caso para 6 viviendas,  $S_1$  vale 0,36

$$Q_{sc} (\text{AB}) = 6 \times 9,52 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h} \times 0,36 = 20,56 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

6. Potencia de diseño de la instalación común

La potencia de diseño de una instalación común es el caudal de diseño de la instalación común ( $Q_{sc}$ ) multiplicado por el PCS:

$$P_c = Q_{sc} \times PCS = 20,56 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h} \times 4,9 \text{ kWh/ m}^3(\text{n})/\text{h} = 100,7 \text{ kW}$$

7. Cuadro resumen de caudales y longitudes de los tramos de la instalación

Tramo	AB	BC1	BC2	BC3	CiDi	DiEi	EiFi
Q (m <sup>3</sup> (n)/h)	20,56	9,52	9,52	9,52	9,52	2,38	7,14
L <sub>R</sub> (m)	12	3	6	9	6	2	0,5
L <sub>E</sub> (m) = L <sub>R</sub> × 1,2	14,4	3,6	7,2	10,8	7,2	2,4	0,6

**Cálculo de la instalación común**

8. Escoger la pérdida de carga en la instalación común

La pérdida de carga total admitida para este tipo de instalaciones es de 15 mm cda (1,5 mbar).

No se va a considerar la ganancia de presión debido a la altura, ya que, al ser un edificio en altura y con un gas menos denso que el aire, siempre jugaría a nuestro favor.

9. Pérdida de carga por unidad de longitud en el tramo más desfavorable de la instalación (arteria principal)

La arteria principal (tramo más desfavorable de la instalación) estará formada por el tramo comprendido desde el inicio de la instalación (llave de acometida, punto A) hasta la llave de aparato más alejada (llave de la cocina del 3<sup>er</sup> piso, punto E<sub>3</sub>).

La longitud equivalente de la arteria principal será la comprendida entre el punto A y el E<sub>3</sub>:

$$L_E(AE_3) = L_E(AB) + L_E(BC_3) + L_E(C_3D_3) + L_E(D_3E_3)$$

$$L_E(AE_3) = 14,4 + 10,8 + 7,2 + 2,4 = 34,8 \text{ m}$$

Por lo tanto, la pérdida de carga por unidad de longitud en el tramo más desfavorable de la instalación es:

$$\Delta P/L_E(AE_3) = \frac{15 \text{ mm cda}}{L_E(AE_3)} = \frac{15 \text{ mm cda}}{34,8} = 0,43 \text{ mm cda/m}$$

10. Cálculo del diámetro comercial de los tubos a instalar en la instalación común (tramo AB)

Para el cálculo del diámetro del tramo AB, utilizaremos la tabla correspondiente a gas ciudad, es decir, la Tabla I. La pérdida de carga por unidad de longitud es 0,430 mm cda/m, y de la Tabla I tomaremos 0,425 mm cda/m por defecto, y el caudal  $Q_{AB} = 29,45 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  por exceso del calculado 20,56  $\text{m}^3(\text{n})/\text{h}$ .

Tabla I

$\Delta P/LE$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)										
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42	51/54	60/63	—	76/80	96/100
	Tubo de acero (pulgadas (in)) (")										
1/2	—	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	—	2 1/2	3	4	
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
0,400	0,80	1,39	2,20	4,54	8,74	13,77	28,49	46,17	54,77	86,34	160,30
0,425	0,83	1,44	2,27	4,70	9,03	14,24	29,45	47,73	56,63	89,27	165,73
0,450	0,83	1,49	2,34	4,85	9,32	14,69	30,39	49,26	58,44	92,12	171,01
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	

Por tanto, para el tramo AB el tubo de cobre a instalar será de diámetro 51/54.

El diámetro seleccionado para la pérdida de carga anteriormente fijada, permite el paso de un caudal superior (29,45  $\text{m}^3(\text{n})/\text{h}$ ) al caudal de diseño, por lo que la pérdida de carga será menor. Por tanto para un caudal de 20,56  $\text{m}^3(\text{n})/\text{h}$  y un tubo de 51/54 la máxima pérdida de carga real por unidad de longitud la hallaremos ascendiendo por la columna correspondiente al tubo seleccionado hasta coincidir con un caudal igual o inmediatamente superior al caudal máximo probable, en este caso 21,52  $\text{m}^3(\text{n})/\text{h}$  por exceso. En nuestro caso la perdida de carga real repartida será de 0,24 mm cda/m.

Tabla I

$\Delta P/LE$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)										
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42	51/54	60/63	-----	76/80	96/100
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))										
1/2	-----	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	-----	2 1/2	3	4	
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
0,220	0,58	1,00	1,58	3,27	6,29	9,92	20,51	33,24	39,44	62,17	115,42
0,240	0,61	1,05	1,66	3,43	6,60	10,40	21,52	34,87	41,37	65,21	121,07
0,260	0,63	1,10	1,73	3,59	6,90	10,87	22,48	36,44	43,23	68,15	126,51
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
0,400	0,80	1,39	2,20	4,54	8,74	13,77	28,49	46,17	54,77	86,34	160,30
0,425	0,83	1,44	2,27	4,70	9,03	14,24	29,45	47,73	56,63	89,27	165,73
0,450	0,83	1,49	2,34	4,85	9,32	14,69	30,39	49,26	58,44	92,12	171,01
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	

La pérdida de carga real en la instalación común (tramo AB) será la pérdida de carga repartida real multiplicada por la longitud equivalente del tramo AB:

$$\Delta P_{AB} = 0,24 \text{ mm cda/m} \times 14,4 \text{ m} = 3,5 \text{ mm cda}$$

Por lo tanto, para el cálculo de cada una de las instalaciones individuales disponemos de una pérdida de carga total de:

$$\Delta P_{ind} = 15 - 3,5 = 11,5 \text{ mm cda}$$

## CÁLCULO DE LAS INSTALACIONES INDIVIDUALES

Al ser las instalaciones simétricas por plantas, calcularemos una instalación por cada planta, ya que la otra será igual.

### Instalación individual de cada piso (Tramos BE<sub>i</sub>)

11. Pérdida de carga repartida en cada instalación individual:

La pérdida de carga disponible para el tramo más desfavorable para cada uno de los pisos (BE<sub>i</sub>) será la disponible para las instalaciones individuales:

$$\Delta P_{BEi} = \Delta P_{ind} = 11,5 \text{ mm cda}$$

La longitud equivalente para cada uno de estos tramos (BE<sub>i</sub>) es la siguiente:

$$L_E(BE_i) = L_E(BC_i) + L_E(C_iD_i) + L_E(D_iE_i)$$

$$L_E(BE_1) = 3,6 + 7,2 + 2,4 = 13,2 \text{ mm}$$

$$L_E(BE_2) = 7,2 + 7,2 + 2,4 = 16,8 \text{ mm}$$

$$L_E(BE_3) = 10,8 + 7,2 + 2,4 = 20,4 \text{ mm}$$

Por lo tanto, la pérdida de carga por unidad de longitud en el tramo más desfavorable de la instalación individual de cada piso es:

- 1er piso:

$$\Delta P/L_E (BE_1) = \frac{11,5 \text{ mm cda}}{L_E (BE_1)} = \frac{11,5 \text{ mm cda}}{13,2} = 0,871 \text{ mm cda/m}$$

- 2º piso:

$$\Delta P/L_E (BE_2) = \frac{11,5 \text{ mm cda}}{L_E (BE_2)} = \frac{11,5 \text{ mm cda}}{16,8} = 0,685 \text{ mm cda/m}$$

- 3er piso:

$$\Delta P/L_E (BE_3) = \frac{11,5 \text{ mm cda}}{L_E (BE_3)} = \frac{11,5 \text{ mm cda}}{20,4} = 0,564 \text{ mm cda/m}$$

12. Cálculo de los diámetros comercial de los tubos a instalar en la instalación individual de cada piso (tramos  $BD_i$ ,  $D_iE_i$  y  $D_iF_i$ ).

Los caudales a considerar en tramo de instalación son los siguientes:

Tramo	$BD_i$	$D_iE_i$	$E_iF_i$
$Q (m^3(n)/h)$	9,52	2,38	7,14

- Instalación individual del 1º piso:

#### Tramo $BD_1$ :

Para el cálculo del diámetro de este tramo utilizaremos la tabla correspondiente a gas ciudad, es decir, la Tabla I. La pérdida de carga por unidad de longitud es 0,871 mm cda/m, y de la Tabla I tomaremos 0,840 mm cda/m por defecto, y el caudal  $Q_{BD1} = 13,13 \text{ m}^3(n)/h$  por exceso del calculado 9,52  $\text{m}^3(n)/h$ :

**TABLA I**

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)										
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42	51/54	60/63	-----	76/80	96/100
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))										
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0,800	1,18	2,04	3,21	6,65	12,79	20,16	41,69	67,57	80,16	126,37	234,60
0,840	1,21	2,09	3,30	6,83	13,13	20,70	42,82	69,40	52,34	129,80	240,97
0,880	1,24	2,15	3,39	7,01	13,47	21,24	43,93	71,20	84,47	133,16	247,21
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Por tanto, para el tramo  $BD_1$ , el tubo de cobre a instalar será de diámetro 33/35.

El diámetro seleccionado para la pérdida de carga anteriormente fijada, permite el paso de un caudal superior ( $13,13 \text{ m}^3(n)/h$ ) al caudal de diseño, por lo que la pérdida de carga será menor. Por tanto para un caudal de  $9,52 \text{ m}^3(n)/h$  y un tubo de 33/35 la máxima pérdida de carga real por unidad de longitud la hallaremos ascendiendo por la columna correspondiente al tubo seleccionado hasta coincidir con un caudal igual o inmediatamente superior al caudal máximo probable, en este caso  $9,60 \text{ m}^3(n)/h$  por exceso. En nuestro caso la pérdida de carga real repartida será de  $0,475 \text{ mm cda/m}$ .

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)										
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42	51/54	60/63	-----	76/80	96/100
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))										
	1/2	-----	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	---	2 1/2	3	4
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
0,450	0,83	1,49	2,34	4,85	9,32	14,69	30,39	49,26	58,44	92,12	171,01
0,475	0,88	1,53	2,41	4,99	9,60	15,14	31,31	50,74	60,20	94,89	176,17
0,500	0,91	1,58	2,48	5,14	9,88	15,57	32,20	52,19	61,92	97,61	181,21
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
0,800	1,18	2,04	3,21	6,65	12,79	20,16	41,69	67,57	80,16	126,37	234,60
0,840	1,21	2,09	3,30	6,83	13,13	20,70	42,82	69,40	52,34	129,80	240,97
0,880	1,24	2,15	3,39	7,01	13,47	21,24	43,93	71,20	84,47	133,16	247,21
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

La pérdida de carga real en el tramo  $BD_1$  será la pérdida de carga repartida real multiplicada por la longitud equivalente del tramo  $BD_1$ :

$$\Delta P_{BD_1} = 0,475 \text{ mm cda/m} \times (3,6 + 7,2) \text{ m} = 5,1 \text{ mm cda}$$

Por lo tanto, para el cálculo del resto de tramos del 1<sup>er</sup> piso disponemos de una pérdida de carga total de:

$$\Delta P_{D_1} = 11,5 - 5,1 = 6,4 \text{ mm cda}$$

Las pérdidas de carga repartidas para los tramos  $D_1E_1$  y  $D_1F_1$  serán las siguientes:

$$\Delta P/L_E (D_1E_1) = \frac{6,4 \text{ mm cda}}{L_E (D_1E_1)} = \frac{6,4 \text{ mm cda}}{2,4} = 2,667 \text{ mm cda/m}$$

$$\Delta P/L_E (D_1F_1) = \frac{6,4 \text{ mm cda}}{L_E (D_2F_2)} = \frac{6,4 \text{ mm cda}}{0,6} = 10,667 \text{ mm cda/m}$$

#### Tramo $D_1E_1$ :

Para el cálculo del diámetro de este tramo final de instalación utilizaremos la tabla correspondiente a gas ciudad, es decir, la Tabla I. La pérdida de carga por unidad de longitud es 2,667 mm cda/m, y de la Tabla I tomaremos 2,600 mm cda/m por defecto, y el caudal  $Q_{D_1E_1} = 3,90 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  por exceso del calculado  $2,38 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$ :

TABLA I

$\Delta P/L_E$ mm cda/ m	Tubo de cobre (mm)										
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42	51/54	60/63	-----	76/80	96/100
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))										
	1/2	-----	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	-----	2 1/2	3	4
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
2,000	2,05	3,56	5,60	11,59	22,29	35,14	72,68	117,80	139,76	220,30	409,00
2,600	2,25	3,90	6,14	12,71	24,43	38,52	79,67	129,12	153,19	241,48	448,31
3,000	2,43	4,22	6,65	13,75	26,43	41,67	83,19	139,68	165,72	261,24	484,99
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Por tanto, para el tramo  $D_1E_1$  el tubo de cobre a instalar será de diámetro 16/18.

#### Tramo $D_1F_1$ :

Para el cálculo del diámetro de este tramo final de instalación utilizaremos la tabla correspondiente a gas ciudad, es decir, la Tabla I. La pérdida de carga por unidad de longitud es 10,667 mm cda/m, y de la Tabla I tomaremos 10,000 mm cda/m por defecto, y el caudal  $Q_{D1F1} = 8,17 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  por exceso del calculado  $7,14 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$ :

TABLA I

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)										
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42	51/54	60/63	-----	76/80	96/100
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))										
	1/2	-----	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	-----	2 1/2	3	4
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
9,500	4,58	7,94	12,52	25,90	49,80	78,50	144,78	208,48	237,20	334,49	533,70
10,000	4,71	8,17	12,88	26,64	51,22	80,74	144,78	208,48	237,20	334,49	533,70
11,000	4,97	8,61	13,57	28,07	53,97	83,62	144,78	208,48	237,20	334,49	533,70
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Por tanto, para el tramo  $D_1E_1$  el tubo de cobre a instalar será de diámetro 16/18.

- Instalación individual del 2º piso:

#### Tramo $BD_2$ :

Para el cálculo del diámetro de este tramo utilizaremos la tabla correspondiente a gas ciudad, es decir, la Tabla I. La pérdida de carga por unidad de longitud es 0,685 mm cda/m, y de la Tabla I tomaremos 0,675 mm cda/m por defecto, y el caudal  $Q_{BD2} = 11,65 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  por exceso del calculado  $9,52 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$ :

TABLA I

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)										
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42	51/54	60/63	-----	76/80	96/100
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))										
1/2	-----	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	-----	2 1/2	3	4	
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
0,650	1,05	1,82	2,87	5,93	11,41	17,98	37,20	60,28	71,52	112,74	209,31
0,675	1,07	1,86	2,93	6,06	11,65	18,36	37,98	61,55	73,02	115,10	213,69
0,700	1,09	1,90	2,99	6,18	11,88	18,73	38,74	62,79	74,49	117,43	218,00
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	

Por tanto, para el tramo BD<sub>2</sub> el tubo de cobre a instalar será de diámetro 33/35.

El diámetro seleccionado para la pérdida de carga anteriormente fijada, permite el paso de un caudal superior (11,65 m<sup>3</sup>(n)/h) al caudal de diseño, por lo que la pérdida de carga será menor. Por tanto para un caudal de 9,52 m<sup>3</sup>(n)/h y un tubo de 33/35 la máxima pérdida de carga real por unidad de longitud la hallaremos ascendiendo por la columna correspondiente al tubo seleccionado hasta coincidir con un caudal igual o inmediatamente superior al caudal máximo probable, en este caso 9,60 m<sup>3</sup>(n)/h por exceso. En nuestro caso la perdida de carga real repartida será de 0,475 mm cda/m.

