

**Universidad de la República  
Facultad de Ingeniería**



**INSTALACIONES  
DE GASES COMBUSTIBLES  
(EN7 - TECNÓLOGOS MECÁNICOS)**

**Cálculo de Cañerías**



**Ing. Marcos Tenconi Viqueret**

**Curso 2019**

## INSTALACIONES DE GASES COMBUSTIBLES (EN7 - TECNÓLOGOS MECÁNICOS)

### Cálculo de Cañerías

#### Contenido

1	Velocidad del Gas en una Cañería.....	4
2	Caída de Presión en una Cañería.....	5
2.1	Ecuación de Poole.....	5
2.2	Ecuación Cuadrática de Renouard.....	5
3	Cálculo del Diámetro Interior de una Cañería.....	5
3.1	Criterio de Velocidad.....	5
3.2	Criterio de Pérdida de Presión.....	6
	<b>ANEXO I: Tablas para Cálculo de Cañerías.....</b>	<b>7</b>
	<i>Tabla IA: Cañerías internas en BP para Gas Natural (UNIT 1005).....</i>	<i>7</i>
	<i>IB: Cañerías internas en BP para Propano Industrial (UNIT 1005).....</i>	<i>9</i>
	<i>IC: Cañerías internas en BP para Gas Manufacturado (UNIT 1005).....</i>	<i>10</i>
	<i>ID: Factor de simultaneidad en edificios de apartamentos (UNIT 1005).....</i>	<i>11</i>
	<i>IFa: Propiedades de referencia para algunos gases combustibles.....</i>	<i>12</i>
	<i>IFb: Longitud equivalente para accesorios roscados de uso común (UNIT 1005).....</i>	<i>12</i>
	<i>IFc: Diámetro interior de cañerías de polietileno de alta densidad NAG 136.....</i>	<i>12</i>
	<i>IFd: Diámetro interior de cañerías de acero ASTM A53 / Sch. 40 y UNIT 134.....</i>	<i>12</i>
	<i>IH: Cañería entre reguladores primario y secundario para Vapor de Propano (NFPA 58)....</i>	<i>14</i>
	<i>Ii: Cañería entre reguladores de servicio y de línea para Vapor de Propano (NFPA 58).....</i>	<i>14</i>
	<i>IJ: Cañería entre regulador secundario y artefacto para Vapor de Propano (NFPA 58).....</i>	<i>15</i>
	<i>IK: Cañería entre reguladores primario y secundario para Vapor de Propano (NFPA 58)....</i>	<i>15</i>
	<i>IL: Cañería entre regulador secundario y artefacto para Vapor de Propano (NFPA 58).....</i>	<i>16</i>
	<i>IM: Cañería entre reguladores primario y secundario para Vapor de Propano (NFPA 58)....</i>	<i>16</i>
	<i>IIN: Cañería entre regulador secundario y artefacto para Vapor de Propano (NFPA 58).....</i>	<i>16</i>
	<i>IO: Cañería entre reguladores primario y secundario para Vapor de Propano (NFPA 58)....</i>	<i>17</i>
	<i>IP: Cañería entre reguladores de servicio y de línea para Vapor de Propano (NFPA 58).....</i>	<i>17</i>
	<i>IQ: Cañería entre regulador de 1ª o 2ª etapa y artefacto para Vapor de Propano (NFPA 58)17</i>	<i>17</i>
	<i>IR: Cañería entre reguladores de 1ª y 2ª etapa para Vapor de Propano (NFPA 58).....</i>	<i>18</i>
	<i>IS: Cañería entre regulador de 2ª etapa y artefacto para Vapor de Propano (NFPA 58).....</i>	<i>18</i>
	<i>IT: Tubería corrugado de acero inoxidable (CSST) para Vapor de Propano (NFPA 58).....</i>	<i>18</i>
	<i>IU: Tubería corrugado de acero inoxidable (CSST) para Vapor de Propano (NFPA 58).....</i>	<i>19</i>
	<i>IV: Cañería de polietileno (PE) entre regs. 1ª y 2ª para Vapor de Propano (NFPA 58).....</i>	<i>19</i>
	<i>IW: Cañería de polietileno (PE) entre regs. 1ª y 2ª para Vapor de Propano (NFPA 58).....</i>	<i>20</i>
	<i>IX: Cañería de polietileno (PE) entre regs. 1ª y 2ª para Vapor de Propano (NFPA 58).....</i>	<i>20</i>
	<i>IY: Diagrama P – T para Aire Propanado (NFPA 58).....</i>	<i>21</i>

<i>IZ: Diagrama de Presión – Punto de Rocío para diversas mezclas GLP (NFPA 58).....</i>	<i>22</i>
<i>IAA: Diagrama Presión – Densidad para Propano (NFPA 58) .....</i>	<i>23</i>
<i>IAB: Diagrama Temperatura – Densidad para Propano (NFPA 58).....</i>	<i>23</i>
<i>ANEXO I: Ejemplos Resueltos .....</i>	<i>25</i>

## 1 Velocidad del Gas en una Cañería

Normalmente se expresa la cantidad de gas almacenado, transportado, transferido o distribuido, como el volumen que ocupa dicho gas en condiciones estándar de presión y temperatura ( $T_0$   $P_0$ ) Por ello, resulta fundamental establecer ecuaciones que relacionen dicho volumen estándar o normal (o el correspondiente caudal volumétrico asociado) con el volumen o caudal real de gas en las condiciones de operación particulares ( $T_f$ ,  $P_f$ )

Utilizando la ecuación de estado para gases reales:

$$PV = NRZT \quad [1]$$

y considerando que las medidas volumétricas  $Q_0$  y  $Q_f$  se refieren a una misma masa de gas sometida a condiciones de presión y temperatura diferentes:

$$M_f = M_0 \quad [2]$$

o, equivalentemente:

$$\rho_f Q_f = \rho_0 Q_0 \quad [3]$$

resulta evidente, a partir de las ecuaciones [1] y [3]:

$$\frac{Q_0}{Q_f} = \frac{\rho_f}{\rho_0} = \frac{P_f T_0 Z_0}{P_0 T_f Z_f} \quad [4]$$

Relacionamos ahora el caudal volumétrico real con la velocidad del gas  $v_f$ , llamando  $D_i$  al diámetro interior de la cañería:

$$Q_f = v_f S = \frac{v_f \pi D_i^2}{4} \quad [5]$$

Aplicando [4] y sustituyendo en [5]:

$$Q_f = Q_0 \frac{T_f(^{\circ}K)}{288.15} \frac{1}{P_f(\text{bara})} \frac{Z_f}{Z_0} \quad [6]$$

$$v_f(m/s) = Q_0(Nm^3/s) \frac{T_f(^{\circ}K)}{288.15} \frac{1}{P_f(\text{bara})} \frac{Z_f}{Z_0} \frac{4}{\pi D_i^2(m^2)} \quad [7]$$

Donde el  $m^3$  Normal ( $Nm^3$ ) se define en condiciones de presión y temperatura estándar ( $P_0 = 1.01325$  bara y  $T_0 = 15^{\circ}C$ ) En tales condiciones, para el gas natural puede suponerse  $Z_0 = 0.996$ . Las fórmulas son igualmente válidas si la presión estándar se fija en 1 atm absoluta, pero en ese caso la presión real del flujo  $P_f$  también deberá expresarse en atm absolutas.

## 2 Caída de Presión en una Cañería

### 2.1 Ecuación de Poole

Se aplica usualmente para el dimensionamiento de cañerías de baja presión, (hasta 50 mbarg), proporcionando resultados conservadores.

Tradicionalmente se la ha utilizado para la confección de las tablas de cálculo de cañerías internas de baja presión incorporadas en normas técnicas argentinas y nacionales.

$$P_1 - P_2 = \frac{2 \times 9.81 \times 10^5 \times G L_E Q_0^2}{D_i^5} \quad [8]$$

$P_1, P_2$ : Presiones absolutas en los extremos de la cañería, expresadas en [bara]

$G$ : Densidad relativa del gas.

$Q_0$ : Caudal del gas, expresado en Nm<sup>3</sup>/h (es decir, reducido a las condiciones de  $T_0$  y  $P_0$ )

$L_E$ : Longitud total equivalente de la cañería (cañería y accesorios) expresada en [m]

$D_i$ : Diámetro interno de la cañería expresado en [mm]

### 2.2 Ecuación Cuadrática de Renouard

Esta ecuación es de aplicación común en redes de distribución urbanas e instalaciones internas en media y baja presión, es decir, con presiones de hasta 4 barg para el caso de gas natural.

Es citada en las normas técnicas de aplicación, tanto argentinas como nacionales.

$$P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \frac{G L_E Q_0^{1.82}}{D_i^{4.82}} \quad [9]$$

$P_1, P_2$ : Presiones absolutas en los extremos de la cañería, expresadas en [bara]

$G$ : Densidad relativa del gas.

$Q_0$ : Caudal del gas, expresado en Nm<sup>3</sup>/h (es decir, reducido a las condiciones de  $T_0$  y  $P_0$ )

$L_E$ : Longitud total equivalente de la cañería (cañería y accesorios) expresada en [m]

$D_i$ : Diámetro interno de la cañería expresado en [mm]

## 3 Cálculo del Diámetro Interior de una Cañería

### 3.1 Criterio de Velocidad

Generalmente, al aplicar la ecuación [7] para el cálculo de cañería en baja o media presión (hasta 4 barg), se asume  $T_f = 15 \text{ °C} = 288.15 \text{ K}$ ,  $Z_f / Z_0 = 1$ .

Utilizando estas aproximaciones, ajustando las unidades y reordenando la ecuación para obtener  $D_i$ , resulta:

$$V_f = \frac{360 \times Q_0}{P_f D_i^2} \quad [8]$$

Donde:

[ $Q_0$ ] = Nm<sup>3</sup>/hr

[ $P_f$ ] = bara

[ $D_i$ ] = mm

[ $V_f$ ] = m/s

La expresión [9] se aplica en el extremo de aguas abajo de cada tramo de cañería, para la condición de caudal máximo y presión de entrada mínima, es decir, para la situación más crítica.

La velocidad máxima admisible del gas es de 40 m/s, pero usualmente se limita a 20 m/s, a fin de prevenir caídas de presión y niveles de ruido excesivos, vibraciones y, eventualmente, daños por erosión.