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)										
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42	51/54	60/63	-----	76/80	96/100
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))										
1/2	-----	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	-----	2 1/2	3	4	
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
0,450	0,83	1,49	2,34	4,85	9,32	14,69	30,39	49,26	58,44	92,12	171,01
0,475	0,88	1,53	2,41	4,99	9,60	15,14	31,31	50,74	60,20	94,89	176,17
0,500	0,91	1,58	2,48	5,14	9,88	15,57	32,20	52,19	61,92	97,61	181,21
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	
0,650	1,05	1,82	2,87	5,93	11,41	17,98	37,20	60,28	71,52	112,74	209,31
0,675	1,07	1,86	2,93	6,06	11,65	18,36	37,98	61,55	73,02	115,10	213,69
0,700	1,09	1,90	2,99	6,18	11,88	18,73	38,74	62,79	74,49	117,43	218,00
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	

La pérdida de carga real en el tramo BD<sub>2</sub> será la pérdida de carga repartida real multiplicada por la longitud equivalente del tramo BD<sub>1</sub>:

$$\Delta P_{BD_2} = 0,475 \text{ mm cda/m} \times (7,2 + 7,2) \text{ m} = 6,8 \text{ mm cda}$$

Por lo tanto, para el cálculo del resto de tramos del 2º piso disponemos de una pérdida de carga total de:

$$\Delta P_{D_2} = 11,5 - 6,8 = 4,7 \text{ mm cda}$$

Las pérdidas de carga repartidas para los tramos  $D_2E_2$  y  $D_2F_2$  serán las siguientes:

$$\Delta P/L_E (D_2E_2) = \frac{4,7 \text{ mm cda}}{L_E (D_2E_2)} = \frac{4,7 \text{ mm cda}}{2,4} = 1,958 \text{ mm cda/m}$$

$$\Delta P/L_E (D_2F_2) = \frac{4,7 \text{ mm cda}}{L_E (D_2F_2)} = \frac{4,7 \text{ mm cda}}{0,6} = 7,833 \text{ mm cda/m}$$

#### Tramo $D_2E_2$ :

Para el cálculo del diámetro de este tramo final de instalación utilizaremos la tabla correspondiente a gas ciudad, es decir, la Tabla I. La pérdida de carga por unidad de longitud es 1,958 mm cda/m, y de la Tabla I tomaremos 1,800 mm cda/m por defecto, y el caudal  $Q_{D2E2} = 3,18 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  por exceso del calculado 2,38  $\text{m}^3(\text{n})/\text{h}$ :

TABLA I

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)										
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42	51/54	60/63	-----	76/80	96/100
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))										
	½	-----	¾	1	1 ¼	1 ½	2	-----	2 ½	3	4
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
1,400	1,60	2,77	4,37	9,04	17,39	27,41	56,70	91,89	109,02	171,86	319,06
1,800	1,84	3,18	5,02	10,38	19,96	31,47	65,10	105,500	125,17	197,31	366,30
2,000	2,05	3,56	5,60	11,59	22,29	35,14	72,68	117,80	139,76	220,30	409,00
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Por tanto, para el tramo  $D_2E_2$  el tubo de cobre a instalar será de diámetro 16/18.

#### Tramo $D_2F_2$ :

Para el cálculo del diámetro de este tramo final de instalación utilizaremos la tabla correspondiente a gas ciudad, es decir, la Tabla I. La pérdida de carga por unidad de longitud es 7,833 mm cda/m, y de la Tabla I tomaremos 7,500 mm cda/m por defecto, y el caudal  $Q_{D2F2} = 8,17 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  por exceso del calculado 7,14  $\text{m}^3(\text{n})/\text{h}$ :

TABLA I

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)										
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42	51/54	60/63	-----	76/80	96/100
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))										
	½	-----	¾	1	1 ¼	1 ½	2	-----	2 ½	3	4
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
7,000	3,88	6,72	10,59	21,90	42,10	66,37	137,29	208,48	237,20	334,49	533,70
7,500	4,02	6,98	11,00	22,74	43,73	68,94	142,59	208,48	237,20	334,49	533,70
8,000	4,17	7,23	11,39	23,56	45,31	71,43	144,78	208,48	237,20	334,49	533,70
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Por tanto, para el tramo  $D_2F_2$  el tubo de cobre a instalar será de diámetro 20/22.

- Instalación individual del 3<sup>er</sup> piso:

**Tramo BD<sub>3</sub>:**

Para el cálculo del diámetro de este tramo utilizaremos la tabla correspondiente a gas ciudad, es decir, la Tabla I. La pérdida de carga por unidad de longitud es 0,564 mm cda/m, y de la Tabla I tomaremos 0,550 mm cda/m por defecto, y el caudal  $Q_{BD_3} = 10,41 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  por exceso del calculado  $9,52 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$ :

TABLA I

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)										
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42	51/54	60/63	-----	76/80	96/100
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))										
1/2	-----	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	---	2 1/2	3	4	
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
0,525	0,93	1,62	2,55	5,28	10,10	15,99	33,08	53,61	63,60	100,26	186,13
0,550	0,96	1,66	2,62	5,41	10,41	16,41	33,93	55,00	65,25	102,85	190,95
0,575	0,98	1,70	2,68	5,55	10,66	16,81	34,77	56,36	66,86	105,40	195,67
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Por tanto, para el tramo BD<sub>3</sub> el tubo de cobre a instalar será de diámetro 33/35.

El diámetro seleccionado para la pérdida de carga anteriormente fijada, permite el paso de un caudal superior ( $10,41 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$ ) al caudal de diseño, por lo que la pérdida de carga será menor. Por tanto para un caudal de  $9,52 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  y un tubo de 33/35 la máxima pérdida de carga real por unidad de longitud la hallaremos ascendiendo por la columna correspondiente al tubo seleccionado hasta coincidir con un caudal igual o inmediatamente superior al caudal máximo probable, en este caso  $9,60 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  por exceso. En nuestro caso la perdida de carga real repartida será de 0,475 mm cda/m.

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)										
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42	51/54	60/63	-----	76/80	96/100
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))										
1/2	-----	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	---	2 1/2	3	4	
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
0,450	0,83	1,49	2,34	4,85	9,32	14,69	30,39	49,26	58,44	92,12	171,01
0,475	0,88	1,53	2,41	4,99	9,60	15,14	31,31	50,74	60,20	94,89	176,17
0,500	0,91	1,58	2,48	5,14	9,88	15,57	32,20	52,19	61,92	97,61	181,21
0,525	0,93	1,62	2,55	5,28	10,10	15,99	33,08	53,61	63,60	100,26	186,13
0,550	0,96	1,66	2,62	5,41	10,41	16,41	33,93	55,00	65,25	102,85	190,95
0,575	0,98	1,70	2,68	5,55	10,66	16,81	34,77	56,36	66,86	105,40	195,67
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

La pérdida de carga real en el tramo  $BD_3$  será la pérdida de carga repartida real multiplicada por la longitud equivalente del tramo  $BD_1$ :

$$\Delta P_{BD_3} = 0,475 \text{ mm cda/m} \times (10,8 + 7,2) \text{ m} = 8,5 \text{ mm cda}$$

Por lo tanto, para el cálculo del resto de tramos del 3<sup>er</sup> piso disponemos de una pérdida de carga total de:

$$\Delta P_{D_3} = 11,5 - 8,5 = 3,0 \text{ mm cda}$$

Las pérdidas de carga repartidas para los tramos  $D_3E_3$  y  $D_3F_3$  serán las siguientes:

$$\Delta P/L_e (D_3E_3) = \frac{3,0 \text{ mm cda}}{L_e (D_3E_3)} = \frac{3,0 \text{ mm cda}}{2,4} = 1,250 \text{ mm cda/m}$$

$$\Delta P/L_e (D_3F_3) = \frac{3,0 \text{ mm cda}}{L_e (D_3F_3)} = \frac{3,0 \text{ mm cda}}{0,6} = 5,000 \text{ mm cda/m}$$

#### Tramo $D_3E_3$ :

Para el cálculo del diámetro de este tramo final de instalación utilizaremos la tabla correspondiente a gas ciudad, es decir, la Tabla I. La pérdida de carga por unidad de longitud es 1,250 mm cda/m, y de la Tabla I tomaremos 1,000 mm cda/m por defecto, y el caudal  $Q_{D3E3} = 3,63 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  por exceso del calculado  $2,38 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$ :

**TABLA I**

$\Delta P/L_e$ mm cda/ m	Tubo de cobre (mm)										
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42	51/54	60/63	-----	76/80	96/100
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))										
	1/2	-----	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	-----	2 1/2	3	4
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
0,960	1,30	2,25	3,55	7,35	14,13	22,28	46,08	74,69	88,61	136,68	259,32
1,000	1,33	2,31	3,63	7,52	14,45	22,78	47,13	76,38	90,62	142,85	265,20
1,400	1,60	2,77	4,37	9,04	17,39	27,41	56,70	91,89	109,02	171,86	319,06
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Por tanto, para el tramo  $D_3E_3$  el tubo de cobre a instalar será de diámetro 20/22.

#### Tramo $D_3F_3$ :

Para el cálculo del diámetro de este tramo final de instalación utilizaremos la tabla correspondiente a gas ciudad, es decir, la Tabla I. La pérdida de carga por unidad de longitud es 5,000 mm cda, y de la Tabla I tomaremos 5,000 mm cda exacto, y el caudal  $Q_{D3F3} = 8,17 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  por exceso del calculado  $8,80 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$ :

TABLA I

$\Delta P/L_e$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)										
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42	51/54	60/63	-----	76/80	96/100
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))										
	1/2	-----	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	-----	2 1/2	3	4
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
4,600	3,08	5,33	8,41	17,39	33,43	52,70	109,01	176,66	209,59	330,39	533,70
5,000	3,22	5,58	8,80	18,20	35,00	55,17	114,12	184,95	219,42	334,49	533,70
5,500	3,39	5,88	9,27	19,18	36,88	58,14	120,25	194,89	231,22	334,49	533,70
.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....

Por tanto, para el tramo  $D_3E_3$  el tubo de cobre a instalar será de diámetro 20/22.

#### Cuadro resumen de la instalación receptora

Tipo de Instalación	Tramo	$L_R$ (m)	Q ( $m^3(n)/h$ )	D comercial
Común	A-B	12	20,56	Cu 51/54
Individual 1er piso	B-C <sub>1</sub>	3	9,52	Cu 33/35
	C <sub>1</sub> -D <sub>1</sub>	6	9,52	Cu 33/35
	D <sub>1</sub> -E <sub>1</sub>	2	2,38	Cu 16/18
	D <sub>1</sub> -F <sub>1</sub>	0,5	7,14	Cu 16/18
Individual 2º piso	B-C <sub>2</sub>	6	9,52	Cu 33/35
	C <sub>2</sub> -D <sub>2</sub>	6	9,52	Cu 33/35
	D <sub>2</sub> -E <sub>2</sub>	2	2,38	Cu 16/18
	D <sub>2</sub> -F <sub>2</sub>	0,5	7,14	Cu 20/22
Individual 3er piso	B-C <sub>2</sub>	9	9,52	Cu 33/35
	C <sub>3</sub> -D <sub>3</sub>	6	9,52	Cu 33/35
	D <sub>3</sub> -E <sub>3</sub>	2	2,38	Cu 20/22
	D <sub>3</sub> -F <sub>3</sub>	0,5	7,14	Cu 20/22

Como los diámetros de las instalaciones de los diferentes pisos son muy similares, ya que sólo cambian los diámetros de los tramos  $D_i-E_i$  y  $D_i-F_i$ , pueden realizarse todas las instalaciones iguales a la del piso más desfavorable, que es la del 3<sup>er</sup> piso.

Este criterio puede utilizarse para calcular exclusivamente la individual más desfavorable y asignar al resto los mismos diámetros, ya que diseñando todas las instalaciones individuales como la más desfavorable, no va a haber problemas de presión en las instalaciones.

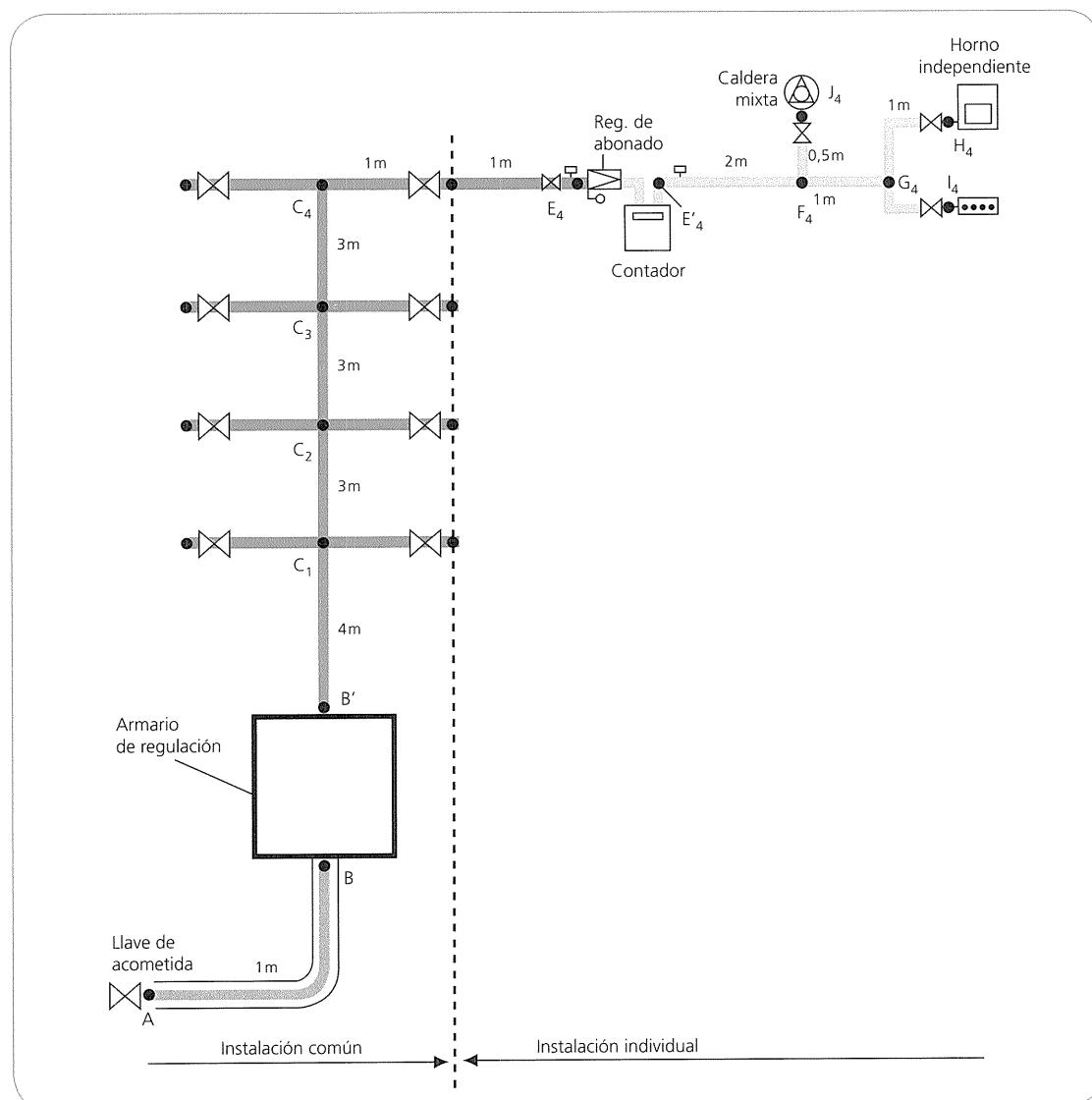
### 17.14.2.2. Ejemplo IRC-2: Instalación receptora en finca plurifamiliar con contadores en vivienda suministrada con gas natural desde una red de distribución con MOP de 5 bar

El esquema de la figura representa una nueva instalación receptora que da servicio a un edificio ya construido de cuatro plantas, con dos viviendas por planta, 8 viviendas en total. Cada una de las instalaciones individuales alimenta a una caldera mixta de 21,25 kW (18.250 kcal/h), a un horno independiente de 3,65 kW (3.450 kcal/h) y a una encimera de 6,45 kW (5.550 kcal/h).

La instalación está conectada a una red de distribución de gas natural con MOP de 5 bar.

El armario de regulación que alimenta a la instalación tiene una presión de salida de 50 mbar  $\pm 10\%$ , y se ha de asegurar en la entrada de los reguladores de abonado en el inicio de la instalación individual 25 mbar.

La presión de salida del regulador de abonado es de 20 mbar  $\pm 10\%$  y el contador tiene una pérdida de carga de 1 mbar.



Fuente: Gas natural SDG

El armario de regulación tiene una presión de salida de 55 mbar y está situado en muro de fachada del edificio (límite de propiedad), por lo que el tramo desde la llave de acometida hasta el armario de regulación será de polietileno. El resto de instalación a partir del armario de regulación, que discurre por la fachada del edificio, será de cobre.

La presión atmosférica media a considerar en la zona es de 1,01 bar.

Las longitudes de los diferentes tramos de la instalación receptora son los siguientes

Instalación común							
Tramo	AB	BB'	B'C <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> C <sub>3</sub>	C <sub>1</sub> D <sub>1</sub>
L <sub>R</sub> (m)	1	Armario regulación	4	3	3	3	1
Instalaciones individuales							
Tramo	D <sub>i</sub> E <sub>i</sub>	E <sub>i</sub> E' <sub>i</sub>	E' <sub>i</sub> F <sub>i</sub>	F <sub>i</sub> G <sub>i</sub>	G <sub>i</sub> H <sub>i</sub>	G <sub>i</sub> I <sub>i</sub>	F <sub>i</sub> J <sub>i</sub>
L <sub>R</sub> (m)	1	Reg. abon. Contador	2	1	1	0,5	0,5

Las características del gas distribuido que facilita la Empresa Distribuidora son:

- Denominación: Gas natural (2<sup>a</sup> familia)
- PCS: 12,2 kWh/ m<sup>3</sup>(n) (10.500 kcal/m<sup>3</sup>(n))
- Densidad de cálculo: d<sub>s</sub> = 0,62
- Gas seco.
- Presión de garantía en llave de acometida: P<sub>g</sub> = 1 bar

### 1. Pérdida de carga admitida

La determinación de la pérdida de carga de la instalación se realizará por tramos de igual presión.

En nuestro caso tendremos tres bloques:

#### a) Tramo AB: 1 bar

Partimos de la presión de garantía que facilita la Empresa Distribuidora, 1 bar, y supondremos que al final del tramo perdemos un 25 % de la presión inicial, valores de cálculo normales para este tipo de instalaciones, quedando por lo tanto:

- P<sub>A</sub> = 1 bar
- P<sub>B</sub> = 75 % P<sub>A</sub> = 0,75 bar
- ΔP<sub>AB</sub> = P<sub>A</sub> - P<sub>B</sub> = 0,25 bar

#### b) Tramos B'E<sub>i</sub>: 50 mbar

Partimos de la presión de salida más desfavorable del armario de regulación, 50 mbar (55 mbar - 10%), y hemos de asegurar 25 mbar en el regulador de abonado, por lo que la pérdida de carga admisible será:

$$\Delta P_{B'E_i} = 50 - 25 = 25 \text{ mbar} = 250 \text{ mm cda}$$

#### c) Tramos a partir de E'<sub>i</sub>: 20 mbar

Partimos de la presión de salida más desfavorable del regulador de abonado, 18 mbar (20 mbar - 10%), y nos indican que el contador tiene una pérdida de carga de 0,5 mbar que tendremos de descontar. La presión mínima admisible en la llave de conexión de aparato para gas natural está fijada en 17 mbar, por lo que la pérdida de carga admisible en la instalación individual a partir del punto E'<sub>i</sub> hasta los puntos H<sub>i</sub>, I<sub>i</sub> y J<sub>i</sub>:

$$\Delta P_{E'i-H_i,I_i,J_i} = P_{S \text{ reg}} - P_{\text{min ap.}} - \Delta P_{\text{cont.}}$$

$$\Delta P_{E'i-H_i,I_i,J_i} = 18 - 17 - 0,5 = 0,5 \text{ mbar} = 5 \text{ mm cda}$$

No se considerará la ganancia de presión en los tramos ascendentes por tratarse de un gas menos denso que el aire, ya que va a nuestro favor y no merece la pena ajustar al máximo.

## 2. Consumo de cada aparato

A partir de las potencias consumidas por los aparatos que nos facilitan, podemos calcular el consumo de los aparatos instalados

- Caldera mixta:

$$Q_{\text{caldera}} = \frac{1,10 \times 21,25}{12,2} = 1,92 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

- Encimera:

$$Q_{\text{encimera}} = \frac{1,10 \times 6,45}{12,2} = 0,58 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

- Horno indep.:

$$Q_{\text{horno}} = \frac{1,10 \times 3,65}{12,2} = 0,33 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

## 3. Potencia de diseño de las instalaciones individuales

La potencia de diseño de una instalación individual de uso doméstico es la suma de potencia de los dos aparatos de más consumo más la mitad del resto multiplicado por 1,10 porque las potencias están referidas al PCI.

$$P_{\text{iv}} = (21,25 + 6,45 + 3,65/2) \times 1,10 = 32,5 \text{ kW}$$

## 4. Caudal de diseño o de simultaneidad de la instalación individual

En este caso, al estar la instalación individual formada por tres aparatos, el caudal máximo probable o de simultaneidad de cada instalación individual será:

$$Q_{\text{si}} = Q_{\text{caldera}} + Q_{\text{encimera}} + Q_{\text{horno}}/2 = 1,92 + 0,58 + 0,33/2 = 2,67 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

## 5. Caudal de diseño o de simultaneidad de la instalación común

Al ser el tramo entre dos contadores muy corto, no tiene sentido disminuir el diámetro de la conducción a medida que disminuye el caudal máximo simultáneo, por ello consideramos la instalación común un solo tramo (AB).

El caudal máximo simultáneo, en el peor de los casos, nos viene dado por:

$$Q_{\text{sc}} = (\sum Q_{\text{si}}) \times S_2 = n \times Q_{\text{si}} \times S_2$$

donde:

$n$  es el número de viviendas a las que se alimenta desde la instalación común.

$Q_{\text{si}}$  es el caudal máximo probable o de simultaneidad de la instalación individual.

$S_2$  es el factor de simultaneidad para instalaciones que disponen de calefacción individual.

En este caso para 8 viviendas,  $S_2$  vale 0,56

$$Q_{\text{sc}} = 8 \times 2,67 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h} \times 0,56 = 11,96 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$$

## 6. Potencia de diseño de la instalación común

La potencia de diseño de una instalación común es el caudal de diseño de la instalación común ( $Q_{\text{sc}}$ ) multiplicado por el PCS:

$$P_c = Q_{\text{sc}} \times \text{PCS} = 11,96 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h} \times 12,2 \text{ kWh/m}^3(\text{n})/\text{h} = 146 \text{ kW}$$

7. Cuadro resumen de caudales y longitudes de los tramos de la instalación

Al estar situados los contadores en vivienda, la instalación común es arborescente, por lo que el caudal va variando en cada tramo en función del número de viviendas que alimenta.

Por ello, la distribución de caudales de la instalación común será la siguiente:

- $Q_{AB} = Q_{sc} = 11,96 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$
- $Q_{B'C_1} = Q_{sc} = 11,96 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$
- $Q_{C_1C_2} = n^o \text{ viv.} (6 \text{ viv.}) \times Q_{si} \times S_2 (6 \text{ viv.}) = 6 \times 2,67 \times 0,63 = 10,10 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$
- $Q_{C_2C_3} = n^o \text{ viv.} (4 \text{ viv.}) \times Q_{si} \times S_2 (4 \text{ viv.}) = 4 \times 2,67 \times 0,72 = 7,70 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$
- $Q_{C_3C_4} = n^o \text{ viv.} (2 \text{ viv.}) \times Q_{si} \times S_2 (2 \text{ viv.}) = 2 \times 2,67 \times 0,88 = 4,70 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$
- $Q_{C_iD_i} = Q_{si} = 2,67 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$

Para cada una de las instalaciones individuales tendremos la siguiente distribución de caudales:

- $Q_{D_iE_i} = Q_{si} = 2,67 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$
- $Q_{E'_iF_i} = Q_{si} = 2,67 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$
- $Q_{F_iG_i} = Q_{encimera} + Q_{horno} = 0,58 + 0,33 = 0,91 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$
- $Q_{G_iH_i} = Q_{horno} = 0,33 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$
- $Q_{G_iI_i} = Q_{encimera} = 0,58 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$
- $Q_{F_iJ_i} = Q_{Caldera} = 1,92 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$

Por lo tanto, la distribución de caudales y longitudes, real y equivalente, será la siguiente:

Instalación común							
Tramo	AB	BB'	B'C <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> C <sub>2</sub>	C <sub>2</sub> C <sub>3</sub>	C <sub>3</sub> C <sub>4</sub>	C <sub>i</sub> D <sub>i</sub>
Q (m <sup>3</sup> (n)/h)	11,96	Armario regulación	11,96	10,10	7,70	4,70	2,67
L <sub>R</sub> (m)	1		4	3	3	3	1
L <sub>E</sub> (m) = L <sub>R</sub> × 1,2	1,2		4,8	3,6	3,6	3,6	1,2
Instalaciones individuales							
Tramo	D <sub>i</sub> E <sub>i</sub>	E <sub>i</sub> E' <sub>i</sub>	E' <sub>i</sub> F <sub>i</sub>	F <sub>i</sub> G <sub>i</sub>	G <sub>i</sub> H <sub>i</sub>	G <sub>i</sub> I <sub>i</sub>	F <sub>i</sub> J <sub>i</sub>
Q (m <sup>3</sup> (n)/h)	2,67	Reg. abon. Contador	2,67	0,91	0,33	0,58	1,92
L <sub>R</sub> (m)	1		2	1	1	0,5	0,5
L <sub>E</sub> (m) = L <sub>R</sub> × 1,2	1,2		2,4	1,2	1,2	0,6	0,6

8. Determinación del diámetro del tramo AB

El tramo AB, tramo inicial de la instalación, está alimentado desde una red con MOP de 5 bar y una presión de garantía de un bar.

Las presiones en A y B son 1 bar y 0,75 bar, respectivamente, por lo que podemos determinar el diámetro de este tramo aplicando la fórmula de Renouard cuadrática:

$$P_A^2 - P_B^2 = 48,6 \times d_s \times L_E \times Q^{1,82} \times D^{-4,82}$$

Despejando el diámetro tenemos lo siguiente:

$$D = [(48,6 \times d_s \times L_E \times Q^{1,82}) / (P_A^2 - P_B^2)]^{1/4,82}$$

Teniendo en cuenta que para utilizar esta fórmula las presiones han de ser absolutas y suponiendo una presión atmosférica de 1,01 bar, queda lo siguiente:

$$P_A = P_{\text{rel. } A} + P_{\text{atm.}} = 1 + 1,01 = 2,01 \text{ bar}$$

$$P_B = P_{\text{rel. } B} + P_{\text{atm.}} = 0,75 + 1,01 = 1,76 \text{ bar}$$

Tomando  $Q_{AB} = 11,96 \text{ (m}^3\text{n)/h}$ ,  $L_E(AB) = 1,2 \text{ m}$  y  $d_s = 0,62$  podemos determinar el diámetro:

$$D_{AB} = [(48,6 \times 0,62 \times 1,2 \times 11,96^{1,82}) / (2,01^2 - 1,76^2)]^{1/4,82} = 5,44 \text{ mm}$$

El diámetro comercial del tubo de polietileno superior a 5,44 mm es el tubo de DN 20 x 3 (14 mm de diámetro interior), por lo que escogeremos, en principio, este diámetro para el tramo AB, comprobando previamente que la velocidad del gas en el tramo no supera los 20 m/s:

$$V = 354 \times Q / (P_B \times D^2)$$

$$V = 354 \times 11,96 / (1,76 \times 14^2) = 12,27 \text{ m/s} < 20 \text{ m/s}$$

#### 9. Determinación del modelo armario de regulación.

Al tener un caudal de diseño la instalación común de 11,96 (m<sup>3</sup>(n)/h), tendremos que instalar un armario de regulación A-25, cuyo caudal máximo es de 25 m<sup>3</sup>(n)/h.

#### 10. Determinación del diámetro de los tramos B'E<sub>i</sub>; 50 mbar

Los tramos B'E<sub>i</sub> son tramos con MOP de 50 mbar por lo que podremos utilizar la Tabla II para la determinación de los diámetros de los diferentes tramos.

- Pérdida de carga por unidad de longitud en el tramo más desfavorable de la instalación (arteria principal)

La arteria principal será el tramo B'E<sub>4</sub>, es decir, desde la salida del armario de regulación hasta la entrada del regulador de abonado del 4º piso, por ser el de mayor longitud.

La longitud equivalente de la arteria principal será la comprendida entre el punto B' y el E<sub>4</sub>:

$$L_E(B'E_4) = L_E(BC_1) + L_E(C_1C_2) + L_E(C_2C_3) + L_E(C_3C_4) + L_E(C_4D_4) + L_E(D_4E_4)$$

$$L_E(B'E_4) = 4,8 + 3,6 + 3,6 + 3,6 + 1,2 + 1,2 = 18 \text{ m}$$

La pérdida de carga admisible para este tramo es de 250 mm cda (25 mbar) y, por lo tanto, la pérdida de carga por unidad de longitud en el tramo más desfavorable es:

$$\Delta P/L_E(B'E_4) = \frac{250 \text{ mm cda}}{L_E(B'E_4)} = \frac{250 \text{ mm cda}}{18} = 13,89 \text{ mm cda/m}$$

- Cálculo del diámetro comercial del tubo a instalar en el tramo B'C<sub>1</sub>

Para el cálculo del diámetro del tramo B'C<sub>1</sub>, utilizaremos la tabla correspondiente a gas natural, es decir, la Tabla II. La pérdida de carga por unidad de longitud es 13,89 mm cda/m, y de la Tabla II tomaremos 12,00 mm cda/m por defecto, y el caudal  $Q_{B'C1} = 14,9 \text{ m}^3\text{n/h}$  por exceso del calculado 11,96 m<sup>3</sup>(n)/h.

TABLA II

$\Delta P/L_e$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)						
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42	
	Tubo de acero(pulgadas(in) ("))						
	1/2		3/4		1	1 1/4	1 1/2
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
10,00	4,9	8,6	13,5	27,9	53,7	84,7	
12,00	5,5	9,5	14,9	30,9	59,4	86,1	
14,00	5,9	10,3	16,3	33,6	61,0	86,1	
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Por tanto, para el tramo  $B'C_1$ , el tubo de cobre a instalar será de diámetro 20/22.

El diámetro seleccionado para la pérdida de carga anteriormente fijada, permite el paso de un caudal superior ( $14,9 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$ ) al caudal de diseño, por lo que la pérdida de carga será menor. Por tanto para un caudal de  $11,96 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  y un tubo de 20/22 la máxima pérdida de carga real por unidad de longitud la hallaremos ascendiendo por la columna correspondiente al tubo seleccionado hasta coincidir con un caudal igual o inmediatamente superior al caudal máximo probable, en este caso  $12,00 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  por exceso. En nuestro caso la perdida de carga real repartida será de  $8,00 \text{ mm cda/m}$ .

TABLA II

$\Delta P/L_e$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)						
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42	
	Tubo de acero(pulgadas(in) ("))						
	1/2		3/4		1	1 1/4	1 1/2
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
7,50	4,2	7,3	11,5	23,9	45,9	72,3	
8,00	4,4	7,6	12,0	24,7	47,5	74,9	
8,50	4,5	7,8	12,4	25,6	49,1	77,5	
10,00	4,9	8,6	13,5	27,9	53,7	84,7	
12,00	5,5	9,5	14,9	30,9	59,4	86,1	
14,00	5,9	10,3	16,3	33,6	61,0	86,1	
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

La pérdida de carga real en el tramo  $B'C_1$ , será la pérdida de carga repartida real multiplicada por la longitud equivalente del tramo  $B'C_1$ :

$$\Delta P_{B'C_1} = 8,0 \text{ mm cda/m} \times 4,8 \text{ m} = 38,4 \text{ mm cda}$$

Por lo tanto, para el cálculo del resto de tramos de la arteria principal disponemos de una pérdida de carga total de:

$$\Delta P_{C1E4} = 250 - 38,4 = 211,6 \text{ mm cda}$$

Para determinar la pérdida de carga repartida para el resto de los tramos de la arteria principal,  $C_1E_4$ , necesitamos su longitud equivalente:

$$L_E(C_1E_4) = L_E(C_1C_2) + L_E(C_2C_3) + L_E(C_3C_4) + L_E(C_4D_4) + L_E(D_4E_4)$$

$$L_E(C_1E_4) = 3,6 + 3,6 + 3,6 + 1,2 + 1,2 = 13,2 \text{ m}$$

Por lo tanto, la nueva pérdida de carga repartida para el resto de los tramos de la arteria principal,  $C_1E_4$ , es la siguiente:

$$\Delta P/L_E(C_1E_4) = \frac{211,6 \text{ mm cda}}{L_E(C_1E_4)} = \frac{211,6 \text{ mm cda}}{13,2} = 16,03 \text{ mm cda/m}$$

■ Cálculo del diámetro comercial del tubo a instalar en el tramo  $C_1E_1$

Al tener la misma presión y caudal los tramos  $C_iD_i$  y  $D_iE_i$  tendrán el mismo diámetro, por lo que los calcularemos a la vez. El hecho de diferenciarlos es que el  $C_iD_i$  pertenece a la instalación común y el  $D_iE_i$  a la individual.

Para el cálculo del diámetro del tramo  $C_1E_2$ , utilizaremos la tabla correspondiente a gas natural, es decir, la Tabla II. La pérdida de carga por unidad de longitud es 16,03 mm cda/m, y de la Tabla II tomaremos 16,00 mm cda/m por defecto, y el caudal  $Q_{C1E2} = 6,4 \text{ m}^3(n)/h$  por exceso del calculado 2,67  $\text{m}^3(n)/h$ .

TABLA II

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)					
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42
	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
14,00	5,9	10,3	16,3	33,6	61,0	86,1
16,00	6,4	11,1	17,5	36,2	61,0	86,1
18,00	6,8	11,8	18,7	37,3	61,0	86,1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Por tanto, para el tramo  $C_1E_1$  el tubo de cobre a instalar será de diámetro 13/15.

■ Cálculo del diámetro comercial del tubo a instalar en el tramo  $C_1C_2$

Para el cálculo del diámetro del tramo  $C_1C_2$ , utilizaremos la tabla correspondiente a gas natural, es decir, la Tabla II. La pérdida de carga por unidad de longitud es 16,03 mm cda/m, y de la Tabla II tomaremos 16,00 mm cda/m por defecto, y el caudal  $Q_{C1C2} = 11,1 \text{ m}^3(n)/h$  por exceso del calculado 10,10  $\text{m}^3(n)/h$ .

TABLA II

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)					
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42
	Tubo de acero (pulgadas(in) ("))					
	1/2		3/4	1	1 1/4	1 1/2
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
14,00	5,9	10,3	16,3	33,6	61,0	86,1
16,00	6,4	11,1	17,5	36,2	61,0	86,1
18,00	6,8	11,8	18,7	37,3	61,0	86,1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Por tanto, para el tramo  $C_1C_2$  el tubo de cobre a instalar será de diámetro 16/18.