### 3.2 Criterio de Pérdida de Presión

En sistemas de baja presión (BP, hasta 50 mbarg), la pérdida máxima admisible de presión entre el punto inicial del sistema (típicamente, la conexión de salida del regulador de presión) y cualquier artefacto conectado al sistema, es de 1 mbar:

$$\Delta P_{\text{máx}}|_{\text{BP}} = 1 \text{ mbar} \quad [9a]$$

En los sistemas de media presión (MP, por encima de 50 mbarg y hasta 4 barg), la pérdida máxima admisible de presión es del 20 % del valor manométrico regulado, entre reguladores consecutivos (primario y secundario); y del 10 % del valor manométrico regulado, entre la conexión de salida de un regulador y cualquier artefacto abastecido directamente desde el mismo (es decir, artefactos sin pre-regulador o estabilizador de presión incorporado):

$$\Delta P_{\text{máx}}|_{\text{MP}} = 20 \% \text{ de la presión manométrica regulada, entre reguladores} \quad [9b]$$

$$\Delta P_{\text{máx}}|_{\text{MP}} = 10 \% \text{ de la presión manométrica regulada, entre regulador y artefacto} \quad [9c]$$

La expresión [9a] para sistemas en baja presión puede aplicarse tanto con la ecuación de Poole [8] como con la ecuación cuadrática de Renouard [9], o bien, a través del empleo de las tablas de cálculo de cañerías en baja presión (Anexo I, Tablas IA, IB e IC)

Las expresiones [9b] y [9c] para sistemas en media presión deben aplicarse conjuntamente con la ecuación cuadrática de Renouard [9]

En todos los casos, para el dimensionamiento del diámetro interior mínimo de una cañería, deben aplicarse conjuntamente los criterios de velocidad (3.3) y pérdida de presión (3.4)

---

#### Bibliografía recomendada:

*Instalaciones de Gas (Capítulo IV)* Néstor Pedro Quadri. ISBN 950-553-056-0. Tercera edición actualizada. 1998. Librería y Editorial Alsina.

### **ANEXO I: Tablas para Cálculo de Cañerías**

- Tabla IA: Cañerías internas en baja presión para Gas Natural (UNIT 1005)
- Tabla IB: Cañerías internas en baja presión para Propano Industrial (UNIT 1005)
- Tabla IC: Cañerías internas en baja presión para Gas Manufacturado (UNIT 1005)
- Tabla ID: Longitud equivalente para accesorios roscados (UNIT 1005)
- Tabla IE: Factor de simultaneidad en edificios de apartamentos (UNIT 1005)
- Tabla IF: Propiedades de referencia para los gases
- Tabla IG: Consumo medio de artefactos domésticos (UNIT 1005)
- Tabla IH: Cañería entre regulador primario y secundario para Vapor de Propano  
Sch 40 /  $P_1 = 10$  psig /  $\Delta P = 1$  psi (NFPA 58)
- Tabla II: Cañería entre reguladores de servicio y de línea para Vapor de Propano  
Sch 40 /  $P_1 = 2$  psig /  $DP = 1$  psi (NFPA 58)
- Tabla IJ: Cañería entre regulador secundario y artefacto para Vapor de Propano  
Sch 40 /  $P_1 = 11$  in w. c. /  $\Delta P = 0.5$  psi (NFPA 58)
- Tabla IK: Cañería entre reguladores primario y secundario para Vapor de Propano  
Sch 80 /  $P_1 = 10$  psig /  $\Delta P = 1$  psi (NFPA 58)
- Tabla IL: Cañería entre regulador secundario y artefacto para Vapor de Propano  
Sch 80 /  $P_1 = 11$  in w. c. /  $\Delta P = 0.5$  psi (NFPA 58)
- Tabla IM: Cañería entre reguladores primario y secundario para Vapor de Propano  
Cu - Tipo K /  $P_1 = 10$  psig /  $\Delta P = 1$  psi (NFPA 58)
- Tabla IN: Cañería entre regulador secundario y artefacto para Vapor de Propano  
Cu - Tipo K /  $P_1 = 11$  in w. c. /  $\Delta P = 0.5$  psi (NFPA 58)
- Tabla IO: Cañería entre reguladores primario y secundario para Vapor de Propano  
Cu - Tipo L /  $P_1 = 10$  psig /  $\Delta P = 1$  psi (NFPA 58)
- Tabla IP: Cañería entre reguladores de servicio y de línea para Vapor de Propano  
Cu - Tipo K /  $P_1 = 2$  psig /  $\Delta P = 1$  psi (NFPA 58)
- Tabla IQ: Cañería entre regulador de primera o segunda etapa y artefacto para Vapor de Propano  
Cu - Tipo L /  $P_1 = 11$  in w. c. /  $\Delta P = 0.5$  psi (NFPA 58)
- Tabla IR: Cañería entre reguladores de primera y segunda etapa para Vapor de Propano  
Tubería de Refrigeración de Cobre.  $P_1 = 1$  psig /  $\Delta P = 1$  psi (NFPA 58)
- Tabla IS: Cañería entre regulador de segunda etapa y artefacto para Vapor de Propano  
Tubería de Refrigeración de Cobre.  $P_1 = 11$  in w. c. /  $\Delta P = 0.5$  psi (NFPA 58)
- Tabla IT: Tubería corrugado de acero inoxidable (CSST) para Vapor de Propano  
 $P_1 = 2$  psig /  $\Delta P = 1$  psi (NFPA 58)
- Tabla IU: Tubería corrugado de acero inoxidable (CSST) para Vapor de Propano  
 $P_1 = 11$  in w. c. /  $\Delta P = 0.5$  psi (NFPA 58)
- Tabla IV: Cañería de polietileno (PE) entre reguladores primario y secundario para Vapor de Propano  
 $P_1 = 10$  psig /  $\Delta P = 1$  psi (NFPA 58)
- Tabla IW: Cañería de polietileno (PE) entre reguladores primario y secundario para Vapor de Propano  
 $P_1 = 10$  psig /  $\Delta P = 1$  psi (NFPA 58)
- Tabla IX: Cañería de polietileno (PE) entre regulador secundario y edificio para Vapor de Propano  
 $P_1 = 11$  in w. c. /  $\Delta P = 0.5$  psi (NFPA 58)
- Tabla IY: Diagrama de Presión – Temperatura para mezclas de Vapor de Propano y Aire  
(Aire Propanado) (NFPA 58)
- Tabla IZ: Diagrama de Presión – Punto de Rocío para diversas mezclas GLP (NFPA 58)
- Diagrama IAA: Presión – Densidad para Propano (NFPA 58)
- Diagrama IAB: Temperatura – Densidad para Propano (NFPA 58)

Tabla IA: Cañerías internas en baja presión (hasta 50 mbarg) para Gas Natural (UNIT 1005)

Caudal en litros de gas por hora, para cañerías de diferentes diámetros y longitudes										
Caída de presión: 1 mbar										
Densidad relativa del gas: 0.65										
Longitud Equiv. de Cañería [m]	Diámetro Nominal (en pulgadas) e Interior (en milímetros) – UNIT 134									
	3/8 12.25	1/2 16.45	3/4 21.95	1 27.70	1 ¼ 36.05	1 ½ 42.05	2 53.40	2 ½ 68.00	3 80.25	4 105.00
2	1353	2898	8480	18166	32803	53164	113894	205661	333313	714059
3	1082	2319	6786	14538	26252	42547	91148	164588	266747	571453
4	924	1980	5794	12413	22414	36326	77822	140524	227746	487903
5	818	1751	5126	10980	19828	32134	68842	124310	201467	431604
6	740	1584	4637	9934	17938	29071	62280	112460	182263	390463
7	680	1456	4260	9127	16481	26710	57222	103327	167461	358753
8	631	1353	3959	8481	15315	24821	53174	96018	155615	333374
9	592	1268	3711	7950	14355	23265	49842	90000	145863	312483
10	559	1197	3502	7503	13548	21957	47038	84938	137659	294907
12	505	1083	3168	6788	12256	19864	42554	76842	124537	266796
14	464	995	2911	6236	11261	18251	39099	70601	114423	245129
16	431	924	2705	5795	10464	16960	36333	65607	106328	227788
18	404	866	2536	5432	9809	15897	34056	61496	99665	213513
20	382	818	2393	5126	9257	15003	32140	58037	94059	201504
22	362	776	2271	4865	8785	14237	30501	55076	89260	191223
24	345	740	2165	4638	8375	13573	29077	52504	85093	182296
26	330	708	2072	4438	8014	12989	27826	50245	81432	174453
28	317	680	1989	4261	7694	12470	26715	48241	78183	167492
30	305	654	1915	4103	7408	12006	25722	46446	75275	161261
32	295	632	1848	3960	7150	11588	24825	44828	72652	155643
34	285	611	1788	3830	6916	11209	24012	43359	70272	150544
36	276	592	1733	3712	6702	10862	23270	42019	68099	145890
38	268	575	1682	3603	6506	10544	22589	40789	66106	141619
40	261	559	1635	3503	6325	10251	21961	39655	64269	137684
42	254	544	1592	3410	6158	9980	21380	38606	62569	134042
44	247	530	1552	3324	6002	9728	20840	37632	60990	130659
46	242	517	1514	3244	5858	9493	20338	36724	59518	127506
48	236	505	1479	3169	5722	9274	19867	35875	58143	124559
50	231	494	1446	3099	5595	9068	19427	35080	56853	121797
55	219	469	1373	2941	5310	8606	18436	33290	53952	115583
60	209	447	1309	2803	5062	8204	17575	31736	51434	110187
65	200	428	1252	2683	4844	7851	16819	30370	49221	105446
70	192	411	1202	2576	4651	7538	16148	29158	47257	101238
75	185	396	1158	2480	4478	7257	15547	28074	45499	97472
80	178	382	1117	2393	4322	7004	15005	27096	43914	94077
85	172	369	1081	2315	4180	6775	14514	26208	42475	90994
90	167	358	1047	2243	4051	6565	14065	25398	41162	88181
95	162	347	1017	2178	3932	6373	13653	24654	39957	85600
100	158	338	988	2117	3823	6196	13274	23969	38847	83221
110	150	320	938	2009	3628	5880	12597	22746	36865	78975
120	143	306	894	1915	3459	5605	12009	21684	35144	75288
130	136	292	856	1833	3310	5364	11492	20751	33632	72049
140	131	281	821	1760	3178	5150	11033	19923	32290	69174
150	126	270	791	1694	3060	4959	10623	19182	31088	66601
160	122	261	763	1635	2953	4786	10253	18514	30005	64281
170	118	252	738	1582	2856	4629	9917	17907	29022	62175
180	114	244	716	1533	2768	4486	9610	17354	28125	60252
190	111	237	695	1488	2687	4355	9329	16846	27302	58489
200	108	231	675	1447	2612	4234	9070	16378	26543	56863