El diámetro seleccionado para la pérdida de carga anteriormente fijada, permite el paso de un caudal superior ( $11,1 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$ ) al caudal de diseño, por lo que la pérdida de carga será menor. Por tanto para un caudal de  $10,10 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  y un tubo de 16/18 la máxima pérdida de carga real por unidad de longitud la hallaremos ascendiendo por la columna correspondiente al tubo seleccionado hasta coincidir con un caudal igual o inmediatamente superior al caudal máximo probable, en este caso  $10,3 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  por exceso. En nuestro caso la perdida de carga real repartida será de  $8,00 \text{ mm cda/m}$ .

TABLA II

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)					
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42
	Tubo de acero (pulgadas(in) ("))					
	1/2		3/4	1	1 1/4	1 1/2
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
12,00	5,5	9,5	14,9	30,9	59,4	86,1
14,00	5,9	10,3	16,3	33,6	61,0	86,1
16,00	6,4	11,1	17,5	36,2	61,0	86,1
18,00	6,8	11,8	18,7	37,3	61,0	86,1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

La pérdida de carga real en el tramo  $C_1C_2$  será la pérdida de carga repartida real multiplicada por la longitud equivalente del tramo  $C_1C_2$ :

$$\Delta P_{C_1C_2} = 14,0 \text{ mm cda/m} \times 3,6 \text{ m} = 50,4 \text{ mm cda}$$

Por lo tanto, para el cálculo del resto de tramos de la arteria principal disponemos de una pérdida de carga total de:

$$\Delta P_{C_2E_4} = 211,6 - 50,4 = 161,2 \text{ mm cda}$$

Para determinar la pérdida de carga repartida para el resto de los tramos de la arteria principal,  $C_2E_4$ , necesitamos su longitud equivalente:

$$L_E(C_2E_4) = L_E(C_2C_3) + L_E(C_3C_4) + L_E(C_4D_4) + L_E(D_4E_4)$$

$$L_E(C_2E_4) = 3,6 + 3,6 + 1,2 + 1,2 = 9,6 \text{ m}$$

Por lo tanto, la nueva pérdida de carga repartida para el resto de los tramos de la arteria principal,  $C_2E_4$ , es la siguiente:

$$\Delta P/L_E(C_2E_4) = \frac{161,2 \text{ mm cda}}{L_E(C_2E_4)} = \frac{161,2 \text{ mm cda}}{9,6} = 16,8 \text{ mm cda/m}$$

■ Cálculo del diámetro comercial del tubo a instalar en el tramo  $C_2E_2$

Para el cálculo del diámetro del tramo  $C_2E_2$ , utilizaremos la tabla correspondiente a gas natural, es decir, la Tabla II. La pérdida de carga por unidad de longitud es 16,8 mm cda/m, y de la Tabla II tomaremos 16,00 mm cda/m por defecto, y el caudal  $Q_{C2E2} = 6,4 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  por exceso del calculado  $2,67 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$ .

**TABLA II**

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)					
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42
	Tubo de acero(pulgadas(in) ("))					
1/2			3/4	1	1 1/4	1 1/2
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
14,00	5,9	10,3	16,3	33,6	61,0	86,1
16,00	6,4	11,1	17,5	36,2	61,0	86,1
18,00	6,8	11,8	18,7	37,3	61,0	86,1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Por tanto, para el tramo  $C_2C_3$  el tubo de cobre a instalar será de diámetro 13/15.

■ Cálculo del diámetro comercial del tubo a instalar en el tramo  $C_2C_3$

Para el cálculo del diámetro del tramo  $C_2C_3$ , utilizaremos la tabla correspondiente a gas natural, es decir, la Tabla II. La pérdida de carga por unidad de longitud es 16,8 mm cda/m, y de la Tabla II tomaremos 16,00 mm cda/m por defecto, y el caudal  $Q_{C2C3} = 11,1 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  por exceso del calculado  $7,70 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$ .

**TABLA II**

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)					
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42
	Tubo de acero (pulgadas(in) ("))					
1/2			3/4	1	1 1/4	1 1/2
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
14,00	5,9	10,3	16,3	33,6	61,0	86,1
16,00	6,4	11,1	17,5	36,2	61,0	86,1
18,00	6,8	11,8	18,7	37,3	61,0	86,1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Por tanto, para el tramo  $C_2C_3$  el tubo de cobre a instalar será de diámetro 16/18.

El diámetro seleccionado para la pérdida de carga anteriormente fijada, permite el paso de un caudal superior ( $11,1 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$ ) al caudal de diseño, por lo que la pérdida de carga será menor. Por tanto para un caudal de  $7,70 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  y un tubo de 16/18 la máxima pérdida de carga real por unidad de longitud la hallaremos ascendiendo por la columna correspondiente al tubo seleccionado hasta coincidir con un caudal igual o inmediatamente superior al caudal máximo probable, en este caso  $7,80 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  por exceso. En nuestro caso la perdida de carga real repartida será de  $8,50 \text{ mm cda/m}$ .

TABLA II

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)					
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42
	1/2		3/4	1	1 1/4	1 1/2
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
8,00	4,4	7,6	12,0	24,7	47,5	74,9
8,50	4,5	7,8	12,4	25,6	49,1	77,5
10,00	4,9	8,6	13,5	27,9	53,7	84,7
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
14,00	5,9	10,3	16,3	33,6	61,0	86,1
16,00	6,4	11,1	17,5	36,2	61,0	86,1
18,00	6,8	11,8	18,7	37,3	61,0	86,1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

La pérdida de carga real en el tramo  $C_2C_3$  será la pérdida de carga repartida real multiplicada por la longitud equivalente del tramo  $C_2C_3$ :

$$\Delta P_{C_2C_3} = 8,5 \text{ mm cda/m} \times 3,6 \text{ m} = 30,6 \text{ mm cda}$$

Por lo tanto, para el cálculo del resto de tramos de la arteria principal disponemos de una pérdida de carga total de:

$$\Delta P_{PC3E4} = 161,2 - 30,6 = 130,6 \text{ mm cda}$$

Para determinar la pérdida de carga repartida para el resto de los tramos de la arteria principal,  $C_3E_4$ , necesitamos su longitud equivalente:

$$L_E(C_3E_4) = L_E(C_3C_4) + L_E(C_4D_4) + L_E(D_4E_4)$$

$$L_E(C_3E_4) = 3,6 + 1,2 + 1,2 = 6 \text{ m}$$

Por lo tanto, la nueva pérdida de carga repartida para el resto de los tramos de la arteria principal,  $C_3E_4$ , es la siguiente:

$$\Delta P/L_E(C_3E_4) = \frac{130,6 \text{ mm cda}}{L_E(C_3E_4)} = \frac{130,6 \text{ mm cda}}{6,0} = 21,76 \text{ mm cda/m}$$

- Cálculo del diámetro comercial del tubo a instalar en el tramo  $C_3E_3$

Para el cálculo del diámetro del tramo  $C_3E_3$ , utilizaremos la tabla correspondiente a gas natural, es decir, la Tabla II. La pérdida de carga por unidad de longitud es 21,76 mm cda/m, y de la Tabla II tomaremos 20,00 mm cda/m por defecto, y el caudal  $Q_{C3E3} = 7,2 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  por exceso del calculado 2,67  $\text{m}^3(\text{n})/\text{h}$ .

TABLA II

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)					
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42
	Tubo de acero(pulgadas(in) ("))					
1/2			3/4	1	1 1/4	1 1/2
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
18,00	6,8	11,8	18,7	37,3	61,0	86,1
20,00	7,2	12,5	19,8	37,3	61,0	86,1
22,00	7,6	13,2	20,8	37,3	61,0	86,1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Por tanto, para el tramo  $C_3E_3$  el tubo de cobre a instalar será de diámetro 13/15.

■ Cálculo del diámetro comercial del tubo a instalar en el tramo  $C_3C_4$

Para el cálculo del diámetro del tramo  $C_3C_4$ , utilizaremos la tabla correspondiente a gas natural, es decir, la Tabla II. La pérdida de carga por unidad de longitud es 21,76 mm cda/m, y de la Tabla II tomaremos 20,00 mm cda/m por defecto, y el caudal  $Q_{C3C4} = 7,2 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  por exceso del calculado 4,70  $\text{m}^3(\text{n})/\text{h}$ .

TABLA II

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)					
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42
	Tubo de acero (pulgadas(in) ("))					
1/2			3/4	1	1 1/4	1 1/2
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
18,00	6,8	11,8	18,7	37,3	61,0	86,1
20,00	7,2	12,5	19,8	37,3	61,0	86,1
22,00	7,6	13,2	20,8	37,3	61,0	86,1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Por tanto, para el tramo  $C_3C_4$  el tubo de cobre a instalar será de diámetro 13/15.

El diámetro seleccionado para la pérdida de carga anteriormente fijada, permite el paso de un caudal superior ( $7,2 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$ ) al caudal de diseño, por lo que la pérdida de carga será menor. Por tanto para un caudal de  $4,70 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  y un tubo de 13/15 la máxima pérdida de carga real por unidad de longitud la hallaremos ascendiendo por la columna correspondiente al tubo seleccionado hasta coincidir con un caudal igual o inmediatamente superior al caudal máximo probable, en este caso  $4,90 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  por exceso. En nuestro caso la perdida de carga real repartida será de 10,0 mm cda/m.

TABLA II

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)					
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42
	1/2		3/4	1	1 1/4	1 1/2
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
8,50	4,5	7,8	12,4	25,6	49,1	77,5
10,00	4,9	8,6	13,5	27,9	53,7	84,7
12,00	5,5	9,5	14,9	30,9	59,4	86,1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
18,00	6,8	11,8	18,7	37,3	61,0	86,1
20,00	7,2	12,5	19,8	37,3	61,0	86,1
22,00	7,6	13,2	20,8	37,3	61,0	86,1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

La pérdida de carga real en el tramo  $C_3C_4$  será la pérdida de carga repartida real multiplicada por la longitud equivalente del tramo  $C_3C_4$ :

$$\Delta P_{C_3C_4} = 10 \text{ mm cda/m} \times 3,6 \text{ m} = 36,0 \text{ mm cda}$$

Por lo tanto, para el cálculo del resto de tramos de la arteria principal disponemos de una pérdida de carga total de:

$$\Delta P_{PC_4E_4} = 130,6 - 36,0 = 94,6 \text{ mm cda}$$

Para determinar la pérdida de carga repartida para el resto de los tramos de la arteria principal,  $C_4E_4$ , necesitamos su longitud equivalente:

$$L_E(C_4E_4) = L_E(C_4D_4) + L_E(D_4E_4)$$

$$L_E(C_4E_4) = 1,2 + 1,2 = 2,4 \text{ m}$$

Por lo tanto, la nueva pérdida de carga repartida para el resto de los tramos de la arteria principal,  $C_4E_4$ , es la siguiente:

$$\Delta P/L_E(C_4E_4) = \frac{94,6 \text{ mm cda}}{L_E(C_4E_4)} = \frac{94,6 \text{ mm cda}}{2,4} = 39,4 \text{ mm cda/m}$$

- Cálculo del diámetro comercial del tubo a instalar en el tramo  $C_4E_4$

Para el cálculo del diámetro del tramo  $C_4E_4$ , utilizaremos la tabla correspondiente a gas natural, es decir, la Tabla II. La pérdida de carga por unidad de longitud es 39,4 mm cda/m, y de la Tabla II tomaremos 35,00 mm cda/m por defecto, y el caudal  $Q_{C_4E_4} = 9,8 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  por exceso del calculado 2,67  $\text{m}^3(\text{n})/\text{h}$ .

TABLA II

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)					
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42
	Tubo de acero (pulgadas(in) (") )					
	1/2		3/4	1	1 1/4	1 1/2
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
30,00	9,0	15,3	21,5	37,3	61,0	86,1
35,00	9,8	15,3	21,5	37,3	61,0	86,1
40,00	10,1	15,3	21,5	37,3	61,0	86,1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Por tanto, para el tramo  $C_4E_4$  el tubo de cobre a instalar será de diámetro 13/15.

#### 11. Determinación del regulador de abonado y del contador .

Al tener un caudal de diseño la instalación individual de  $2,67 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$ , el contador será un G-4 ( $Q_{\text{máx}} = 6 \text{ m}^3/\text{h}$ ), y tendremos que instalar un regulador de abonado de caudal máximo  $6 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  de gas natural para acoplar directamente a la entrada del contador.

#### 12. Determinación del diámetro de los tramos $E'_iH_i, I_i, J_i$ : 20 mbar

Todas las instalaciones individuales a partir del regulador de abonado serán iguales, ya que tanto la presión de partida ( $P_{S_{\text{reg}}} = 18 \text{ mbar}$ ) como la mínima en llaves de conexión de aparato ( $P_{\text{mín ap}} = 17 \text{ mbar}$ ) y la pérdida de carga del contador ( $\Delta P_{\text{cont.}} = 0,5 \text{ mbar}$ ) son iguales para todas las instalaciones, por lo que calcularemos una genérica.

Los tramos desde  $E'_i$  hasta las llaves de conexión de aparato ( $H_i, I_i$  y  $J_i$ ) son tramos con MOP de 20 bar por lo que podremos utilizar para la determinación de los diferentes tramos la Tabla II.

- Pérdida de carga por unidad de longitud en el tramo más desfavorable de la instalación (arteria principal)

La arteria principal será el tramo  $E'_iH_i$ , es decir, desde la salida del contador hasta la llave de conexión de aparato del horno independiente, por ser el de mayor longitud.

La longitud equivalente de la arteria principal será la comprendida entre el punto  $E'_i$  y el  $H_i$ :

$$L_E(E'_iH_i) = L_E(E'_iF_i) + L_E(F_iG_i) + L_E(G_iH_i)$$

$$L_E(E'_iH_i) = 2,4 + 1,2 + 1,2 = 4,8 \text{ m}$$

La pérdida de carga admisible para este tramo es de 5 mm cda (0,5 mbar) y, por lo tanto, la pérdida de carga por unidad de longitud en el tramo más desfavorable es:

$$\Delta P/L_E(E'_iH_i) = \frac{5 \text{ mm cda}}{L_E(E'_iH_i)} = \frac{5 \text{ mm cda}}{4,8} = 1,04 \text{ mm cda/m}$$

- Cálculo del diámetro comercial de los tubos a instalar en los tramos  $E'_iH_i, I_i, J_i$

Como los tramos a partir del contador son muy cortos y de poco caudal, realizaremos el cálculo sin recuperar la pérdida de carga no consumida por utilizar un diámetro comercial superior al de cálculo.

Para el cálculo de los diámetros utilizaremos la Tabla II del Anexo. Tomaremos la pérdida de carga por metro por defecto y el caudal por exceso. De esta forma, de la tabla seleccionamos la  $\Delta P/L_E = 1,0$  mm cda/m (por defecto del valor calculado 1,04 mm cda/m):

TABLA II

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)					
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42
	Tubo de acero(pulgadas(in) ("))					
	1/2		3/4	1	1 1/4	1 1/2
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0,95	1,4	2,4	3,7	7,7	14,7	23,2
1,00	1,4	2,4	3,8	7,9	15,2	23,9
1,50	1,7	3,0	4,8	9,9	18,9	29,9
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Tramo E'F<sub>i</sub>;  $Q_{E'F_i} = 2,67 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$

TABLA II

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)					
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42
	Tubo de acero (pulgadas(in) ("))					
	1/2		3/4	1	1 1/4	1 1/2
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0,95	1,4	2,4	3,7	7,7	14,7	23,2
1,00	1,4	2,4	3,8	7,9	15,2	23,9
1,50	1,7	3,0	4,8	9,9	18,9	29,9
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Tomamos  $Q_{E'F_i} = 3,8 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  (por exceso del necesario 2,67  $\text{m}^3(\text{n})/\text{h}$ ). Por lo tanto el tubo de cobre a instalar será de diámetro 20/22.

Tramo F<sub>i</sub>G<sub>i</sub>;  $Q_{F_iG_i} = 0,91 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$

TABLA II

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)					
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42
	Tubo de acero (pulgadas(in) ("))					
1/2			3/4	1	1 1/4	1 1/2
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0,95	1,4	2,4	3,7	7,7	14,7	23,2
1,00	1,4	2,4	3,8	7,9	15,2	23,9
1,50	1,7	3,0	4,8	9,9	18,9	29,9
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Tomamos  $Q_{F_{iG_i}} = 1,0 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  (por exceso del necesario  $0,91 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$ ). Por lo tanto el tubo de cobre a instalar será de diámetro 13/15.

**Tramo G<sub>i</sub>H<sub>i</sub>:**  $Q_{G_{iH_i}} = 0,33 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$

TABLA II

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)					
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42
	Tubo de acero (pulgadas(in) ("))					
1/2			3/4	1	1 1/4	1 1/2
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0,95	1,4	2,4	3,7	7,7	14,7	23,2
1,00	1,4	2,4	3,8	7,9	15,2	23,9
1,50	1,7	3,0	4,8	9,9	18,9	29,9
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Tomamos  $Q_{G_{iH_i}} = 1,4 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  (por exceso del necesario  $0,33 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$ ). Por lo tanto el tubo de cobre a instalar será de diámetro 13/15.

**Tramo G<sub>i</sub>I<sub>i</sub>:**  $Q_{G_{iI_i}} = 0,58 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$

TABLA II

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)					
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42
	Tubo de acero (pulgadas(in) ("))					
1/2			3/4	1	1 1/4	1 1/2
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0,95	1,4	2,4	3,7	7,7	14,7	23,2
1,00	1,4	2,4	3,8	7,9	15,2	23,9
1,50	1,7	3,0	4,8	9,9	18,9	29,9
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Tomamos  $Q_{G_{ij}} = 1,4 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  (por exceso del caudal necesario  $0,58 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$ ). Por lo tanto el tubo de cobre a instalar será de Ø 13/15.

**Tramo F<sub>i</sub>J<sub>i</sub>:**  $Q_{F_{ij}} = 1,92 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$

**TABLA II**

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)					
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42
	1/2		3/4	1	1 1/4	1 1/2
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
0,95	1,4	2,4	3,7	7,7	14,7	23,2
1,00	1,4	2,4	3,8	7,9	15,2	23,9
1,50	1,7	3,0	4,8	9,9	18,9	29,9
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

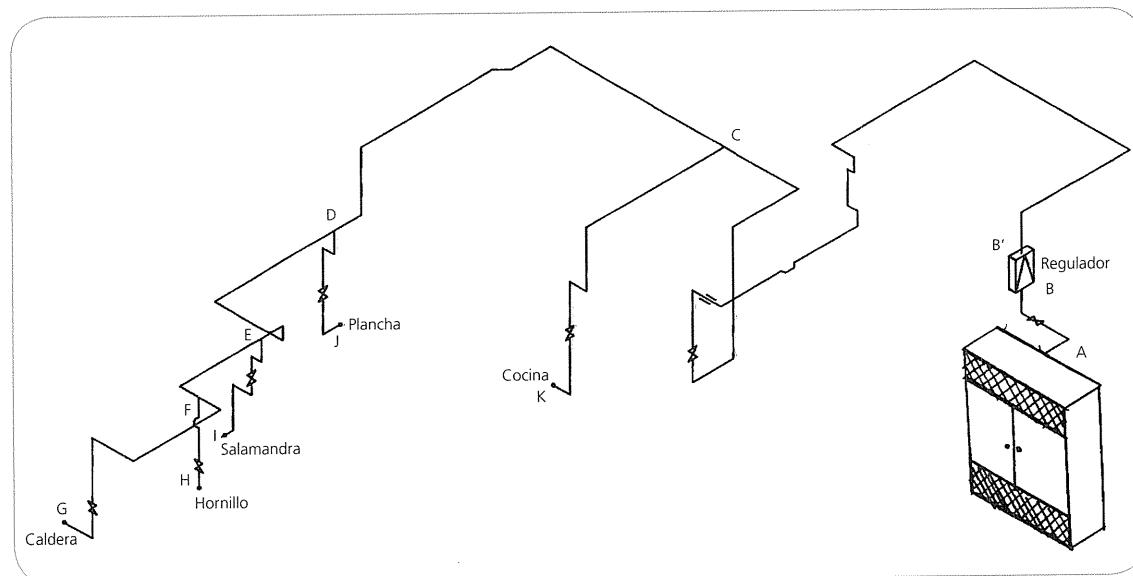
Tomamos  $Q_{F_{ij}} = 2,4 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$  (por exceso del necesario  $1,92 \text{ m}^3(\text{n})/\text{h}$ ). Por lo tanto el tubo de cobre a instalar será de diámetro 16/18.

**Cuadro resumen de la instalación receptora**

Tipo de Instalación	Tramo	$L_R$ (m)	$Q$ ( $\text{m}^3(\text{n})/\text{h}$ )	D comercial
Instalación común	A-B	1	11,96	PE 20x3
	B-B'		Armario de regulación	
	B'-C1	4	11,96	Cu 20/22
	C1-C2	3	10,10	Cu 16/18
	C2-C3	3	7,70	Cu 16/18
	C3-C4	3	4,70	Cu 13/15
	Ci-Di	1	2,67	Cu 13/15
Instalaciones individuales	Di-Ei	2	2,67	Cu 13/15
	Ei-E'i		Reg. Abon. - Contador	
	E'i-Fi	2	2,67	Cu 20/22
	Fi-Gi	1	0,91	Cu 13/15
	Gi-Hi	1	0,33	Cu 13/15
	Gi-ii	0,5	0,58	Cu 13/15
	Fi-Ji	0,5	1,92	Cu 16/18

### 17.14.2.3. Ejemplo IRC-3: Instalación receptora en local comercial suministrada con gas propano desde una batería de depósitos móviles de 35 kg contenido unitario

El esquema de la figura representa una nueva instalación receptora que da servicio a un restaurante.



Esta instalación está alimentada mediante una batería de depósitos móviles de propano (botellas) de 35 kg de contenido unitario

La instalación será de cobre y alimentará a 5 aparatos a gas: una cocina, una plancha, una salamandra, un hornillo, y una caldera.

Las potencias de los aparatos y las horas previstas de utilización diaria de los mismos se indican a continuación:

- Cocina: = 78,7 kW (4 h/día)
- Plancha: = 13,6 kW (2 h/día)
- Salamandra: = 6,1 kW (1 h/día)
- Hornillo: = 2,1 kW (3 h/día)
- Caldera: = 36,4 kW (2 h/día)

Las longitudes de los diferentes tramos de la instalación se indican en la siguiente tabla:

Tramo	A-B	B-B'	B'-C	C-D	D-E	E-F	F-G
$L_R$ (m)	2	Regulador	20	8	1,5	1	2,5
Tramo	F-H	E-I	D-J	C-K			
$L_R$ (m)	1	1,5	1	3			

En la instalación se dispone de un regulador con entrada con MOP de 2 bar y presión de salida regulada a 37 mbar  $\pm 10\%$  situado en cerca de la salida de la batería de botellas.

Las características del gas distribuido que facilita la Empresa Distribuidora, así como las características de funcionamiento de las botellas, son:

- Denominación: Gas propano (3<sup>a</sup> familia)
- PCS: 13,8 kWh/kg (11.900 kcal/kg)

- Densidad de cálculo:  $d_s = 1,16$
- Gas seco.
- Presión a la salida de la batería:  $P_g = 1,85$  bar
- Vaporización de las botellas:  $V_{ap} = 1,2$  kg/h/botella

### 1. Pérdida de carga admitida

La determinación de la pérdida de carga de la instalación se realizará por tramos de igual presión.

En nuestro caso tendremos tres bloques:

a) Tramo A-B: 1,85 bar

Partimos de la presión de salida de la batería de botellas, 1,85 bar, y supondremos que al final del tramo perdemos del orden de un 25 % de la presión inicial, valores de cálculo normales para este tipo de instalaciones, quedando por lo tanto:

- $P_A = 1,85$  bar
- $P_B = 75\% P_A = 1,35$  bar
- $\Delta P_{AB} = P_A - P_B = 0,5$  bar

a) Tramos B'-G, H, I, J, K: 37 mbar

Partimos de la presión de salida más desfavorable del regulador de abonado, 34 mbar (37 mbar – 10%) La presión mínima admisible en la llave de conexión de aparato para gas propano está fijada en 25 mbar, por lo que la pérdida de carga admisible en la instalación a partir del punto B' hasta los puntos G, H, I, J, K será:

$$\Delta P_{B'-G, H, I, J, K} = P_{S_{reg}} - P_{mín\ ap.} = 34 - 25 = 9 \text{ mbar (90 mm cda)}$$

### 2. Consumo de cada aparato

A partir de las potencias consumidas por los aparatos que nos facilitan, podemos calcular el consumo de los aparatos instalados

▪ Cocina:

$$Q_{cocina} = \frac{1,10 \times 78,7}{4,9} = 6,27 \text{ kg/h}$$

▪ Plancha:

$$Q_{plancha} = \frac{1,10 \times 13,6}{13,8} = 1,08 \text{ kg/h}$$

▪ Salamandra:

$$Q_{salamandra} = \frac{1,10 \times 6,1}{13,8} = 0,49 \text{ kg/h}$$

▪ Hornillo:

$$Q_{hornillo} = \frac{1,10 \times 2,1}{13,8} = 0,17 \text{ kg/h}$$

▪ Caldera:

$$Q_{caldera} = \frac{1,10 \times 36,4}{13,8} = 2,90 \text{ kg/h}$$

### 3. Potencia de diseño de las instalaciones individuales

La potencia de diseño de una instalación individual de uso colectivo, comercial o industrial es la suma de potencias de todos los aparatos de consumo multiplicado por 1,10 porque las potencias están referidas al PCI.

$$P_{ii} = (78,7 + 13,6 + 6,1 + 2,1 + 36,4) \times 1,10 = 150,6 \text{ kW}$$

Como  $P_{ii}$  es superior a 70 kW, esta instalación necesita proyecto técnico para su diseño y construcción.

### 4. Caudal de diseño o de simultaneidad de la instalación

En este caso, el caudal máximo probable o de simultaneidad de la instalación será la suma de los caudales de todos los aparatos:

$$Q_{si} = Q_{cocina} + Q_{plancha} + Q_{salamandra} + Q_{hornillo} + Q_{caldera}$$

$$Q_{si} = 6,27 + 1,08 + 0,49 + 0,17 + 2,90 = 10,91 \text{ kg/h}$$

### 5. Consumo diario de gas de la instalación

Es preciso conocer el consumo diario de gas para poder determinar la autonomía de la batería de botellas. El consumo diario de gas será la suma del caudal de cada aparato multiplicado por su tiempo de funcionamiento diario:

$$Q_{dia} = (Q_i \times t_i) (\text{kg/h} \times \text{h/día} = \text{kg/día})$$

$$Q_{dia} = 6,27 \times 4 + 1,08 \times 2 + 0,49 \times 1 + 0,17 \times 3 + 2,90 \times 2 = 34,04 \text{ kg/día}$$

### 6. Determinación del numero de botellas de la batería y su autonomía

La batería de botellas debe ser capaz de asegurar el caudal de diseño de la instalación, por lo que el número de botellas necesario en descarga simultánea vendrá dado al dividir el caudal de diseño de la instalación entre la vaporización de una botella, mayorando al siguiente número entero:

$$Nº \text{ bot} = Q_{si} / Vap = 10,91 \text{ kg/h} / 1,2 \text{ kg/h/bot} = 9,09 \text{ bot} \rightarrow \mathbf{10 + 10}$$

Por lo tanto la batería deberá tener 10 botellas en descarga simultánea y otras 10 en reserva.

La autonomía de la batería, en días, contando tanto las botellas en servicio como en reserva, resultará de dividir la cantidad total de gas (servicio más reserva) entre el consumo diario:

$$A = P_t(s+r) / Q_{dia} = (10+10) \text{ bot} \times 35 \text{ kg/bot} / 34,04 \text{ kg/día} = 20,56 \text{ días.}$$

Por lo tanto, las 10 botellas conectadas en descarga simultánea tendrán la mitad de autonomía, es decir, 10,28 días.

### 7. Cuadro resumen de caudales y longitudes de los tramos de la instalación

La distribución de caudales de la instalación será la siguiente:

- $Q_{AB} = Q_{si} = 10,91 \text{ kg/h}$
- $Q_{B'C} = Q_{si} = 10,91 \text{ kg/h}$
- $Q_{CD} = Q_{plancha} + Q_{salamandra} + Q_{hornillo} + Q_{caldera} = 4,64 \text{ kg/h}$
- $Q_{DE} = Q_{salamandra} + Q_{hornillo} + Q_{caldera} = 3,56 \text{ kg/h}$
- $Q_{EF} = Q_{hornillo} + Q_{caldera} = 3,07 \text{ kg/h}$
- $Q_{FG} = Q_{caldera} = 2,90 \text{ kg/h}$
- $Q_{FH} = Q_{hornillo} = 0,17 \text{ kg/h}$

- $Q_{EI} = Q_{\text{salamandra}} = 0,49 \text{ kg/h}$
- $Q_{DJ} = Q_{\text{plancha}} = 1,08 \text{ kg/h}$
- $Q_{CK} = Q_{\text{cocina}} = 6,27 \text{ kg/h}$

Por lo tanto, la distribución de caudales y longitudes, real y equivalente, será la siguiente:

Tramo	A-B	B-B'	B'-C	C-D	D-E	E-F	F-G
Q kg/h	10,91	Regulador	10,91	4,64	3,56	3,07	2,90
$L_R \text{ (m)}$	2		20	8	1,5	1	2,5
$L_E = 1,2 \times L_R \text{ (m)}$	2,4		24	9,6	1,8	1,2	3
Tramo	F-H	E-I	D-J	C-K			
Q kg/h	0,17	0,49	1,08	6,27			
$L_R \text{ (m)}$	1	1,5	1	3			
$L_E = 1,2 \times L_R \text{ (m)}$	1,2	1,8	1,2	3,6			

#### 8. Determinación del diámetro del tramo AB: 2 bar

El tramo AB, tramo inicial de la instalación, está alimentado desde una batería de depósitos de propano con MOP de 2 bar y una presión de salida de la batería de 1,85 bar.

Las presiones en A y B son 1,85 bar y 1,35 bar, respectivamente, por lo que podemos determinar el diámetro de este tramo utilizando la Tabla VIII del Anexo:

Para el cálculo del diámetro del tramo A-B, utilizaremos la tabla correspondiente a gas propano con presiones en A y B de 1,85 bar y 1,35 bar, respectivamente, es decir, la Tabla VIII. La longitud equivalente del tramo AB es 2,4 m, y de la Tabla VIII tomaremos 4,00 m por exceso, y el caudal  $Q_{AB} = 16,817 \text{ kg/h}$  por exceso del calculado 10,91 kg/h.

**TABLA VIII**

$L_E \text{ (m)}$	Tubo de cobre (mm)							
	4/6	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28
			Tubo de hierro (pulgadas (in) ("))					
				3/8	1/2		3/4	1
2,0	4,204	9,460	16,817	26,277	44,408	67,268	94,859	164,229
4,0	4,204	9,460	16,817	26,277	44,408	67,268	94,859	164,229
6,0	4,204	9,460	16,817	26,277	44,408	67,268	94,859	164,229
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Por tanto, para el tramo A-B el tubo de cobre a instalar será de diámetro 8/10. Debido a que el diámetro mínimo normalmente utilizado para trazado exterior es el 10/12, se utilizará este diámetro.

## 9. Determinación del diámetro de los tramos B'-G, H, I, J, K: 37 mbar

Los tramos B'-G, H, I, J, K son tramos con presión de utilización de 37 mbar por lo que podemos utilizar para la determinación de los diferentes tramos la Tabla IV.

- Pérdida de carga por unidad de longitud en el tramo más desfavorable de la instalación (arteria principal)

La arteria principal será el tramo B'-G, es decir, desde la salida del regulador hasta la llave de conexión de aparato de la caldera, por ser el de mayor longitud.

La longitud equivalente de la arteria principal será la comprendida entre el punto B' y el G:

$$L_E(B'G) = L_E(B'C) + L_E(CD) + L_E(DE) + L_E(EF) + L_E(FG)$$

$$L_E(B'G) = 24 + 9,6 + 1,8 + 1,2 + 3 = 39,6 \text{ m}$$

La pérdida de carga admisible para este tramo es de 90 mm cda (9 mbar) y, por lo tanto, la pérdida de carga por unidad de longitud en el tramo más desfavorable es:

$$\Delta P/L_E(B'G) = \frac{90 \text{ mm cda}}{L_E(B'G)} = \frac{90 \text{ mm cda}}{39,6} = 2,27 \text{ mm cda/m}$$

- Cálculo del diámetro comercial del tubo a instalar en el tramo B'-C

Para el cálculo del diámetro del tramo B'-C, utilizaremos la tabla correspondiente a gas propano, es decir, la Tabla IV. La pérdida de carga por unidad de longitud es 2,27 mm cda/m, y de la Tabla IV tomaremos 2,20 mm cda/m por defecto, y el caudal  $Q_{B'C} = 14,93 \text{ kg/h}$  por exceso del calculado 10,91 kg/h.

TABLA IV

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)							
	4/6	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))							
	-----	-----	-----	3/8	1/2	-----	3/4	1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2,10	0,11	0,33	0,71	1,28	2,57	4,46	7,03	14,55
2,20	0,11	0,34	0,73	1,31	2,64	4,57	7,21	14,93
2,30	0,11	0,34	0,74	1,35	2,70	4,69	7,39	15,29
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Por tanto, para el tramo B'-C el tubo de cobre a instalar será de diámetro 26/28.

El diámetro seleccionado para la pérdida de carga anteriormente fijada, permite el paso de un caudal superior (17,70 kg/h) al caudal de diseño, por lo que la pérdida de carga será menor. Por tanto para un caudal de 10,91 kg/h y un tubo de 26/28 la máxima pérdida de carga real por unidad de longitud la hallaremos ascendiendo por la columna correspondiente al tubo seleccionado hasta coincidir con un caudal igual o inmediatamente superior al caudal máximo probable, en este caso 11,18 kg/h por exceso. En nuestro caso la perdida de carga real repartida será de 1,30 mm cda/m.