## IB: Cañerías internas en baja presión (hasta 50 mbarg) para Propano Industrial (UNIT 1005)

Caudal en litros de gas por hora, para cañerías de diferentes diámetros y longitudes										
Caída de presión: 1 mbar										
Densidad relativa del gas: 1.52										
Longitud Equiv. de Cañería [m]	Diámetro Nominal (en pulgadas) e Interior (en milímetros) – UNIT 134									
	3/8 12.25	1/2 16.45	3/4 21.95	1 27.70	1 ¼ 36.05	1 ½ 42.05	2 53.40	2 ½ 68.00	3 80.25	4 105.00
2	848	1817	5317	11391	20569	33336	71415	128957	208999	447739
3	679	1454	4255	9116	16461	26678	57153	103203	167259	358321
4	579	1241	3633	7783	14054	22778	48797	88114	142805	305932
5	513	1098	3214	6885	12433	20149	43166	77946	126327	270631
6	464	994	2908	6229	11248	18229	39051	70516	114285	244833
7	426	913	2671	5723	10334	16748	35880	64790	105004	224950
8	396	848	2482	5318	9603	15564	33342	60206	97576	209037
9	371	795	2327	4985	9001	14588	31252	56433	91461	195937
10	350	750	2196	4704	8495	13768	29495	53259	86317	184917
12	317	679	1987	4256	7685	12455	26683	48182	78089	167290
14	291	624	1825	3910	7061	11444	24516	44269	71747	153704
16	271	580	1696	3634	6562	10634	22782	41138	66672	142831
18	254	543	1590	3406	6150	9968	21354	38560	62493	133880
20	239	513	1500	3214	5804	9407	20153	36391	58978	126350
22	227	487	1424	3050	5508	8927	19125	34534	55969	119903
24	217	464	1357	2908	5251	8510	18232	32922	53356	114306
26	207	444	1299	2783	5025	8144	17448	31506	51061	109388
28	199	426	1247	2672	4825	7819	16751	30248	49023	105023
30	192	410	1201	2572	4645	7528	16128	29123	47200	101116
32	185	396	1159	2483	4483	7266	15566	28109	45555	97594
34	179	383	1121	2402	4337	7028	15056	27188	44063	94396
36	173	371	1086	2327	4202	6811	14591	26347	42701	91478
38	168	360	1055	2259	4079	6611	14164	25576	41451	88800
40	164	350	1025	2196	3966	6428	13770	24865	40299	86332
42	159	341	998	2138	3861	6258	13406	24207	39233	84049
44	155	332	973	2084	3764	6100	13068	23597	38243	81928
46	151	324	949	2034	3673	5953	12752	23027	37320	79951
48	148	317	928	1987	3588	5815	12458	22495	36457	78103
50	145	310	907	1943	3508	5686	12181	21996	35649	76371
55	137	294	861	1844	3329	5396	11560	20874	33830	72474
60	131	280	820	1758	3174	5144	11020	19899	32251	69091
65	125	268	785	1682	3037	4923	10546	19043	30863	66118
70	120	258	754	1615	2916	4726	10125	18283	29632	63480
75	116	248	726	1555	2808	4550	9749	17603	28529	61119
80	112	239	701	1501	2710	4392	9409	16990	27535	58989
85	108	232	678	1452	2621	4248	9101	16433	26633	57057
90	105	224	657	1407	2540	4117	8819	15925	25810	55293
95	102	218	637	1366	2466	3996	8561	15459	25054	53674
100	99	212	620	1328	2397	3885	8323	15029	24358	52183
110	94	201	588	1260	2275	3687	7899	14263	23115	49520
120	89	192	561	1201	2169	3515	7530	13597	22036	47208
130	86	183	537	1149	2075	3364	7206	13012	21088	45177
140	82	176	515	1103	1993	3229	6918	12493	20247	43375
150	79	169	496	1062	1918	3109	6661	12028	19494	41761
160	76	164	479	1025	1852	3001	6429	11609	18814	40306
170	74	158	463	992	1791	2903	6218	11229	18198	38986
180	72	153	449	961	1736	2813	6026	10881	17635	37780
190	69	149	436	933	1685	2731	5850	10563	17119	36674
200	68	145	423	907	1638	2655	5687	10269	16643	35655

## IC: Cañerías internas en baja presión (hasta 50 mbar) para Gas Manufacturado (UNIT 1005)

Caudal en litros de gas por hora, para cañerías de diferentes diámetros y longitudes										
Caída de presión: 1 mbar										
Densidad relativa del gas: 0.80										
Longitud Equiv. de Cañería [m]	Diámetro Nominal (en pulgadas) e Interno (en milímetros) – UNIT 134									
	3/8 12.25	1/2 16.45	3/4 21.95	1 27.70	1 ¼ 36.05	1 ½ 42.05	2 53.40	2 ½ 68.00	3 80.25	4 105.00
2	1207	2585	7566	16208	29267	47432	101614	183487	297375	637069
3	966	2069	6055	12971	23422	37959	81320	146842	237986	509839
4	825	1766	5169	11074	19997	32409	69431	125373	203191	435297
5	729	1563	4573	9797	17690	28670	61419	110906	179745	385069
6	660	1414	4137	8863	16004	25937	55565	100335	162611	348363
7	606	1299	3801	8143	14704	23831	51052	92186	149405	320072
8	563	1207	3532	7567	13664	22145	47441	85665	138836	297430
9	528	1131	3311	7093	12807	20757	44468	80297	130136	278791
10	498	1068	3125	6694	12087	19589	41967	75780	122816	263110
12	451	966	2827	6056	10935	17722	37966	68557	111109	238030
14	414	887	2597	5564	10047	16283	34883	62989	102086	218699
16	385	825	2413	5170	9336	15131	32415	58533	94864	203228
18	361	773	2262	4846	8751	14183	30384	54865	88919	190492
20	341	730	2135	4574	8259	13385	28675	51779	83918	179778
22	323	692	2026	4340	7838	12702	27212	49137	79636	170605
24	308	660	1931	4138	7472	12109	25942	46843	75919	162641
26	295	632	1848	3960	7150	11588	24825	44828	72652	155643
28	283	606	1775	3802	6865	11126	23835	43039	69753	149433
30	273	584	1709	3660	6609	10712	22948	41438	67158	143874
32	263	563	1649	3533	6379	10339	22149	39995	64819	138862
34	254	545	1595	3417	6170	10000	21423	38684	62695	134312
36	247	528	1546	3311	5979	9691	20761	37488	60757	130160
38	239	513	1500	3214	5804	9407	20153	36391	58978	126350
40	233	498	1459	3125	5643	9146	19593	35380	57339	122839
42	227	485	1420	3042	5494	8904	19075	34444	55823	119589
44	221	473	1384	2966	5355	8679	18593	33575	54414	116571
46	215	462	1351	2894	5226	8470	18145	32764	53101	113759
48	210	451	1320	2827	5105	8274	17725	32007	51874	111129
50	206	441	1290	2765	4992	8090	17332	31297	50723	108665
55	195	418	1225	2623	4737	7678	16448	29700	48135	103120
60	186	399	1167	2501	4516	7319	15680	28314	45888	98306
65	178	382	1117	2393	4322	7004	15005	27096	43914	94077
70	171	367	1073	2298	4149	6725	14407	26015	42161	90323
75	165	353	1033	2212	3995	6475	13871	25047	40593	86963
80	159	341	997	2135	3856	6249	13388	24174	39179	83933
85	154	329	964	2065	3730	6044	12949	23382	37895	81183
90	149	319	934	2002	3614	5858	12549	22659	36724	78673
95	145	310	907	1943	3508	5686	12181	21996	35649	76371
100	141	301	882	1889	3411	5528	11843	21385	34658	74248
110	133	286	837	1793	3237	5246	11239	20294	32890	70460
120	127	273	798	1709	3086	5001	10714	19346	31354	67171
130	122	261	763	1635	2953	4786	10253	18514	30005	64281
140	117	250	733	1570	2835	4595	9844	17775	28808	61716
150	113	241	706	1512	2730	4424	9478	17114	27736	59420
160	109	233	681	1459	2635	4270	9147	16518	26770	57350
170	105	225	659	1411	2548	4130	8848	15977	25893	55471
180	102	218	638	1368	2470	4002	8574	15483	25093	53756
190	99	212	620	1328	2397	3885	8323	15029	24358	52183
200	96	206	602	1291	2331	3777	8092	14612	23681	50732

## ID: Factor de simultaneidad en edificios de apartamentos (UNIT 1005)

La tabla siguiente supone una superficie a calefaccionar de 60 m<sup>2</sup> por apto

Nº de Apartamentos	Solo Cocina	Cocina + Calefacción	Cocina + Termotanque	Cocina + Calentador	Cocina + Termotanque + Calefacción	Cocina + Calentador + Calefacción
	1 m3/apto	1,5 m3/apto	2,5 m3/apto	3 m3/apto	3 m3/apto	3,5 m3/apto
<b>6</b>	0.96	1.00	0.62	0.74	0.70	0.79
<b>7</b>	0.88	0.95	0.58	0.69	0.67	0.74
<b>8</b>	0.83	0.91	0.55	0.64	0.64	0.70
<b>9</b>	0.78	0.88	0.53	0.60	0.62	0.67
<b>10</b>	0.74	0.86	0.51	0.57	0.60	0.65
<b>11</b>	0.71	0.84	0.49	0.55	0.59	0.62
<b>12</b>	0.69	0.82	0.47	0.53	0.58	0.61
<b>13</b>	0.66	0.80	0.46	0.51	0.56	0.59
<b>14</b>	0.64	0.79	0.45	0.49	0.55	0.58
<b>15</b>	0.62	0.78	0.44	0.48	0.54	0.56
<b>16</b>	0.61	0.76	0.43	0.46	0.54	0.55
<b>17</b>	0.59	0.75	0.42	0.45	0.53	0.54
<b>18</b>	0.58	0.74	0.41	0.44	0.52	0.53
<b>19</b>	0.56	0.74	0.40	0.43	0.52	0.52
<b>20</b>	0.55	0.73	0.40	0.42	0.51	0.52
<b>22</b>	0.53	0.72	0.38	0.41	0.50	0.50
<b>24</b>	0.52	0.70	0.37	0.39	0.49	0.49
<b>26</b>	0.50	0.69	0.36	0.38	0.48	0.48
<b>28</b>	0.49	0.68	0.35	0.37	0.48	0.47
<b>30</b>	0.47	0.68	0.35	0.36	0.47	0.46
<b>35</b>	0.45	0.66	0.33	0.34	0.45	0.45
<b>40</b>	0.43	0.65	0.32	0.32	0.44	0.43
<b>45</b>	0.41	0.63	0.31	0.31	0.43	0.42
<b>50</b>	0.40	0.62	0.30	0.30	0.43	0.41
<b>60</b>	0.37	0.61	0.28	0.28	0.41	0.40
<b>70</b>	0.35	0.60	0.27	0.27	0.40	0.38
<b>80</b>	0.34	0.59	0.26	0.26	0.39	0.37
<b>90</b>	0.33	0.58	0.25	0.25	0.39	0.37
<b>100</b>	0.32	0.57	0.24	0.24	0.38	0.36
<b>105</b>	0.31	0.57	0.24	0.23	0.38	0.36
<b>110</b>	0.31	0.56	0.23	0.23	0.38	0.35
<b>120</b>	0.30	0.56	0.23	0.23	0.37	0.35
<b>130</b>	0.29	0.55	0.22	0.22	0.37	0.34
<b>140</b>	0.29	0.55	0.22	0.21	0.36	0.34
<b>150</b>	0.28	0.55	0.21	0.21	0.36	0.33
<b>160</b>	0.27	0.54	0.21	0.21	0.36	0.33
<b>170</b>	0.27	0.54	0.21	0.20	0.35	0.33
<b>180</b>	0.26	0.54	0.20	0.20	0.35	0.33
<b>190</b>	0.26	0.53	0.20	0.20	0.35	0.32
<b>200</b>	0.26	0.53	0.20	0.19	0.34	0.32