TABLA IV

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)							
	4/6	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))							
-----	-----	-----	-----	3/8	1/2	-----	3/4	1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
1,20	0,08	0,24	0,52	0,94	1,89	3,28	5,17	10,70
1,30	0,08	0,25	0,54	0,98	1,97	3,42	5,40	11,18
1,40	0,09	0,26	0,57	1,02	2,06	3,57	5,63	11,64
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2,10	0,11	0,33	0,71	1,28	2,57	4,46	7,03	14,55
2,20	0,11	0,34	0,73	1,31	2,64	4,57	7,21	14,93
2,30	0,11	0,34	0,74	1,35	2,70	4,69	7,39	15,29
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

La pérdida de carga real en el tramo B'-C será la pérdida de carga repartida real multiplicada por la longitud equivalente del tramo B'C:

$$\Delta P_{B'C} = 1,3 \text{ mm cda/m} \times 24 \text{ m} = 31,2 \text{ mm cda}$$

Por lo tanto, para el cálculo del resto de tramos de la arteria principal disponemos de una pérdida de carga total de:

$$\Delta P_{CG} = 90 - 31,2 = 58,8 \text{ mm cda}$$

Para determinar la pérdida de carga repartida para el resto de los tramos de la arteria principal, C-G, necesitamos su longitud equivalente:

$$L_E(CG) = L_E(CD) + L_E(DE) + L_E(EF) + L_E(FG)$$

$$L_E(CG) = 9,6 + 1,8 + 1,2 + 3 = 15,6 \text{ m}$$

Por lo tanto, la nueva pérdida de carga repartida para el resto de los tramos de la arteria principal, C-G, es la siguiente:

$$\Delta P/L_E(CG) = \frac{58,8 \text{ mm cda}}{L_E(CG)} = \frac{58,8 \text{ mm cda}}{15,6} = 3,77 \text{ mm cda/m}$$

■ Cálculo del diámetro comercial del tubo a instalar en el tramo C-D

Para el cálculo del diámetro del tramo C-D, utilizaremos la tabla correspondiente a gas propano, es decir, la Tabla IV. La pérdida de carga por unidad de longitud es 3,77 mm cda/m, y de la Tabla IV tomaremos 5,50 mm cda/m por defecto, y el caudal  $Q_{CD} = 6,00 \text{ kg/h}$  por exceso del calculado 4,64 kg/h.

TABLA IV

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)							
	4/6	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))							
-----	-----	-----	-----	3/8	1/2	-----	3/4	1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
3,40	0,14	0,43	0,92	1,67	3,35	5,81	9,16	18,96
3,60	0,15	0,44	0,95	1,72	3,46	6,00	9,46	19,57
3,80	0,15	0,46	0,98	1,78	3,56	6,18	9,74	20,16
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Por tanto, para el tramo C-D el tubo de cobre a instalar será de diámetro 16/18.

El diámetro seleccionado para la pérdida de carga anteriormente fijada, permite el paso de un caudal superior (6,00 kg/h) al caudal de diseño, por lo que la pérdida de carga será menor. Por tanto para un caudal de 4,64 kg/h y un tubo de 16/18 la máxima pérdida de carga real por unidad de longitud la hallaremos ascendiendo por la columna correspondiente al tubo seleccionado hasta coincidir con un caudal igual o inmediatamente superior al caudal máximo probable, en este caso 4,69 kg/h por exceso. En nuestro caso la perdida de carga real repartida será de 2,30 mm cda/m.

TABLA IV

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)							
	4/6	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28
	-----	-----	-----	3/8	1/2	-----	3/4	1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2,20	0,11	0,34	0,73	1,31	2,64	4,57	7,21	14,93
2,30	0,11	0,34	0,74	1,35	2,70	4,69	7,39	15,29
2,40	0,12	0,35	0,76	1,38	2,77	4,80	7,57	15,66
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
3,40	0,14	0,43	0,92	1,67	3,35	5,81	9,16	18,96
3,60	0,15	0,44	0,95	1,72	3,46	6,00	9,46	19,57
3,80	0,15	0,46	0,98	1,78	3,56	6,18	9,74	20,16
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

La pérdida de carga real en el tramo C-D será la pérdida de carga repartida real multiplicada por la longitud equivalente del tramo C-D:

$$\Delta P_{CD} = 2,3 \text{ mm cda/m} \times 9,6 \text{ m} = 22,1 \text{ mm cda}$$

Por lo tanto, para el cálculo del resto de tramos de la arteria principal disponemos de una pérdida de carga total de:

$$\Delta P_{DG} = 58,8 - 22,1 = 36,7 \text{ mm cda}$$

Para determinar la pérdida de carga repartida para el resto de los tramos de la arteria principal, D-G, necesitamos su longitud equivalente:

$$L_E(DG) = L_E(DE) + L_E(EF) + L_E(FG)$$

$$L_E(DG) = 1,8 + 1,2 + 3 = 6 \text{ m}$$

Por lo tanto, la nueva pérdida de carga repartida para el resto de los tramos de la arteria principal, D-G, es la siguiente:

$$\Delta P/L_E(DG) = \frac{36,7 \text{ mm cda}}{L_E(DG)} = \frac{36,7 \text{ mm cda}}{6} = 6,12 \text{ mm cda/m}$$

■ Cálculo del diámetro comercial del tubo a instalar en el tramo D-E

Para el cálculo del diámetro del tramo D-E, utilizaremos la tabla correspondiente a gas propano, es decir, la Tabla IV. La pérdida de carga por unidad de longitud es 6,12 mm cda/m, y de la Tabla IV tomaremos 10,00 mm cda/m por defecto, y el caudal  $Q_{DE} = 4,58 \text{ kg/h}$  por exceso del calculado 3,56 kg/h

**TABLA IV**

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)							
	4/6	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))							
-----	-----	-----	3/8	1/2	-----	-----	3/4	1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5,50	0,19	0,56	1,20	2,18	4,37	7,57	11,94	24,70
6,00	0,20	0,59	1,26	2,28	4,58	7,94	12,52	25,91
6,50	0,21	0,61	1,32	2,39	4,79	8,30	13,09	27,07
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Por tanto, para el tramo D-E el tubo de cobre a instalar será de diámetro 13/15.

El diámetro seleccionado para la pérdida de carga anteriormente fijada, permite el paso de un caudal superior (4,58 kg/h) al caudal de diseño, por lo que la pérdida de carga será menor. Por tanto para un caudal de 3,56 kg/h y un tubo de 13/15 la máxima pérdida de carga real por unidad de longitud la hallaremos ascendiendo por la columna correspondiente al tubo seleccionado hasta coincidir con un caudal igual o inmediatamente superior al caudal máximo probable, en este caso 3,56 kg/h. En nuestro caso la perdida de carga real repartida será de 3,80 mm cda/m.

TABLA IV

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)							
	4/6	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))							
-----	-----	-----	-----	3/8	1/2	-----	3/4	1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
3,60	0,15	0,44	0,95	1,72	3,46	6,00	9,46	19,57
3,80	0,15	0,46	0,98	1,78	3,56	6,18	9,74	20,16
4,00	0,16	0,47	1,01	1,83	3,66	6,35	10,02	20,73
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5,50	0,19	0,56	1,20	2,18	4,37	7,57	11,94	24,70
6,00	0,20	0,59	1,26	2,28	4,58	7,94	12,52	25,91
6,50	0,21	0,61	1,32	2,39	4,79	8,30	13,09	27,07
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

La pérdida de carga real en el tramo D-E será la pérdida de carga repartida real multiplicada por la longitud equivalente del tramo C-D:

$$\Delta P_{D-E} = 3,8 \text{ mm cda/m} \times 1,8 \text{ m} = 6,8 \text{ mm cda}$$

Por lo tanto, para el cálculo del resto de tramos de la arteria principal disponemos de una pérdida de carga total de:

$$\Delta P_{EG} = 36,7 - 6,8 = 29,9 \text{ mm cda}$$

Para determinar la pérdida de carga repartida para el resto de los tramos de la arteria principal, E-G, necesitamos su longitud equivalente:

$$L_E(EG) = L_E(EF) + L_E(FG)$$

$$L_E(EG) = 1,2 + 3 = 4,2 \text{ m}$$

Por lo tanto, la nueva pérdida de carga repartida para el resto de los tramos de la arteria principal, E-G, es la siguiente:

$$\Delta P/L_E(EG) = \frac{29,9 \text{ mm cda}}{L_E(EG)} = \frac{29,9 \text{ mm cda}}{4,2} = 7,12 \text{ mm cda/m}$$

#### ■ Cálculo del diámetro comercial del tubo a instalar en el tramo E-F

Para el cálculo del diámetro del tramo E-F, utilizaremos la tabla correspondiente a gas propano, es decir, la Tabla IV. La pérdida de carga por unidad de longitud es 7,12 mm cda/m, y de la Tabla IV tomaremos 7,00 mm cda/m por defecto, y el caudal  $Q_{EF} = 4,99 \text{ kg/h}$  por exceso del calculado 3,07 kg/h.

TABLA IV

$\Delta P/LE$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)							
	4/6	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))							
-----	-----	-----	-----	3/8	1/2	-----	3/4	1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
6,50	0,21	0,61	1,32	2,39	4,79	8,30	13,09	27,07
7,00	0,22	0,64	1,38	2,49	4,99	8,64	13,63	28,20
7,50	0,22	0,66	1,43	2,58	5,18	8,98	14,16	29,29
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Por tanto, para el tramo E-F el tubo de cobre a instalar será de diámetro 13/15.

El diámetro seleccionado para la pérdida de carga anteriormente fijada, permite el paso de un caudal superior (4,99 kg/h) al caudal de diseño, por lo que la pérdida de carga será menor. Por tanto para un caudal de 3,07 kg/h y un tubo de 13/15 la máxima pérdida de carga real por unidad de longitud la hallaremos ascendiendo por la columna correspondiente al tubo seleccionado hasta coincidir con un caudal igual o inmediatamente superior al caudal máximo probable, en este caso 3,7 kg/h. En nuestro caso la perdida de carga real repartida será de 2,90 mm cda/m.

TABLA IV

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)							
	4/6	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))							
-----	-----	-----	-----	3/8	1/2	-----	3/4	1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
2,80	0,13	0,38	0,83	1,50	3,01	5,22	8,24	17,04
2,90	0,13	0,39	0,85	1,53	3,07	5,32	8,40	17,37
3,00	0,13	0,40	0,86	1,56	3,13	5,43	8,55	17,70
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
6,50	0,21	0,61	1,32	2,39	4,79	8,30	13,09	27,07
7,00	0,22	0,64	1,38	2,49	4,99	8,64	13,63	28,20
7,50	0,22	0,66	1,43	2,58	5,18	8,98	14,16	29,29
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

La pérdida de carga real en el tramo E-F será la pérdida de carga repartida real multiplicada por la longitud equivalente del tramo E-F:

$$\Delta P_{E-F} = 2,9 \text{ mm cda/m} \times 1,2 \text{ m} = 3,5 \text{ mm cda}$$

Por lo tanto, para el cálculo del resto de tramos de la arteria principal disponemos de una pérdida de carga total de:

$$\Delta P_{EG} = 29,9 - 3,5 = 26,4 \text{ mm cda}$$

Para determinar la pérdida de carga repartida para el resto de los tramos de la arteria principal, F-G, necesitamos su longitud equivalente:

$$L_E(FG) = 3 \text{ m}$$

Por lo tanto, la nueva pérdida de carga repartida para el resto de los tramos de la arteria principal, F-G, es la siguiente:

$$\Delta P/L_E(EG) = \frac{29,9 \text{ mm cda}}{L_E(EG)} = \frac{29,9 \text{ mm cda}}{4,2} = 7,12 \text{ mm cda/m}$$

■ Cálculo del diámetro comercial del tubo a instalar en el tramo F-G

Para el cálculo del diámetro del tramo F-G, utilizaremos la tabla correspondiente a gas propano, es decir, la Tabla IV. La pérdida de carga por unidad de longitud es 8,8 mm cda/m, y de la Tabla IV tomaremos 8,5 mm cda/m por defecto, y el caudal  $Q_{FG} = 5,55 \text{ kg/h}$  por exceso del calculado 2,90 kg/h.

**TABLA IV**

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)							
	4/6	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))							
-----	-----	-----	-----	3/8	1/2	-----	3/4	1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
8,00	0,23	0,69	1,48	2,68	5,37	9,30	14,67	30,38
8,50	0,24	0,71	1,53	2,77	5,55	9,62	15,16	31,37
9,00	0,25	0,73	1,58	2,86	5,72	9,92	15,65	32,37
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Por tanto, para el tramo F-G el tubo de cobre a instalar será de diámetro 13/15.

■ Cálculo del diámetro comercial del tubo a instalar en el tramo F-H

Para el cálculo del diámetro del tramo F-H, utilizaremos la tabla correspondiente a gas propano, es decir, la Tabla IV. La pérdida de carga por unidad de longitud es 8,8 mm cda/m, y de la Tabla IV tomaremos 8,5 mm cda/m por defecto, y el caudal  $Q_{FH} = 3,64 \text{ kg/h}$  por exceso del calculado 0,17 kg/h.

TABLA IV

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)							
	4/6	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))							
-----	-----	-----	-----	3/8	1/2	-----	3/4	1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
8,00	0,23	0,69	1,48	2,68	5,37	9,30	14,67	30,38
8,50	0,24	0,71	1,53	2,77	5,55	9,62	15,16	31,37
9,00	0,25	0,73	1,58	2,86	5,72	9,92	15,65	32,37
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Por tanto, para el tramo F-H el tubo de cobre a instalar será de diámetro 4/6. Debido a que el diámetro mínimo normalmente utilizado para trazado interior es el 8/10, se utilizará este.

■ Cálculo del diámetro comercial del tubo a instalar en el tramo E-I

Para el cálculo del diámetro del tramo E-I, utilizaremos la tabla correspondiente a gas propano, es decir, la Tabla IV. La pérdida de carga por unidad de longitud es 7,12 mm cda/m, y de la Tabla IV tomaremos 7,00 mm cda/m por defecto, y el caudal  $Q_{EI} = 0,94$  kg/h por exceso del calculado 0,49 kg/h.

TABLA IV

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)							
	4/6	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))							
-----	-----	-----	-----	3/8	1/2	-----	3/4	1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
6,50	0,21	0,61	1,32	2,39	4,79	8,30	13,09	27,07
7,00	0,22	0,64	1,38	2,49	4,99	8,64	13,63	28,20
7,50	0,22	0,66	1,43	2,58	5,18	8,98	14,16	29,29
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Por tanto, para el tramo E-I el tubo de cobre a instalar será de diámetro 6/8. Debido a que el diámetro mínimo normalmente utilizado para trazado interior es el 8/10, se utilizará este.

■ Cálculo del diámetro comercial del tubo a instalar en el tramo D-J

Para el cálculo del diámetro del tramo D-J, utilizaremos la tabla correspondiente a gas propano, es decir, la Tabla IV. La pérdida de carga por unidad de longitud es 6,12 mm cda/m, y de la Tabla IV tomaremos 6,00 mm cda/m por defecto, y el caudal  $Q_{DJ} = 1,26$  kg/h por exceso del calculado 1,08 kg/h.

TABLA IV

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)							
	4/6	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))							
-----	-----	-----	-----	3/8	1/2	-----	3/4	1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5,50	0,19	0,56	1,20	2,18	4,37	7,57	11,94	24,70
6,00	0,20	0,59	1,26	2,28	4,58	7,94	12,52	25,91
6,50	0,21	0,61	1,32	2,39	4,79	8,30	13,09	27,07
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Por tanto, para el tramo D-J el tubo de cobre a instalar será de diámetro 8/10.

▪ Cálculo del diámetro comercial del tubo a instalar en el tramo C-K

Para el cálculo del diámetro del tramo C-K, utilizaremos la tabla correspondiente a gas propano, es decir, la Tabla IV. La pérdida de carga por unidad de longitud es 3,77 mm cda/m, y de la Tabla IV tomaremos 3,60 mm cda/m por defecto, y el caudal  $Q_{CK} = 9,46$  kg/h por exceso del calculado 6,27 kg/h.

TABLA IV

$\Delta P/L_E$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)							
	4/6	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))							
-----	-----	-----	-----	3/8	1/2	-----	3/4	1
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
3,40	0,14	0,43	0,92	1,67	3,35	5,81	9,16	18,96
3,60	0,15	0,44	0,95	1,72	3,46	6,00	9,46	19,57
3,80	0,15	0,46	0,98	1,78	3,56	6,18	9,74	20,16
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Por tanto, para el tramo C-K el tubo de cobre a instalar será de diámetro 20/22.

**Cuadro resumen de la instalación receptora**

Batería de botellas	Tramo	$L_R$ (m)	Q (kg/h)	D comercial
10 + 10 botellas	A-B	2	10,91	Cu 10/12
gas propano (35 kg/bot.)	B-B'		Regulador	
Vap: 1,2 kg/h/bot.	B'-C	20	10,91	Cu 26/28
Aut: 10,28 + 10,28 días	C-D	8	4,64	Cu 16/18
	D-E	2,5	3,56	Cu 13/15
	E-F	1	3,07	Cu 13/15
	F-G	2,5	2,90	Cu 13/15
	F-H	1	0,17	Cu 8/10
	E-I	1,5	0,49	Cu 8/10
	D-J	1	1,08	Cu 8/10
	C-K	3	6,27	Cu 20/22

## ANEXO: TABLAS DE CÁLCULO

TABLA I: Gas manufacturado -  $P \leq 50$  mbar

Tipo de gas		Gas manufacturado
Presión	$P \leq 50$ mbar	
PCS	4,9 kWh/m <sup>3</sup> (n) (4.200 kcal/m <sup>3</sup> (n))	
$d_s$	0,6	

$\Delta P/L_e$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)										
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))										
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42	51/54	60/63	-----	76/80	96/100
	½	----	¾	1	1 ¼	1 ½	2	----	2 ½	3	4
0,020	0,16	0,27	0,42	0,88	1,68	2,66	5,59	8,90	10,56	16,65	30,91
0,040	0,23	0,39	0,62	1,28	2,47	3,89	8,04	13,03	15,46	24,37	45,24
0,060	0,28	0,49	0,77	1,60	3,08	4,86	10,04	16,28	19,31	30,45	56,52
0,080	0,33	0,58	0,91	1,88	3,61	5,69	11,77	19,07	22,62	35,66	66,20
0,100	0,38	0,65	1,03	2,12	4,08	6,43	13,30	21,55	25,57	40,31	74,84
0,120	0,41	0,72	1,13	2,34	4,51	7,11	14,70	23,83	28,27	44,56	82,75
0,140	0,45	0,78	1,23	2,55	4,91	7,74	16,00	25,93	30,77	48,50	90,04
0,160	0,49	0,84	1,33	2,75	5,28	8,32	17,22	27,91	33,11	52,19	96,89
0,180	0,52	0,90	1,42	2,93	5,63	8,88	18,37	29,77	35,32	55,68	103,37
0,200	0,55	0,95	1,50	3,10	5,97	9,41	19,46	31,55	37,43	59,00	109,53
0,220	0,58	1,00	1,58	3,27	6,29	9,92	20,51	33,24	39,44	62,17	115,42
0,240	0,61	1,05	1,66	3,43	6,60	10,40	21,52	34,87	41,37	65,21	121,07
0,260	0,63	1,10	1,73	3,59	6,90	10,87	22,48	36,44	43,23	68,15	126,51
0,280	0,66	1,15	1,81	3,74	7,18	11,32	23,42	37,95	45,03	70,98	131,77
0,300	0,69	1,19	1,88	3,88	7,46	11,76	24,32	39,42	46,77	73,72	136,86
0,320	0,71	1,23	1,94	4,02	7,73	12,18	25,20	40,84	48,45	76,38	141,80
0,340	0,74	1,27	2,01	4,16	7,99	12,60	26,05	42,22	50,10	78,97	146,60
0,360	0,76	1,32	2,07	4,29	8,25	13,00	26,88	43,57	51,69	81,49	151,28
0,380	0,78	1,35	2,14	4,42	8,49	13,39	27,70	44,89	53,25	83,94	155,94
0,400	0,80	1,39	2,20	4,54	8,74	13,77	28,49	46,17	54,77	86,34	160,30
0,425	0,83	1,44	2,27	4,70	9,03	14,24	29,45	47,73	56,63	89,27	165,73
0,450	0,83	1,49	2,34	4,85	9,32	14,69	30,39	49,26	58,44	92,12	171,01
0,475	0,88	1,53	2,41	4,99	9,60	15,14	31,31	50,74	60,20	94,89	176,17
0,500	0,91	1,58	2,48	5,14	9,88	15,57	32,20	52,19	61,92	97,61	181,21
0,525	0,93	1,62	2,55	5,28	10,10	15,99	33,08	53,61	63,60	100,26	186,13
0,550	0,96	1,66	2,62	5,41	10,41	16,41	33,93	55,00	65,25	102,85	190,95
0,575	0,98	1,70	2,68	5,55	10,66	16,81	34,77	56,36	66,86	105,40	195,67
0,600	1,00	1,74	2,74	5,68	10,92	17,21	35,60	57,69	68,44	107,89	200,30
0,625	1,03	1,78	2,81	5,81	11,16	17,60	36,40	59,00	70,00	110,34	204,84
0,650	1,05	1,82	2,87	5,93	11,41	17,98	37,20	60,28	71,52	112,74	209,31
0,675	1,07	1,86	2,93	6,06	11,65	18,36	37,98	61,55	73,02	115,10	213,69
0,700	1,09	1,90	2,99	6,18	11,88	18,73	38,74	62,79	74,49	117,43	218,00
0,725	1,11	1,93	3,05	6,30	12,11	19,09	39,50	64,01	75,94	119,71	222,25
0,750	1,14	1,97	3,10	6,42	12,34	19,45	40,24	65,21	77,37	121,96	226,43
0,775	1,16	2,00	3,16	6,53	12,57	19,81	40,97	66,40	78,78	124,18	230,54
0,800	1,18	2,04	3,21	6,65	12,79	20,16	41,69	67,57	80,16	126,37	234,60
0,840	1,21	2,09	3,30	6,83	13,13	20,70	42,82	69,40	52,34	129,80	240,97
0,880	1,24	2,15	3,39	7,01	13,47	21,24	43,93	71,20	84,47	133,16	247,21
0,920	1,27	2,20	3,47	7,18	13,81	21,76	45,02	72,96	86,56	136,45	253,33
0,960	1,30	2,25	3,55	7,35	14,13	22,28	46,08	74,69	88,61	136,68	259,32
1,000	1,33	2,31	3,63	7,52	14,45	22,78	47,13	76,38	90,62	142,85	265,20
1,400	1,60	2,77	4,37	9,04	17,39	27,41	56,70	91,89	109,02	171,86	319,06
1,800	1,84	3,18	5,02	10,38	19,96	31,47	65,10	105,500	125,17	197,31	366,30

$\Delta P/L_e$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)										
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35	40/42	51/54	60/63	-----	76/80	96/100
	½	-----	¾	1	1 ¼	1 ½	2	---	2 ½	3	4
2,000	2,05	3,56	5,60	11,59	22,29	35,14	72,68	117,80	139,76	220,30	409,00
2,600	2,25	3,90	6,14	12,71	24,43	38,52	79,67	129,12	153,19	241,48	448,31
3,000	2,43	4,22	6,65	13,75	26,43	41,67	83,19	139,68	165,72	261,24	484,99
3,400	2,61	4,52	7,12	14,73	28,31	44,63	92,32	149,63	177,52	279,83	519,51
3,800	2,77	4,80	7,57	15,65	30,10	47,45	98,14	159,06	188,71	297,47	533,70
4,200	2,93	5,07	8,00	16,54	31,80	50,13	103,69	168,05	199,37	314,29	533,70
4,600	3,08	5,33	8,41	17,39	33,43	52,70	109,01	176,66	209,59	330,39	533,70
5,000	3,22	5,58	8,80	18,20	35,00	55,17	114,12	184,95	219,42	334,49	533,70
5,500	3,39	5,88	9,27	19,18	36,88	58,14	120,25	194,89	231,22	334,49	533,70
6,000	3,56	6,17	9,73	20,12	38,69	60,98	126,14	204,43	237,20	334,49	533,70
6,500	3,72	6,45	10,16	21,02	40,42	63,72	131,81	208,48	237,20	334,49	533,70
7,000	3,88	6,72	10,59	21,90	42,10	66,37	137,29	208,48	237,20	334,49	533,70
7,500	4,02	6,98	11,00	22,74	43,73	68,94	142,59	208,48	237,20	334,49	533,70
8,000	4,17	7,23	11,39	23,56	45,31	71,43	144,78	208,48	237,20	334,49	533,70
8,500	4,31	7,47	11,78	24,36	46,84	73,84	144,78	208,48	237,20	334,49	533,70
9,000	4,45	7,71	12,15	25,14	48,34	76,20	144,78	208,48	237,20	334,49	533,70
9,500	4,58	7,94	12,52	25,90	49,80	78,50	144,78	208,48	237,20	334,49	533,70
10,000	4,71	8,17	12,88	26,64	51,22	80,74	144,78	208,48	237,20	334,49	533,70
11,000	4,97	8,61	13,57	28,07	53,97	83,62	144,78	208,48	237,20	334,49	533,70
12,000	5,21	9,03	14,24	29,45	56,62	83,62	144,78	208,48	237,20	334,49	533,70
13,000	5,44	9,44	14,88	30,77	59,16	83,62	144,78	208,48	237,20	334,49	533,70
14,000	5,67	9,83	15,49	32,05	59,30	83,62	144,78	208,48	237,20	334,49	533,70
15,000	5,89	10,21	16,09	33,29	59,30	83,62	144,78	208,48	237,20	334,49	533,70
16,000	6,10	10,58	16,67	34,49	59,30	83,62	144,78	208,48	237,20	334,49	533,70
17,000	6,31	10,94	17,24	35,66	59,30	83,62	144,78	208,48	237,20	334,49	533,70
18,000	6,51	11,28	17,79	36,19	59,30	83,62	144,78	208,48	237,20	334,49	533,70
19,000	6,71	11,62	18,32	36,19	59,30	83,62	144,78	208,48	237,20	334,49	533,70
20,000	6,90	11,96	18,85	36,19	59,30	83,62	144,78	208,48	237,20	334,49	533,70

El caudal viene expresado en  $m^3(n)/h$

TABLA II: Gas natural -  $P \leq 50$  mbar

<b>Tipo de gas</b>	<b>Gas natural</b>
<b>Presión</b>	<b><math>P \leq 50</math> mbar</b>
<b>PCS</b>	<b>12,2 kWh/m<sup>3</sup>(n) (10.500 kcal/m<sup>3</sup>(n))</b>
<b>d<sub>s</sub></b>	<b>0,62</b>

$\Delta P/L_e$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)				
	13/15	16/18	20/22	26/28	33/35
	Tubo de acero(pulgadas(in) ("))				
	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2
0,20	0,6	1,0	1,6	3,3	6,3
0,25	0,7	1,1	1,8	3,7	7,1
0,30	0,7	1,2	2,0	4,1	7,8
0,35	0,8	1,4	2,1	4,4	8,5
0,40	0,8	1,5	2,3	4,8	9,2
0,45	0,9	1,6	2,5	5,1	9,9
0,50	1,0	1,7	2,6	5,4	10,4
0,55	1,0	1,7	2,7	5,7	10,9
0,60	1,1	1,8	2,9	6,0	11,5
0,65	1,1	1,9	3,0	6,2	12,0
0,70	1,1	2,0	3,1	6,5	12,5
0,75	1,2	2,1	3,3	6,7	12,9
0,80	1,2	2,1	3,4	7,0	13,4
0,85	1,3	2,2	3,5	7,2	13,9
0,90	1,3	2,3	3,6	7,4	14,3
0,95	1,4	2,4	3,7	7,7	14,7
1,00	1,4	2,4	3,8	7,9	15,2
1,50	1,7	3,0	4,8	9,9	18,9
2,00	2,0	3,5	5,6	11,5	22,2
2,50	2,3	4,0	6,3	13,0	25,1
3,00	2,6	4,4	7,0	14,4	27,7
3,50	2,8	4,8	7,6	15,7	30,2
4,00	3,0	5,2	8,2	16,9	32,5
4,50	3,2	5,5	8,7	18,0	34,6
5,00	3,4	5,9	9,2	19,1	36,7
5,50	3,6	6,2	9,7	20,1	38,7
6,00	3,7	6,5	10,2	21,1	40,6
6,50	3,9	6,8	10,7	22,1	42,4
7,00	4,1	7,0	11,1	23,0	44,2
7,50	4,2	7,3	11,5	23,9	45,9
8,00	4,4	7,6	12,0	24,7	47,5
8,50	4,5	7,8	12,4	25,6	49,1
10,00	4,9	8,6	13,5	27,9	53,7
12,00	5,5	9,5	14,9	30,9	59,4
14,00	5,9	10,3	16,3	33,6	61,0
16,00	6,4	11,1	17,5	36,2	61,0
18,00	6,8	11,8	18,7	37,3	61,0
20,00	7,2	12,5	19,8	37,3	61,0
22,00	7,6	13,2	20,8	37,3	61,0
24,00	8,0	13,9	21,5	37,3	61,0
26,00	8,4	14,5	21,5	37,3	61,0
28,00	8,7	15,1	21,5	37,3	61,0
30,00	9,0	15,3	21,5	37,3	61,0
35,00	9,8	15,3	21,5	37,3	61,0
40,00	10,1	15,3	21,5	37,3	61,0
50,00	10,1	15,3	21,5	37,3	61,0
60,00	10,1	15,3	21,5	37,3	61,0
80,00	10,1	15,3	21,5	37,3	61,0

El caudal viene expresado en m<sup>3</sup>(n)/h

TABLA III: Gas butano - P = 30 mbar

<b>Tipo de gas</b>	<b>Butano</b>
<b>Presión</b>	<b>P = 30 mbar</b>
<b>PCS</b>	<b>13,7 kWh/kg (11.800 kcal/kg)</b>
<b>d<sub>s</sub></b>	<b>1,44</b>

$\Delta P/L_e$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)							
	4/6	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))							
			3/8	1/2		3/4	1	
0,50	0,05	0,14	0,37	0,67	1,34	2,33	3,68	7,62
0,60	0,06	0,19	0,41	0,74	1,49	2,58	4,07	8,42
0,70	0,07	0,20	0,44	0,81	1,62	2,81	4,43	9,16
0,80	0,07	0,22	0,48	0,87	1,74	3,02	4,76	9,86
0,90	0,08	0,24	0,51	0,93	1,86	3,22	5,08	10,52
1,00	0,08	0,25	0,54	0,98	1,97	3,42	5,39	11,15
1,10	0,09	0,26	0,57	1,03	2,08	3,60	5,68	11,75
1,20	0,09	0,28	0,60	1,08	2,18	3,78	5,96	12,32
1,30	0,10	0,29	0,63	1,13	2,28	3,95	6,22	12,88
1,40	0,10	0,30	0,65	1,18	2,37	4,11	6,48	13,41
1,50	0,10	0,31	0,68	1,23	2,46	4,27	6,73	13,93
1,60	0,11	0,33	0,70	1,27	2,55	4,42	6,98	14,43
1,70	0,11	0,34	0,73	1,31	2,64	4,57	7,21	14,92
1,80	0,12	0,35	0,75	1,36	2,72	4,72	7,44	15,40
1,90	0,12	0,36	0,77	1,40	2,80	4,86	7,67	15,86
2,00	0,12	0,37	0,79	1,44	2,88	5,00	7,89	16,32
2,10	0,13	0,38	0,82	1,48	2,96	5,14	8,10	16,76
2,20	0,13	0,39	0,84	1,51	3,04	5,27	8,31	17,19
2,30	0,13	0,40	0,86	1,55	3,11	5,40	8,52	17,62
2,40	0,14	0,41	0,88	1,59	3,19	5,53	8,72	18,04
2,50	0,14	0,42	0,90	1,63	3,26	5,65	8,92	18,45
2,60	0,14	0,43	0,92	1,66	3,33	5,57	9,11	18,85
2,70	0,15	0,44	0,94	1,70	3,40	5,90	9,30	19,24
2,80	0,15	0,44	0,96	1,73	3,47	6,02	9,49	19,63
2,90	0,15	0,45	0,97	1,76	3,54	6,13	9,67	20,01
3,00	0,15	0,46	0,99	1,80	3,60	6,25	9,86	20,39
3,20	0,16	0,48	1,03	1,86	3,73	6,48	10,21	21,13
3,40	0,17	0,49	1,06	1,93	3,86	6,70	10,56	21,84
3,60	0,17	0,51	1,10	1,99	3,98	6,91	10,89	22,54
3,80	0,18	0,53	1,13	2,05	4,11	7,12	11,22	23,22
4,00	0,18	0,54	1,16	2,11	4,22	7,32	11,54	23,88
4,20	0,19	0,56	1,20	2,16	4,34	7,52	11,86	24,53
4,40	0,19	0,57	1,23	2,22	4,45	7,72	12,16	25,17
4,60	0,20	0,58	1,26	2,27	4,56	7,91	12,47	25,79
4,80	0,20	0,60	1,29	2,33	4,67	8,09	12,76	26,40
5,00	0,21	0,61	1,32	2,38	4,77	8,28	13,05	27,00
5,50	0,22	0,65	1,39	2,51	5,03	8,72	13,75	28,45
6,00	0,23	0,68	1,46	2,63	5,28	9,15	14,43	29,84
6,50	0,24	0,71	1,52	2,75	5,51	9,56	15,07	31,19
7,00	0,25	0,74	1,58	2,87	5,74	9,96	15,70	32,48
7,50	0,26	0,77	1,65	2,98	5,97	10,34	16,31	33,74
8,00	0,27	0,79	1,71	3,08	6,18	10,72	16,90	34,96
8,50	0,28	0,82	1,76	3,19	6,39	11,08	17,47	36,14
9,00	0,29	0,85	1,82	3,29	6,60	11,43	18,03	37,29
9,50	0,30	0,87	1,87	3,39	6,79	11,78	18,57	38,42
10,00	0,30	0,90	1,93	3,49	6,99	12,12	19,10	39,52
12,00	0,34	0,99	2,13	3,85	7,73	13,39	21,11	43,68
14,00	0,37	1,08	2,32	4,20	8,41	14,58,	22,98	47,54