## IFa: Propiedades de referencia para algunos gases combustibles \*

Tipo de Gas	Densidad relativa	Q <sub>PS</sub>		
		[kcal/m <sup>3</sup> ]	[kJ/m <sup>3</sup> ]	[Btu/m <sup>3</sup> ]
Gas Natural	0.60	9,300	38,930	36,910
Gas Manufacturado	0.80	4,850	20,300	19,250
GLP (Propano industrial, Supergas Granel) <sup>1</sup>	1.63	23,600	98,800	93,660
GLP (Supergas Envasado) <sup>2</sup>	1.80	26,810	112,200	106,400
Aire propanado <sup>3</sup>	1.38	14,160	59,270	56,200

\* Propiedades a T<sub>0</sub> = 15 °C y P<sub>0</sub> = 1013 mbar, gas seco)

(1) Composición volumétrica 80 % propano 20 % butano

(2) Composición volumétrica 65 % butano 35 % propano

(3) Composición volumétrica 60 % propano 40 % aire

## IFc: Diámetro interior de cañerías de polietileno de alta densidad (PEAD) / SDR 11 (NAG 136)

IFb: Longitud equivalente  
Para accesorios roscados  
de uso común (UNIT 1005)

Accesorio	L <sub>eq</sub> [D <sub>int</sub> ]
Codo a 45°	14
Codo a 90°	30
Curva	20
T (flujo a través)	20
Reducciones	10
T (flujo a 90°)	60
Válvula de globo	333
Válvula de esclusa	7
Válvula macho	100

D <sub>nom</sub> [mm]	D <sub>ext</sub> [mm]		t [mm]		D <sub>int</sub> [mm]
	mín	máx	mín	máx	
16	16,0	16,3	2,3	2,6	10,8
20	20,0	20,3	2,3	2,6	14,8
25	25,0	25,3	2,3	2,6	19,8
32	32,0	32,3	3,0	3,3	25,4
40	40,0	40,4	3,7	4,1	31,8
50	50,0	50,4	4,6	5,0	40,0
63	63,0	63,5	5,8	6,2	50,6
75	75,0	75,5	6,8	7,3	60,4
90	90,0	90,6	8,2	8,8	72,4
110	110,0	110,6	10,0	10,6	88,8
125	125,0	125,6	11,4	12,0	101,0
140	140,0	141,0	12,7	13,5	113,0
160	160,0	161,0	14,6	15,6	128,8
180	180,0	181,2	16,4	17,6	144,8
200	200,0	201,2	18,2	19,5	161,0
225	225,0	226,4	28,5	21,9	181,2
250	250,0	251,5	22,7	24,2	201,6

## IFd: Diámetro interior de cañerías de acero ASTM A53 / Sch. 40 y UNIT 134

Acero - UNIT 134				
D <sub>nom</sub>		D <sub>ext</sub> [mm]	t [mm]	D <sub>int</sub> [mm]
[plg]	[mm]			
1/8	3.2	10,00	2,00	6,00
¼	6.3	13,25	2,25	8,75
3/8	9.5	16,75	2,25	12,25
½	13	21,25	2,40	16,45
¾	19	26,75	2,40	21,95
1	25	33,50	2,90	27,70
1 ¼	32	42,25	3,10	36,05
1 ½	38	48,25	3,10	42,05
2	51	60,00	3,30	53,40
2 ½	64	75,50	3,75	68,00
3	76	88,25	4,00	80,25
4	102	113,50	4,25	105,00
5	127	139,00	4,50	130,00
6	152	164,50	4,50	155,50

Acero - ASTM A53 / Sch. 40						
D <sub>nom</sub>		D <sub>ext</sub>		t		D <sub>int</sub> [mm]
[plg]	[mm]	[plg]	[mm]	[plg]	[mm]	
1/8	3.2	0,405	10,29	0,068	1,73	6,83
¼	6.3	0,540	13,72	0,088	2,24	9,25
3/8	9.5	0,675	17,15	0,091	2,31	12,52
½	13	0,840	21,34	0,109	2,77	15,80
¾	19	1,050	26,67	0,113	2,87	20,93
1	25	1,315	33,40	0,133	3,38	26,64
1 ¼	32	1,660	42,16	0,140	3,56	35,05
1 ½	38	1,900	48,26	0,145	3,68	40,89
2	51	2,375	60,33	0,154	3,91	52,50
2 ½	64	2,875	73,03	0,203	5,16	62,71
3	76	3,500	88,90	0,216	5,49	77,93
3 ½	89	4,000	101,60	0,226	5,74	90,12
4	102	4,500	114,30	0,237	6,02	102,26
5	127	5,563	141,30	0,258	6,55	128,19
6	152	6,625	168,28	0,280	7,11	154,05

IG: Consumo medio de artefactos domésticos

Artefacto	Potencia kW / kcal/hr / Btu/hr	
	desde	hasta
Cocinas		
Quemadores de hornalla chicos	0.9 / 770 / 3,070	1.2 / 1,030 / 4,100
Quemadores de hornalla medianos	1.4 / 1,200 / 4,800	1.6 / 1,380 / 4,040
Quemadores de hornalla grandes	2.3 / 2,000 / 7,850	-
Quemadores de hornos	2.9 / 2,500 / 9,900	4.7 / 4,040 / 16,000
Calentadores instantáneos de agua		
De 3 l/min	5.5 / 4,730 / 18,800	5.8 / 5,000 / 19,800
De 5 l/min	8.2 / 7,050 / 28,000	9.2 / 7,900 / 31,400
De 8 l/min	13.4 / 11,500 / 45,700	14.6 / 12,600 / 49,800
De 10 l/min	17.5 / 15,100 / 59,700	18.7 / 16,100 / 63,800
De 12 l/min	21.0 / 18,100 / 71,700	22.2 / 19,100 / 75,800
De 14 l/min	24.5 / 21,100 / 83,600	26.1 / 22,400 / 89,100
De 16 l/min	28.0 / 24,100 / 95,600	29.8 / 25,600 / 101,700
Calentadores de agua de acumulación		
De 50 l	4.7 / 4,040 / 16,000	5.8 / 5,000 / 19,800
De 75 l	5.8 / 5,000 / 19,800	7.6 / 6,540 / 25,900
De 110 l	7.6 / 6,540 / 25,900	9.3 / 8,000 / 31,700
De 150 l	9.3 / 8,000 / 31,700	11.1 / 9,550 / 37,900
Calefactores de ambiente (estufas)		
Consumos promedio de artefactos para calefacción doméstica	2.9 / 2,490 / 9,900	11.7 / 10,100 / 39,900
Aparatos de calefacción central por aire caliente con circulación forzada		
Consumo promedio en el ámbito doméstico	14 / 12,000 / 47,800	70 / 60,200 / 239,000
Consumo promedio en el ámbito comercial	70 / 60,200 / 239,000	700 / 602,000 / 2,389,000
Heladeras		
Capacidad (m <sup>3</sup> )		
0.070 – 0.090	0.3 / 260 / 1,020	0.4 / 340 / 1,370
0.090 – 0.120	0.4 / 340 / 1,370	0.8 / 690 / 2,730
0.225 – 0.300	0.8 / 690 / 2,730	-
Secadores de ropa		
Consumo aproximado por kilogramo de ropa húmeda (centrifugada)	1.2 / 1,030 / 4,100	-

IH: Cañería entre reguladores primario y secundario para Vapor de Propano (NFPA 58)  
Sch 40 / P<sub>1</sub> = 10 psig / ΔP = 1 psi

**TABLE 15.1(a) Pipe Sizing Between First-Stage and Second-Stage Regulators: Nominal Pipe Size, Schedule 40**

Pipe Length (ft)	1/2 in. 0.622	3/4 in. 0.824	1 in. 1.049	1 1/4 in. 1.38	1 1/2 in. 1.61	2 in. 2.067	3 in. 3.068	3 1/2 in. 3.548	4 in. 4.026
30	1843	3854	7259	14904	22331	43008	121180	177425	247168
40	1577	3298	6213	12756	19113	36809	103714	151853	211544
50	1398	2923	5507	11306	16939	32623	91920	134585	187487
60	1267	2649	4989	10244	15348	29559	83286	121943	169877
70	1165	2437	4590	9424	14120	27194	76622	112186	156285
80	1084	2267	4270	8767	13136	25299	71282	104368	145393
90	1017	2127	4007	8226	12325	23737	66882	97925	136417
100	961	2009	3785	7770	11642	22422	63176	92499	128859
150	772	1613	3039	6240	9349	18005	50733	74280	103478
200	660	1381	2601	5340	8002	15410	43421	63574	88564
250	585	1224	2305	4733	7092	13658	38483	56345	78493
300	530	1109	2089	4289	6426	12375	34868	51052	71120
350	488	1020	1922	3945	5911	11385	32078	46967	65430
400	454	949	1788	3670	5499	10591	29843	43694	60870
450	426	890	1677	3444	5160	9938	28000	40997	57112
500	402	841	1584	3253	4874	9387	26449	38725	53948
600	364	762	1436	2948	4416	8505	23965	35088	48880
700	335	701	1321	2712	4063	7825	22047	32280	44969
800	312	652	1229	2523	3780	7279	20511	30031	41835
900	293	612	1153	2367	3546	6830	19245	28177	39253
1000	276	578	1089	2236	3350	6452	18178	26616	37078
1500	222	464	875	1795	2690	5181	14598	21373	29775
2000	190	397	748	1537	2302	4434	12494	18293	25483

Note: Maximum undiluted propane capacities listed are based on a gauge pressure of 10 psi first stage setting and 1 psi pressure drop. Capacities in 1000 Btu/hr.

II: Cañería entre reguladores de servicio y de línea para Vapor de Propano (NFPA 58)  
Sch 40 / P<sub>1</sub> = 2 psig / ΔP = 1 psi

**TABLE 15.1(b) Pipe Sizing Between 2-psi Service Regulator and Line Pressure Regulator: Nominal Pipe Size, Schedule 40**

Pipe Length (ft)	1/2 in. 0.622	3/4 in. 0.824	1 in. 1.049	1 1/4 in. 1.38	1 1/2 in. 1.61	2 in. 2.067	3 in. 3.068	3 1/2 in. 3.548	4 in. 4.026
10	2687	5619	10585	21731	32560	62708	176687	258696	360385
20	1847	3862	7275	14936	22378	43099	121436	177800	247690
30	1483	3101	5842	11994	17971	34610	97517	142780	198904
40	1269	2654	5000	10265	15381	29621	83462	122201	170236
50	1125	2352	4431	9098	13632	26253	73971	108305	150877
60	1019	2131	4015	8243	12351	23787	67023	98132	136706
70	938	1961	3694	7584	11363	21884	61660	90280	125767
80	872	1824	3436	7055	10571	20359	57363	83988	117002
90	819	1712	3224	6620	9918	19102	53822	78803	109779
100	773	1617	3046	6253	9369	18043	50840	74437	103697
150	621	1298	2446	5021	7524	14490	40826	59776	83272
200	531	1111	2093	4298	6439	12401	34942	51160	71270
250	471	985	1855	3809	5707	10991	30968	45342	63166
300	427	892	1681	3451	5171	9959	28060	41083	57233
350	393	821	1546	3175	4757	9162	25814	37796	52653
400	365	764	1439	2954	4426	8523	24015	35162	48984
450	343	717	1350	2771	4152	7997	22533	32991	45960
500	324	677	1275	2618	3922	7554	21284	31164	43413
600	293	613	1155	2372	3554	6844	19285	28236	39336
700	270	564	1063	2182	3270	6297	17742	25977	36188
800	251	525	989	2030	3042	5858	16506	24167	33666
900	236	493	928	1905	2854	5496	15487	22675	31588
1000	222	465	876	1799	2696	5192	14629	21419	29838
1500	179	374	704	1445	2165	4169	11747	17200	23961
2000	153	320	602	1237	1853	3568	10054	14721	20507

Note: Maximum undiluted propane capacities listed are based on a 2-psig setting and a 1-psi pressure drop. Capacities in 1000 Btu/hr.

IJ: Cañería entre regulador secundario y artefacto para Vapor de Propano (NFPA 58)  
Sch 40 / P<sub>1</sub> = 11 in w. c. / ΔP = 0.5 psi

TABLE 15.1(c) Pipe Sizing Between Second-Stage Regulator and Appliance: Nominal Pipe Size, Schedule 40

Pipe Length (ft)	1/2 in. 0.622	3/4 in. 0.824	1 in. 1.049	1 1/4 in. 1.38	1 1/2 in. 1.61	2 in. 2.067	3 in. 3.068	3 1/2 in. 3.548	4 in. 4.026
10	291	608	1146	2353	3525	6789	19130	28008	39018
20	200	418	788	1617	2423	4666	13148	19250	26817
30	161	336	632	1299	1946	3747	10558	15458	21535
40	137	287	541	1111	1665	3207	9036	13230	18431
50	122	255	480	985	1476	2842	8009	11726	16335
60	110	231	435	892	1337	2575	7256	10625	14801
80	94	198	372	764	1144	2204	6211	9093	12668
100	84	175	330	677	1014	1954	5504	8059	11227
125	74	155	292	600	899	1731	4878	7143	9950
150	67	141	265	544	815	1569	4420	6472	9016
200	58	120	227	465	697	1343	3783	5539	7716
250	51	107	201	412	618	1190	3353	4909	6839
300	46	97	182	374	560	1078	3038	4448	6196
350	43	89	167	344	515	992	2795	4092	5701
400	40	83	156	320	479	923	2600	3807	5303

Note: Maximum undiluted propane capacities listed are based on 11 in w.c. setting and 0.5 in pressure drop. Capacities in 1000 Btu/hr.

IK: Cañería entre reguladores primario y secundario para Vapor de Propano (NFPA 58)  
Sch 80 / P<sub>1</sub> = 10 psig / ΔP = 1 psi

TABLE 15.1(d) Pipe Sizing Between First-Stage and Second-Stage Regulators: Nominal Pipe Size, Schedule 80

Pipe Length (ft)	1/2 in. 0.546	3/4 in. 0.742	1 in. 0.957	1 1/4 in. 1.278	1 1/2 in. 1.5	2 in. 1.939	3 in. 2.9	3 1/2 in. 3.364	4 in. 3.826
30	1309	2927	5706	12185	18548	36368	104539	154295	216246
40	1121	2505	4884	10429	15875	31127	89472	132057	185079
50	993	2221	4328	9243	14069	27587	79297	117039	164032
60	900	2012	3922	8375	12748	24996	71849	106046	148625
70	828	1851	3608	7705	11728	22996	66100	97561	136733
80	770	1722	3357	7168	10911	21393	61494	90762	127204
90	723	1616	3149	6725	10237	20073	57697	85159	119351
100	683	1526	2975	6353	9670	18960	54501	80440	112738
150	548	1226	2389	5105	7765	15236	43766	64596	90533
200	469	1049	2045	4366	6646	13031	37458	55286	77484
250	416	930	1812	3870	5890	11549	33198	48999	68673
300	377	842	1642	3506	5337	10465	30080	44397	62223
350	347	775	1511	3226	4910	9627	27673	40844	57244
400	322	721	1405	3001	4568	8956	25745	37998	53255
450	303	676	1318	2816	4286	8403	24155	35652	49967
500	286	639	1245	2660	4048	7938	22817	33677	47199
600	259	579	1128	2410	3668	7192	20674	30514	42765
700	238	533	1038	2217	3375	6617	19020	28072	39344
800	222	495	966	2062	3139	6156	17694	26116	36602
900	208	465	906	1935	2946	5776	16602	24504	34342
1000	196	439	856	1828	2782	5456	15682	23146	32439
1500	158	353	687	1468	2234	4381	12593	18587	26050
2000	135	302	588	1256	1912	3750	10778	15908	22295

Notes:

(1) Maximum undiluted propane capacities listed are based on a gauge pressure of 10 psi first-stage setting and 1 psi pressure drop. Capacities in 1000 Btu/hr.

(2) To convert to capacities at a gauge pressure of 5 psi with 10 percent (0.5 psi) pressure drop, multiply values by 0.606. To convert to capacities at a gauge pressure of 15 psi with 10 percent (1.5 psi) pressure drop, multiply values by 1.380.

IL: Cañería entre regulador secundario y artefacto para Vapor de Propano (NFPA 58)  
Sch 80 / P<sub>1</sub> = 11 in w. c. / ΔP = 0.5 psi

**TABLE 15.1(e) Pipe Sizing Between Second-Stage Regulator and Appliance: Nominal Pipe Size, Schedule 80**

Pipe Length (ft)	1/2 in. 0.546	3/4 in. 0.742	1 in. 0.957	1 1/4 in. 1.278	1 1/2 in. 1.5	2 in. 1.939	3 in. 2.9	3 1/2 in. 3.364	4 in. 3.826
10	207	462	901	1924	2928	5741	16503	24357	34137
20	142	318	619	1322	2012	3946	11342	16740	23462
30	114	255	497	1062	1616	3169	9108	13443	18841
40	98	218	426	909	1383	2712	7795	11506	16125
50	87	193	377	805	1226	2404	6909	10197	14292
60	78	175	342	730	1111	2178	6260	9239	12949
80	67	150	292	625	951	1864	5358	7908	11083
100	59	133	259	553	842	1652	4748	7009	9823
125	53	118	230	491	747	1464	4208	6212	8706
150	48	107	208	444	677	1327	3813	5628	7888
200	41	91	178	380	579	1135	3264	4817	6751
250	36	81	158	337	513	1006	2892	4269	5983
300	33	73	143	305	465	912	2621	3868	5421
350	30	68	132	281	428	839	2411	3559	4987
400	28	63	122	261	398	780	2243	3311	4640

Note: Maximum undiluted propane capacities listed are based on a 11 in. w.c. setting and 0.5 in. w.c. pressure drop. Capacities in 1000 Btu/hr.

IM: Cañería entre reguladores primario y secundario para Vapor de Propano (NFPA 58)  
Cu - Tipo K / P<sub>1</sub> = 10 psig / ΔP = 1 psi

**TABLE 15.1(f) Pipe Sizing Between First-Stage and Second-Stage Regulators: Outside Diameter Copper Tubing, Type K**

Tubing Length (ft)	3/8 in. 0.305	1/2 in. 0.402	5/8 in. 0.527	3/4 in. 0.652	7/8 in. 0.745
30	284	587	1193	2085	2959
40	243	502	1021	1785	2532
50	216	445	905	1582	2244
60	195	403	820	1433	2033
70	180	371	754	1319	1871
80	167	345	702	1227	1740
90	157	324	659	1151	1633
100	148	306	622	1087	1542
150	119	246	500	873	1239
200	102	210	428	747	1060
250	90	186	379	662	940
300	82	169	343	600	851
350	75	155	316	552	783
400	70	144	294	514	729
450	66	136	276	482	654
500	62	128	260	455	646
600	56	116	236	412	585
700	52	107	217	379	538
800	48	99	202	353	501
900	45	93	189	331	470
1000	43	88	179	313	444
1500	34	71	144	251	356
2000	29	60	123	215	305

Notes:

- (1) Maximum undiluted propane capacities listed are based on a gauge pressure of 10 psi first-stage setting and 1 psi pressure drop. Capacities in 1000 Btu/hr.
- (2) To convert to capacities at a gauge pressure of 5 psi setting with 10 percent (0.5 psi) pressure drop, multiply values by 0.606. To convert to capacities at a gauge pressure of 15 psi setting with 10 percent (1.5 psi) pressure drop, multiply values by 1.380.

IIN: Cañería entre regulador secundario y artefacto para Vapor de Propano (NFPA 58)  
Cu - Tipo K / P<sub>1</sub> = 11 in w. c. / ΔP = 0.5 psi

**TABLE 15.1(g) Copper Tube Sizing Between Second-Stage Regulator and Appliance: Outside Diameter Copper Tubing, Type K**

Tubing Length (ft)	3/8 in. 0.305	1/2 in. 0.402	5/8 in. 0.527	3/4 in. 0.652	7/8 in. 0.745
10	45	93	188	329	467
20	31	64	129	226	321
30	25	51	104	182	258
40	21	44	89	156	221
50	19	39	79	138	196
60	17	35	71	125	177
80	15	30	61	107	152
100	13	27	54	95	134
125	11	24	48	84	119
150	10	21	44	76	108
200	9	18	37	65	92
250	8	16	33	58	82
300	7	15	30	52	74
350	7	14	28	48	68
400	6	13	26	45	63

Note: Maximum undiluted propane capacities listed are based on an 11 in. w.c. setting and 0.5 in. w.c. pressure drop. Capacities in 1000 Btu/hr.



IO: Cañería entre reguladores primario y secundario para Vapor de Propano (NFPA 58)  
Cu - Tipo L / P<sub>1</sub> = 10 psig / ΔP = 1 psi

TABLE 15.1(h) Copper Tube Sizing Between First-Stage and Second-Stage Regulators

Tubing Length (ft)	Outside Diameter Copper Tubing, Type L					Tubing Length (ft)	Outside Diameter Copper Tubing, Type L				
	<sup>3</sup> / <sub>8</sub> in. 0.315	<sup>1</sup> / <sub>2</sub> in. 0.430	<sup>5</sup> / <sub>8</sub> in. 0.545	<sup>3</sup> / <sub>4</sub> in. 0.666	<sup>7</sup> / <sub>8</sub> in. 0.785		<sup>3</sup> / <sub>8</sub> in. 0.315	<sup>1</sup> / <sub>2</sub> in. 0.430	<sup>5</sup> / <sub>8</sub> in. 0.545	<sup>3</sup> / <sub>4</sub> in. 0.666	<sup>7</sup> / <sub>8</sub> in. 0.785
30	309	700	1303	2205	3394	350	82	185	345	584	898
40	265	599	1115	1887	2904	400	76	172	321	543	836
50	235	531	988	1672	2574	450	71	162	301	509	784
60	213	481	896	1515	2332	500	68	153	284	481	741
70	196	443	824	1394	2146	600	61	138	258	436	671
80	182	412	767	1297	1996	700	56	127	237	401	617
90	171	386	719	1217	1873	800	52	118	221	373	574
100	161	365	679	1149	1769	900	49	111	207	350	539
150	130	293	546	923	1421	1000	46	105	195	331	509
200	111	251	467	790	1216	1500	37	84	157	266	409
250	90	222	414	700	1078	2000	32	72	134	227	350
300	89	201	375	634	976						

Note: Maximum undiluted propane capacities listed are based on a pressure of 10 psig first-stage setting and 1 psi pressure drop. Capacities in 1000 Btu/hr.