El caudal viene expresado en kg/h

TABLA IV: Gas propano - P = 37 mbar

Tipo de gas		Propano
Presión		P = 37 mbar
PCS		13,8 kWh/kg (11.900 kcal/kg)
	$d_s$	1,16

$\Delta P/L_e$ mm cda/m	Tubo de cobre (mm)							
	4/6	6/8	8/10	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))				
				10/12	13/15	16/18	20/22	26/28
	----	----	----	3/8	1/2	----	3/4	1
0,50	0,05	0,15	0,32	0,58	1,17	2,02	3,19	6,61
0,60	0,05	0,16	0,35	0,64	1,29	2,24	3,53	7,31
0,70	0,06	0,18	0,38	0,70	1,40	2,44	3,84	7,95
0,80	0,06	0,19	0,41	0,75	1,51	2,62	4,14	8,56
0,90	0,07	0,20	0,44	0,80	1,61	2,80	4,41	9,13
1,00	0,07	0,22	0,47	0,85	1,71	2,96	4,68	9,68
1,10	0,08	0,23	0,49	0,90	1,80	3,12	4,93	10,20
1,20	0,08	0,24	0,52	0,94	1,89	3,28	5,17	10,70
1,30	0,08	0,25	0,54	0,98	1,97	3,42	5,40	11,18
1,40	0,09	0,26	0,57	1,02	2,06	3,57	5,63	11,64
1,50	0,09	0,27	0,59	1,06	2,14	3,71	5,84	12,09
1,60	0,09	0,28	0,61	1,10	2,21	3,84	6,06	12,53
1,70	0,10	0,29	0,63	1,14	2,29	3,97	6,26	12,95
1,80	0,10	0,30	0,65	1,18	2,36	4,10	6,46	13,37
1,90	0,10	0,31	0,67	1,21	2,43	4,22	6,65	13,77
2,00	0,11	0,32	0,69	1,25	2,50	4,34	6,85	14,16
2,10	0,11	0,33	0,71	1,28	2,57	4,46	7,03	14,55
2,20	0,11	0,34	0,73	1,31	2,64	4,57	7,21	14,93
2,30	0,11	0,34	0,74	1,35	2,70	4,69	7,39	15,29
2,40	0,12	0,35	0,76	1,38	2,77	4,80	7,57	15,66
2,50	0,12	0,36	0,78	1,41	2,83	4,91	7,74	16,01
2,60	0,12	0,37	0,80	1,44	2,89	5,01	7,91	16,36
2,70	0,13	0,38	0,81	1,47	2,95	5,12	8,07	16,70
2,80	0,13	0,38	0,83	1,50	3,01	5,22	8,24	17,04
2,90	0,13	0,39	0,85	1,53	3,07	5,32	8,40	17,37
3,00	0,13	0,40	0,86	1,56	3,13	5,43	8,55	17,70
3,20	0,14	0,41	0,89	1,62	3,24	5,62	8,86	18,34
3,40	0,14	0,43	0,92	1,67	3,35	5,81	9,16	18,96
3,60	0,15	0,44	0,95	1,72	3,46	6,00	9,46	19,57
3,80	0,15	0,46	0,98	1,78	3,56	6,18	9,74	20,16
4,00	0,16	0,47	1,01	1,83	3,66	6,35	10,02	20,73
4,20	0,16	0,48	1,04	1,88	3,76	6,53	10,29	21,29
4,40	0,17	0,49	1,06	1,93	3,86	6,70	10,56	21,85
4,60	0,17	0,51	1,09	1,97	3,96	6,86	10,82	22,39
4,80	0,17	0,52	1,12	2,02	4,05	7,03	11,08	22,92
5,00	0,18	0,53	1,14	2,07	4,14	7,18	11,33	23,44
5,50	0,19	0,56	1,20	2,18	4,37	7,57	11,94	24,70
6,00	0,20	0,59	1,26	2,28	4,58	7,94	12,52	25,91
6,50	0,21	0,61	1,32	2,39	4,79	8,30	13,09	27,07
7,00	0,22	0,64	1,38	2,49	4,99	8,64	13,63	28,20
7,50	0,22	0,66	1,43	2,58	5,18	8,98	14,16	29,29
8,00	0,23	0,69	1,48	2,68	5,37	9,30	14,67	30,38
8,50	0,24	0,71	1,53	2,77	5,55	9,62	15,16	31,37
9,00	0,25	0,73	1,58	2,86	5,72	9,92	15,65	32,37
9,50	0,26	0,76	1,63	2,94	5,90	10,22	16,12	33,35
10,00	0,26	0,78	1,67	3,03	6,07	12,52	16,58	34,30
12,00	0,29	0,86	1,85	3,35	6,71	11,63	18,33	37,92
14,00	0,32	0,94	2,01	3,64	7,30	12,65	19,95	41,27

El caudal viene expresado en kg/h

TABLA V: Gas propano - P = 50 mbar

Tipo de gas		Propano
Presión		P = 50 mbar
PCS		13,8 kWh/kg (11.900 kcal/kg)
d <sub>s</sub>		1,16

ΔP/L <sub>e</sub> mm cda/m	Tubo de cobre (mm)							
	4/6	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))							
0,50	0,052	0,151	0,324	0,584	1,171	2,029	3,198	6,615
0,60	0,057	0,167	0,358	0,646	1,294	2,242	3,535	7,312
0,70	0,062	0,182	0,389	0,703	1,408	2,441	3,847	7,958
0,80	0,067	0,196	0,419	0,756	1,515	2,626	4,140	8,564
0,90	0,071	0,209	0,447	0,807	1,617	2,802	4,417	9,137
1,00	0,076	0,221	0,474	0,855	1,713	2,969	4,680	9,681
1,10	0,080	0,233	0,499	0,901	1,805	3,129	4,932	10,202
1,20	0,083	0,244	0,523	0,945	1,894	3,282	5,173	10,701
1,30	0,087	0,255	0,547	0,988	1,979	3,429	5,406	11,182
1,40	0,091	0,266	0,570	1,029	2,061	3,572	5,631	11,647
1,50	0,094	0,276	0,592	1,069	2,141	3,710	5,848	12,097
1,60	0,098	0,286	0,613	1,107	2,218	3,844	6,069	12,534
1,70	0,101	0,296	0,634	1,145	2,293	3,974	6,265	12,958
1,80	0,104	0,305	0,654	1,181	2,366	4,101	6,464	13,372
1,90	0,107	0,315	0,674	1,217	2,438	4,225	6,659	13,775
2,00	0,111	0,324	0,693	1,252	2,507	4,345	6,850	14,168
2,10	0,114	0,332	0,712	1,286	2,575	4,463	7,036	14,553
2,20	0,116	0,341	0,730	1,319	2,642	4,579	7,218	14,930
2,30	0,119	0,349	0,748	1,351	2,707	4,692	7,396	15,299
2,40	0,122	0,358	0,766	1,383	2,771	4,803	7,571	15,661
2,50	0,125	0,366	0,783	1,415	2,834	4,912	7,743	16,017
2,60	0,128	0,374	0,801	1,446	2,896	5,019	7,912	16,365
2,70	0,130	0,382	0,817	1,476	2,957	5,124	8,078	16,708
2,80	0,133	0,389	0,834	1,506	3,016	5,228	8,241	17,046
2,90	0,136	0,397	0,850	1,535	3,075	5,329	8,401	17,377
3,00	0,138	0,404	0,866	1,564	3,133	5,430	8,559	17,704
3,20	0,143	0,419	0,897	1,620	3,246	5,626	8,868	18,343
3,40	0,148	0,433	0,928	1,675	3,356	5,816	9,168	18,965
3,60	0,153	0,447	0,957	1,729	3,463	6,002	9,461	19,570
3,80	0,157	0,460	0,986	1,781	3,567	6,183	9,746	20,160
4,00	0,162	0,473	1,014	1,832	3,669	6,359	10,025	20,736
4,20	0,166	0,486	1,042	1,881	3,769	6,532	10,297	21,299
4,40	0,170	0,499	1,069	1,930	3,867	6,701	10,564	21,851
4,60	0,175	0,511	1,095	1,978	3,962	6,867	10,825	22,391
4,80	0,179	0,523	1,121	2,025	4,056	7,030	11,081	22,921
5,00	0,183	0,535	1,147	2,071	4,148	7,189	11,332	23,441
5,50	0,193	0,564	1,208	2,182	4,371	7,575	11,942	24,701
6,00	0,202	0,592	1,267	2,289	4,585	7,946	12,527	25,911
6,50	0,211	0,618	1,324	2,392	4,791	8,304	13,090	27,076
7,00	0,220	0,644	1,380	2,491	4,990	8,649	13,634	28,201
7,50	0,229	0,669	1,433	2,587	5,183	8,983	14,160	29,290
8,00	0,237	0,693	1,485	2,681	5,370	9,307	14,672	30,384
8,50	0,245	0,716	1,535	2,771	5,552	9,622	15,169	31,376
9,00	0,253	0,739	1,584	2,860	5,729	9,929	15,652	32,377
9,50	0,260	0,762	1,632	2,946	5,902	10,229	16,124	33,353
10,00	0,268	0,783	1,678	3,030	6,071	12,521	16,585	34,306
12,00	0,296	0,866	1,855	3,350	6,711	11,630	18,333	37,921
14,00	0,322	0,942	2,019	3,646	7,304	12,658	19,953	41,273
16,00	0,347	1,014	2,173	3,923	7,860	13,621	21,472	44,415
18,00	0,370	1,082	2,318	4,185	8,385	14,532	22,908	47,384
20,00	0,392	1,146	2,456	4,435	8,855	15,398	24,273	50,208
25,00	0,443	1,296	2,776	5,013	10,044	17,407	27,439	56,757
30,00	0,490	1,433	3,069	5,542	11,102	19,241	30,330	62,737

El caudal viene expresado en kg/h

TABLA VI: Gas propano -  $P_1 = 0,85$  bar,  $P_2 = 0,64$  bar

Tipo de gas	Propano
Presión	$P_1 = 0,85$ bar $P_2 = 0,64$ bar
PCS	13,8 kWh/kg (11.900 kcal/kg)
$d_s$	1,16
d	1,85 kg/m <sup>3</sup> (n)

$L_E$ (m)	Tubo de cobre (mm)							
	4/6	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28
	Tubo de acero (pulgadas (in) ("))							
	-----	-----	-----	3/8	1/2	-----	3/4	1
2,0	2,778	6,250	11,111	17,361	29,341	44,445	62,675	108,509
4,0	2,778	6,250	11,111	17,361	29,341	44,445	62,675	108,509
6,0	2,514	6,250	11,111	17,361	29,341	44,445	62,675	108,509
8,0	2,147	6,250	11,111	17,361	29,341	44,445	62,675	108,509
10,0	1,899	5,558	11,111	17,361	29,341	44,445	62,675	108,509
15,0	1,520	4,448	9,529	17,206	29,341	44,445	62,675	108,509
20,0	1,298	3,798	8,135	14,690	29,341	44,445	62,675	108,509
25,0	1,148	3,359	7,197	12,995	26,034	44,445	62,675	108,509
30,0	1,038	3,039	6,511	11,757	23,553	40,819	62,675	108,509
40,0	0,887	2,595	5,559	10,038	20,109	34,851	54,938	108,509
50,0	0,784	2,295	4,917	8,879	17,789	30,830	48,599	100,524
60,0	0,710	2,077	4,449	8,033	16,093	27,891	43,966	90,942
70,0	0,652	1,908	4,087	7,381	14,786	25,626	40,395	83,556
80,0	0,606	1,773	3,798	6,859	13,740	23,813	37,538	77,645
90,0	0,568	1,662	3,560	6,429	12,879	22,321	35,185	72,780
100,0	0,536	1,568	3,360	6,067	12,155	21,065	33,206	68,686
125,0	0,474	1,387	2,972	5,367	10,752	18,635	29,375	60,761
150,0	0,429	1,255	2,689	4,855	9,727	16,858	26,575	54,969
175,0	0,394	1,153	2,471	4,461	8,937	15,489	24,417	50,505
200,0	0,366	1,072	2,296	4,146	8,305	14,393	22,689	46,932

El caudal viene expresado en kg/h

TABLA VII: Gas propano -  $P_1 = 1,5$  bar,  $P_2 = 1,3$  bar

Tipo de gas	Propano
Presión	$P_1 = 1,5$ bar $P_2 = 1,3$ bar
PCS	13,8 kWh/kg (11.900 kcal/kg)
$d_s$	1,16
d	1,85 kg/m <sup>3</sup> (n)

$L_E$ (m)	Tubo de cobre (mm)							
	4/6	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28
	Tubo de acero pulgadas (in) ("")							
	----	---	----	3/8	1/2	-----	3/4	1
2,0	3,754	8,446	15,015	23,461	39,650	60,061	84,695	146,633
4,0	3,754	8,446	15,015	23,461	39,650	60,061	84,695	146,633
6,0	3,754	8,446	15,015	23,461	39,650	60,061	84,695	146,633
8,0	3,425	8,446	15,015	23,461	39,650	60,061	84,695	146,633
10,0	3,030	8,446	15,015	23,461	39,650	60,061	84,695	146,633
15,0	2,425	7,096	15,015	23,461	39,650	60,061	84,695	146,633
20,0	2,070	6,059	12,980	23,438	39,650	60,061	84,695	146,633
25,0	1,831	5,360	11,482	20,734	39,650	60,061	84,695	146,633
30,0	1,657	4,849	10,388	18,758	37,578	60,061	84,695	146,633
40,0	1,415	4,140	8,869	16,015	32,084	55,604	84,695	146,633
50,0	1,251	3,662	7,846	14,167	28,382	49,188	77,539	146,633
60,0	1,132	3,313	7,098	12,817	25,677	44,500	70,148	145,097
70,0	1,040	3,044	6,521	11,776	23,591	40,886	64,451	133,314
80,0	0,967	2,829	6,060	10,943	21,922	37,993	59,891	123,883
90,0	0,906	2,651	5,680	10,257	20,549	35,613	56,138	116,120
100,0	0,855	2,502	5,361	9,680	19,393	33,609	52,981	109,588
125,0	0,756	2,214	4,742	8,563	17,155	29,731	46,867	96,943
150,0	0,684	2,003	4,290	7,747	15,520	26,897	42,400	87,702
175,0	0,629	1,840	3,942	7,118	14,260	24,713	38,957	80,580
200,0	0,584	1,710	3,663	6,614	13,251	22,965	36,201	74,880

El caudal viene expresado en kg/h

TABLA VIII: Gas propano -  $P_1 = 1,85$  bar,  $P_2 = 1,35$  bar

Tipo de gas	Propano
Presión	$P_1 = 1,85$ bar $P_2 = 1,35$ bar
PCS	13,8 kWh/kg (11.900 kcal/kg)
$d_s$	1,16
d	1,85 kg/m <sup>3</sup> (n)

$L_e$ (m)	Tubo de cobre (mm)							
	4/6	6/8	8/10	10/12	13/15	16/18	20/22	26/28
	Tubo de hierro (pulgadas (in) ("))							
	3/8	1/2				3/4	1	
2,0	4,204	9,460	16,817	26,277	44,408	67,268	94,859	164,229
4,0	4,204	9,460	16,817	26,277	44,408	67,268	94,859	164,229
6,0	4,204	9,460	16,817	26,277	44,408	67,268	94,859	164,229
8,0	4,017	9,460	16,817	26,277	44,408	67,268	94,859	164,229
10,0	3,553	9,460	16,817	26,277	44,408	67,268	94,859	164,229
15,0	2,844	8,322	16,817	26,277	44,408	67,268	94,859	164,229
20,0	2,428	7,105	15,221	26,277	44,408	67,268	94,859	164,229
25,0	2,148	6,285	13,465	24,313	44,408	67,268	94,859	164,229
30,0	1,943	5,686	12,181	21,996	44,066	67,268	94,859	164,229
40,0	1,659	4,855	10,400	18,780	37,623	65,204	94,859	164,229
50,0	1,467	4,294	9,200	16,613	33,282	57,680	90,925	164,229
60,0	1,328	3,885	8,323	15,029	30,109	52,182	82,257	164,229
70,0	1,220	3,570	7,647	13,809	27,664	47,944	75,577	156,329
80,0	1,133	3,317	7,106	12,832	25,707	44,552	70,231	145,270
90,0	1,062	3,109	6,661	12,028	24,096	41,761	65,830	136,166
100,0	1,003	2,934	6,286	11,351	22,741	39,412	62,127	128,507
125,0	0,887	2,596	5,561	10,041	20,117	34,864	54,958	113,679
150,0	0,802	2,348	5,031	9,084	18,199	31,541	49,720	102,843
175,0	0,737	2,158	4,622	8,347	16,721	28,979	45,682	94,491
200,0	0,685	2,005	4,295	7,756	15,538	26,929	42,450	87,807

El caudal viene expresado en kg/h