IP: Cañería entre reguladores de servicio y de línea para Vapor de Propano (NFPA 58)  
Cu – Tipo K / P<sub>1</sub> = 2 psig / ΔP = 1 psi

IQ: Cañería entre regulador de primera o segunda etapa y artefacto para Vapor de Propano (NFPA 58)  
Cu – Tipo L / P<sub>1</sub> = 11 in w. c. / ΔP = 0.5 psi

TABLE 15.1(i) Copper Tube Sizing Between 2-psi Service Regulator and Line Pressure Regulator: Outside Diameter Copper Tubing, Type L

Length (ft)	Tubing (O.D.)				
	<sup>3</sup> / <sub>8</sub> in. 0.315	<sup>1</sup> / <sub>2</sub> in. 0.430	<sup>5</sup> / <sub>8</sub> in. 0.545	<sup>3</sup> / <sub>4</sub> in. 0.666	<sup>7</sup> / <sub>8</sub> in. 0.785
10	451	1020	1900	3215	4948
20	310	701	1306	2210	3401
30	249	563	1049	1774	2731
40	213	482	898	1519	2337
50	189	427	795	1346	2071
60	171	387	721	1219	1877
70	157	356	663	1122	1727
80	146	331	617	1044	1606
90	137	311	579	979	1507
100	130	294	547	925	1424
150	104	236	439	743	1143
200	89	202	376	636	979
250	79	179	333	563	867
300	72	162	302	511	786
350	66	149	278	470	723
400	61	139	258	437	673
450	58	130	242	410	631
500	54	123	229	387	596
600	49	111	207	351	540
700	45	102	191	323	497
800	42	95	177	300	462
900	40	89	167	282	434
1000	37	84	157	266	410
1500	30	68	126	214	329
2000	26	58	108	183	282

Note: Maximum undiluted propane capacity based on a gauge pressure setting of 2 psig and 1 psi pressure drop. Capacities in 1000 Btu/hr.

TABLE 15.1(j) Copper Tube Sizing Between Single-Stage or Second-Stage Regulator and Appliance: Outside Diameter Copper Tubing, Type L

Tubing Length (ft)	Tubing (O.D.)				
	<sup>3</sup> / <sub>8</sub> in. 0.315	<sup>1</sup> / <sub>2</sub> in. 0.430	<sup>5</sup> / <sub>8</sub> in. 0.545	<sup>3</sup> / <sub>4</sub> in. 0.666	<sup>7</sup> / <sub>8</sub> in. 0.785
10	49	110	206	348	536
20	34	76	141	239	368
30	27	61	114	192	296
40	23	52	97	164	253
50	20	46	86	146	224
60	19	42	78	132	203
80	16	36	67	113	174
100	14	32	59	100	154
125	12	28	52	89	137
150	11	26	48	80	124
200	10	22	41	69	106
250	9	19	36	61	94
300	8	18	33	55	85
350	7	16	30	51	78
400	7	15	28	47	73

Note: Maximum undiluted propane capacities listed are based on an 11 in. setting and a 0.5 in. w.c. drop.

IR: Cañería entre reguladores de primera y segunda etapa para Vapor de Propano (NFPA 58)  
Tubería de Refrigeración de Cobre  
 $P_1 = 1 \text{ psig} / \Delta P = 1 \text{ psi}$

IS: Cañería entre regulador de segunda etapa y artefacto para Vapor de Propano (NFPA 58)  
Tubería de Refrigeración de Cobre  
 $P_1 = 11 \text{ in. w. c.} / \Delta P = 0.5 \text{ psi}$

**TABLE 15.1(k) Pipe Sizing Between First-Stage and Second-Stage Regulators: Outside Diameter Refrigeration Tubing**

Tubing Length (ft)	3/8 in.	1/2 in.	5/8 in.	3/4 in.	7/8 in.
30	299	726	1367	2329	3394
40	256	621	1170	1993	2904
50	227	551	1037	1766	2574
60	206	499	939	1600	2332
70	189	459	864	1472	2146
80	176	427	804	1370	1996
90	165	401	754	1285	1873
100	156	378	713	1214	1769
150	125	304	572	975	1421
200	107	260	490	834	1216
250	95	230	434	739	1078
300	86	209	393	670	976
350	79	192	362	616	898
400	74	179	337	573	836
450	69	168	316	538	784
500	65	158	298	508	741
600	59	144	270	460	671
700	54	132	249	424	617
800	51	123	231	394	574
900	48	115	217	370	539
1000	45	109	205	349	509
1500	36	87	165	281	409
2000	31	75	141	240	350

Notes:

- (1) Maximum undiluted propane capacities listed are based on a gauge pressure of 10 psi first-stage setting and 1 psi pressure drop. Capacities in 1000 Btu/hr.
- (2) To convert to capacities at a gauge pressure of 5 psi setting with 10 percent (0.5 psi) pressure drop, multiply values by 0.606. To convert to capacities at a gauge pressure of 15 psi setting with 10 percent (1.5 psi) pressure drop, multiply values by 1.380.

**TABLE 15.1(l) Copper Tube Sizing Between Second-Stage Regulator and Appliance: Outside Diameter of Copper Refrigeration Tubing**

Tubing Length (ft)	3/8 in.	1/2 in.	5/8 in.	3/4 in.	7/8 in.
10	47	115	216	368	536
20	32	79	148	253	368
30	26	63	119	203	296
40	22	54	102	174	253
50	20	48	90	154	224
60	18	43	82	139	203
80	15	37	70	119	174
100	14	33	62	106	154
125	12	29	55	94	137
150	11	26	50	85	124
200	9	23	43	73	106
250	8	20	38	64	94
300	8	18	34	58	85
350	7	17	32	54	78
400	6	16	29	50	73

Note: Maximum undiluted propane capacities listed are based on an 11 in. w.c. setting and 0.5 in. w.c. pressure drop. Capacities in 1000 Btu/hr.

IT: Tubería corrugado de acero inoxidable (CSST) para Vapor de Propano (NFPA 58)  
 $P_1 = 2 \text{ psig} / \Delta P = 1 \text{ psi}$

**TABLE 15.1(m) Maximum Capacity of CSST in Thousands of Btu per Hour of Undiluted Liquefied Petroleum Gases at a Pressure of 2 psig and a Pressure Drop of 1 psi (Based on 1.52 Specific Gravity Gas)**

EHD* Flow Designation	Tubing Length (ft)														
	10	25	30	40	50	75	80	110	150	200	250	300	400	500	
13	426	262	238	203	181	147	140	124	101	86	77	69	60	53	
15	558	347	316	271	243	196	189	169	137	118	105	96	82	72	
18	927	591	540	469	420	344	333	298	245	213	191	173	151	135	
19	1106	701	640	554	496	406	393	350	287	248	222	203	175	158	
23	1735	1120	1027	896	806	663	643	578	477	415	373	343	298	268	
25	2168	1384	1266	1100	986	809	768	703	575	501	448	411	355	319	
30	4097	2560	2331	2012	1794	1457	1410	1256	1021	880	785	716	616	550	
31	4720	2954	2692	2323	2072	1685	1629	1454	1182	1019	910	829	716	638	

Notes:

- (1) Table does not include effect of pressure drop across the line regulator. If regulator loss exceeds 1/2 psi (based on 13 in. w.c. outlet pressure), DO NOT USE THIS TABLE. Consult with regulator manufacturer for pressure drops and capacity factors. Pressure drops across a regulator can vary with flow rate.
  - (2) CAUTION: Capacities shown in table can exceed maximum capacity for a selected regulator. Consult with regulator or tubing manufacturer for guidance.
  - (3) Table includes losses for four 90-degree bends and two end fittings. Tubing runs with larger number of bends or fittings shall be increased by an equivalent length of tubing according to the following equation:  $L = 1.3n$  where  $L$  is additional length (ft) of tubing and  $n$  is the number of additional fittings or bends.
- \* EHD — equivalent hydraulic diameter — a measure of the relative hydraulic efficiency between different tubing sizes. The greater the value of EHD, the greater the gas capacity of the tubing.

IU: Tubería corrugado de acero inoxidable (CSST) para Vapor de Propano (NFPA 58)  
 $P_1 = 11 \text{ in w. c.} / \Delta P = 0.5 \text{ psi}$

**TABLE 15.1(n) Maximum Capacity of CSST in Thousands of Btu per Hour of Undiluted Liquefied Petroleum Gases at a Pressure of 11-in. Water Column and a Pressure Drop of 0.5-in. Water Column (Based on 1.52 Specific Gravity Gas)**

EHD* Flow Designation	Tubing Length (ft)																
	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100	150	200	250	300
13	72	50	39	34	30	28	23	20	19	17	15	15	14	11	9	8	8
15	99	69	55	49	42	39	33	30	26	25	23	22	20	15	14	12	11
18	181	129	104	91	82	74	64	58	53	49	45	44	41	31	28	25	23
19	211	150	121	106	94	87	74	66	60	57	52	50	47	36	33	30	26
23	355	254	208	183	164	151	131	118	107	99	94	90	85	66	60	53	50
25	426	303	248	216	192	177	153	137	126	117	109	102	98	75	69	61	57
30	744	521	422	365	325	297	256	227	207	191	178	169	159	123	112	99	90
31	863	605	490	425	379	344	297	265	241	222	208	197	186	143	129	117	107

Note: Table includes losses for four 90-degree bends and two end fittings. Tubing runs with larger numbers of bends or fittings shall be increased by an equivalent length of tubing to the following equation:  $L = 1.3n$  where  $L$  is additional length (ft) of tubing and  $n$  is the number of additional fittings or bends.

\* EHD — equivalent hydraulic diameter — a measure of the relative hydraulic efficiency between different tubing sizes. The greater the value of EHD, the greater the gas capacity of the tubing.

IV: Cañería de polietileno (PE) entre reguladores primario y secundario para Vapor de Propano (NFPA 58)  
 $P_1 = 10 \text{ psig} / \Delta P = 1 \text{ psi}$

**TABLE 15.1(o) Polyethylene Plastic Pipe Sizing Between First-Stage and Second-Stage Regulators: Nominal Outside Diameter (IPS)**

Plastic Pipe Length (ft)	1/2 in. SDR 9.33 (0.660)	3/4 in. SDR 11.0 (0.860)	1 in. SDR 11.00 (1.077)	1 1/4 in. SDR 10.00 (1.328)	1 1/2 in. SDR 11.00 (1.554)	2 in. SDR 11.00 (1.943)
30	2143	4292	7744	13416	20260	36402
40	1835	3673	6628	11482	17340	31155
50	1626	3256	5874	10176	15368	27612
60	1473	2950	5322	9220	13924	25019
70	1355	2714	4896	8483	12810	23017
80	1261	2525	4555	7891	11918	21413
90	1183	2369	4274	7404	11182	20091
100	1117	2238	4037	6994	10562	18978
125	990	1983	3578	6199	9361	16820
150	897	1797	3242	5616	8482	15240
175	826	1653	2983	5167	7803	14020
200	778	1539	2775	4807	7259	13043
225	721	1443	2603	4510	6811	12238
250	681	1363	2459	4260	6434	11560
275	646	1294	2336	4046	6111	10979
300	617	1235	2228	3860	5830	10474
350	567	1136	2050	3551	5363	9636
400	528	1057	1907	3304	4989	8965
450	495	992	1789	3100	4681	8411
500	468	937	1690	2928	4422	7945
600	424	849	1531	2653	4007	7199
700	390	781	1409	2441	3686	6623
800	363	726	1311	2271	3429	6161
900	340	682	1230	2131	3217	5781
1000	322	644	1162	2012	3039	5461
1500	258	517	933	1616	2441	4385
2000	221	443	798	1383	2089	3753

Notes:

- (1) Maximum undiluted propane capacities listed are based on a pressure of 10 psig first-stage setting and 1 psi pressure drop. Capacities in 1000 Btu/hr.
- (2) Dimensions in parentheses are inside diameter.

IW: Cañería de polietileno (PE) entre reguladores primario y secundario para Vapor de Propano (NFPA 58)  
 $P_1 = 10 \text{ psig} / \Delta P = 1 \text{ psi}$

IX: Cañería de polietileno (PE) entre regulador secundario y edificio para Vapor de Propano (NFPA 58)  
 $P_1 = 11 \text{ in. w. c.} / \Delta P = 0.5 \text{ psi}$

**TABLE 15.1(p) Polyethylene Plastic Tube Sizing Between First-Stage and Second-Stage Regulators: Nominal Outside Diameter (CTS)**

Plastic Tubing Length (ft)	1/2 in. CTS SDR 7.00 (0.445)	1 in. CTS SDR 11.00 (0.927)
30	762	5225
40	653	4472
50	578	3964
60	524	3591
70	482	3304
80	448	3074
90	421	2884
100	397	2724
125	352	2414
150	319	2188
175	294	2013
200	273	1872
225	256	1757
250	242	1659
275	230	1576
300	219	1503
350	202	1383
400	188	1287
450	176	1207
500	166	1140
600	151	1033
700	139	951
800	129	884
900	121	830
1000	114	784
1500	92	629
2000	79	539

Notes:

- (1) Maximum undiluted propane capacities listed are based on 10 psig first-stage setting and 1 psi pressure drop. Capacities in 1000 Btu/hr.
- (2) Dimensions in parentheses are inside diameter.

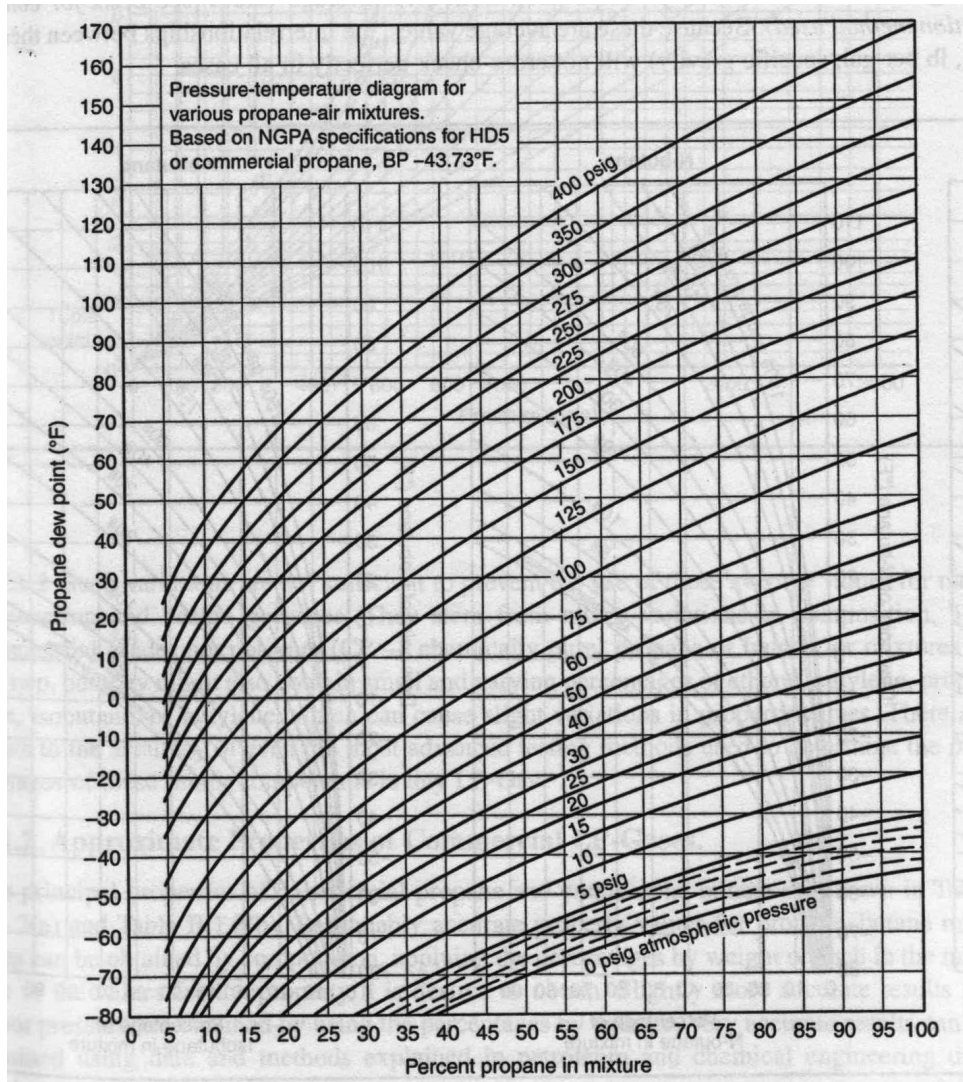
**TABLE 15.1(q) Polyethylene Plastic Tube Sizing Between Second-Stage Regulator and Building: Nominal Outside Diameter (CTS)**

Plastic Tubing Length (ft)	1/2 in. CTS SDR 7.00 (0.445)	1 in. CTS SDR 11.00 (0.927)
10	121	829
20	83	569
30	67	457
40	57	391
50	51	347
60	46	314
70	42	289
80	39	269
90	37	252
100	35	238
125	31	211
150	28	191
175	26	176
200	24	164
225	22	154
250	21	145
275	20	138
300	19	132
350	18	121
400	16	113

Notes:

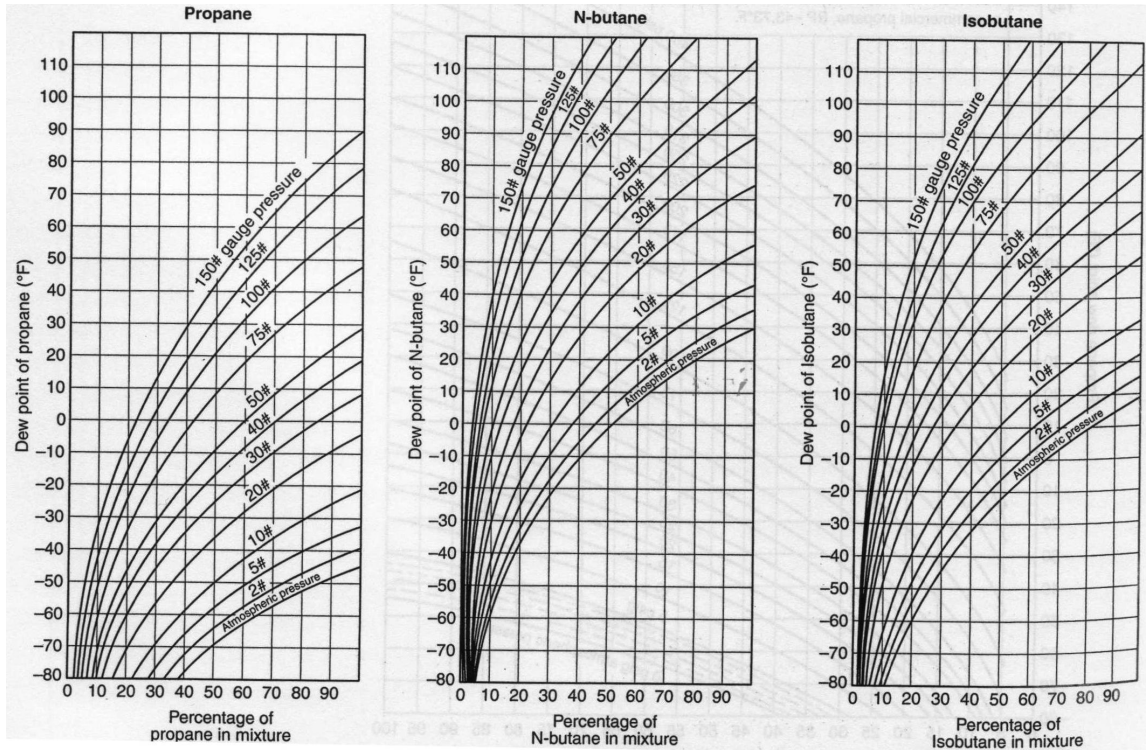
- (1) Maximum undiluted propane capacities listed are based on 11 in w.c. setting and a 0.5 in. w.c. pressure drop. Capacities in 1000 Btu/hr.
- (2) Dimensions in parentheses are inside diameter.

IY: Diagrama de Presión – Temperatura para mezclas de Vapor de Propano y Aire (Aire Propanado)  
(NFPA 58)

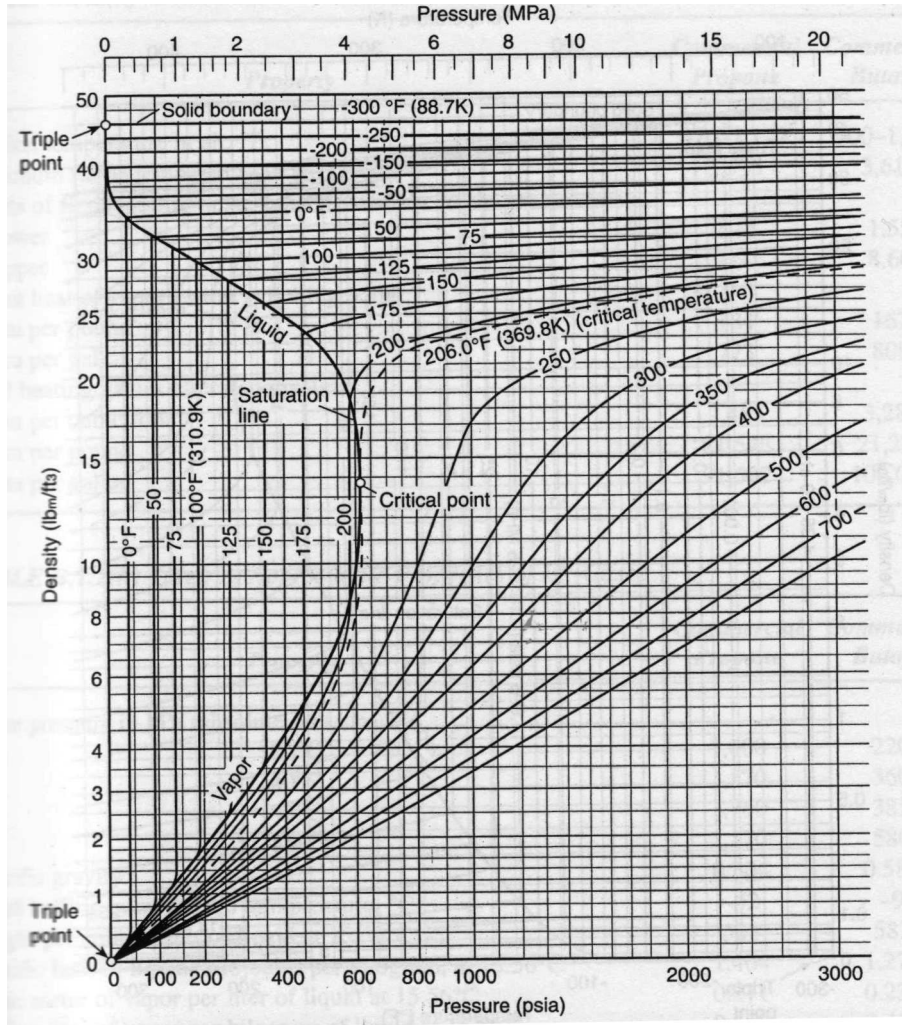




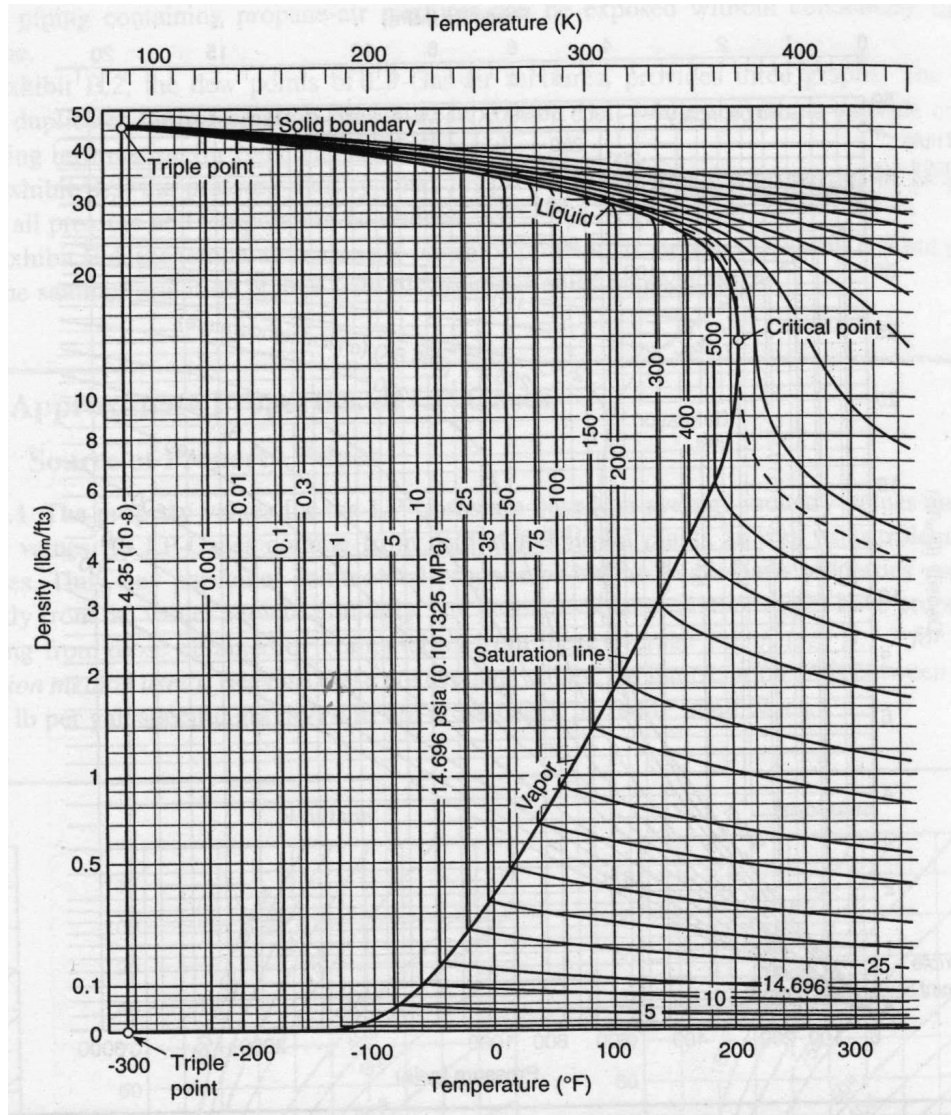
IZ: Diagrama de Presión – Punto de Rocío para diversas mezclas GLP (NFPA 58)



IAA: Diagrama de Presión – Densidad para Propano (NFPA 58)



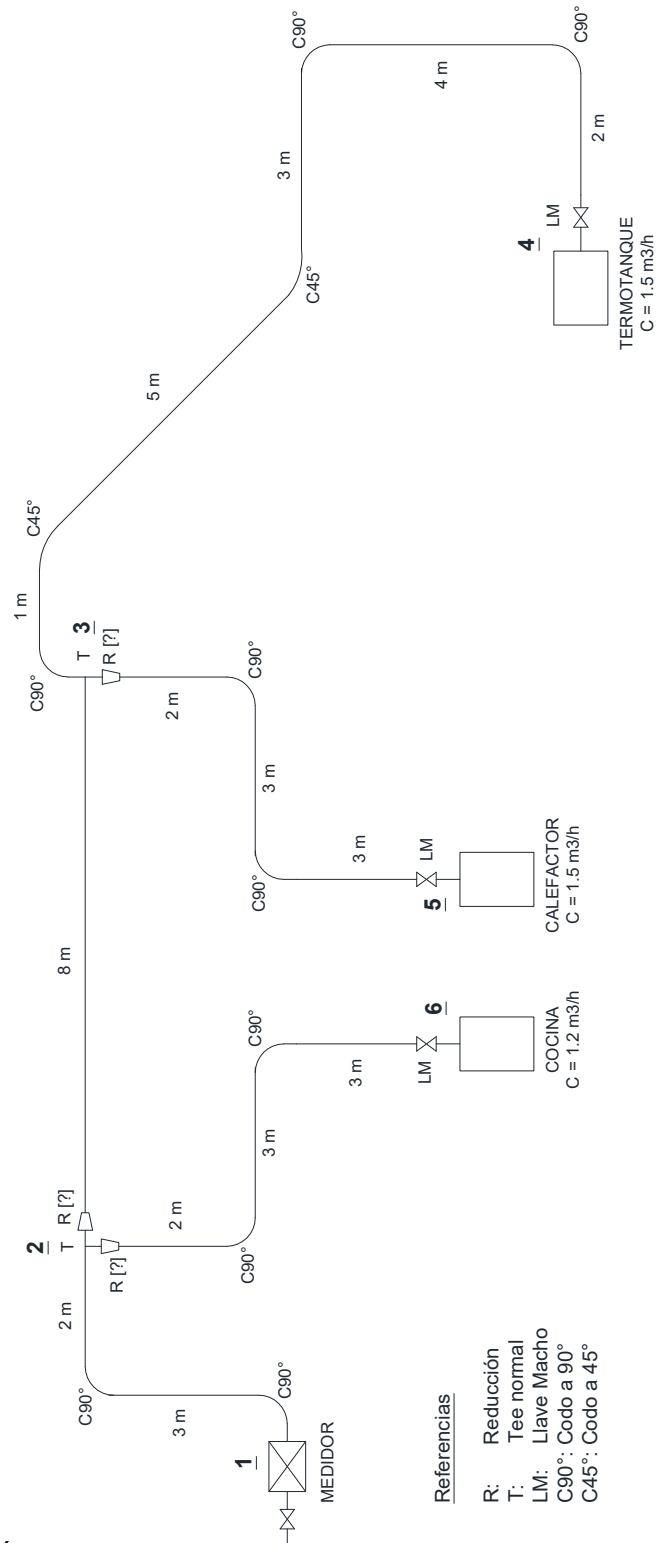
IAB: Diagrama de Temperatura – Densidad para Propano (NFPA 58)





**ANEXO I: Ejemplos Resueltos**

Ejemplo 01: Calcular el diámetro comercial mínimo requerido en cada una de las cañerías de la instalación de gas natural en baja presión que se esquematiza a continuación:



- Referencias**
- R: Reducción
  - T: Tee normal
  - LM: Llave Macho
  - C90°: Codo a 90°
  - C45°: Codo a 45°

**Resolución**

Bases para el cálculo:

- 1 Norma de aplicación: UNIT 1005 - 2010 (instalación residencial o comercial/industrial con potencia térmica nominal inferior a 70 kW, equivalente a un consumo nominal total máximo de 6.47 Nm<sup>3</sup>/hr de gas natural, lo cual se verifica en este caso)
- 2 Gas Natural, con poder calorífico superior de acuerdo a lo indicado en la Tabla 2.3 de la Norma UNIT 1005 – 2010:  $Q_{PS} = 9300 \text{ kcal/Nm}^3 = 38930 \text{ kJ/Nm}^3$
- 3 Suministro en baja presión ( $P_1 = 20 \text{ mbarg}$ , para el caso del gas natural)
- 4 Pérdida de presión máxima admisible en la instalación: 1 mbar.
- 5 El cálculo se realizará utilizando la Tabla 2.4 de la Norma UNIT 1005 – 2010 para cañerías de gas natural en baja presión.
- 6 El cálculo se realizará asumiendo que las cañerías serán de acero, roscadas, según norma UNIT 134 – 1969 y coeficientes de pérdida de carga localizada (longitud equivalente) de accesorios (“fittings”) de acuerdo con lo indicado en la Tabla 2.2 de la Norma UNIT 1005 – 2010:

Accesorio	$L_{eq}$ [DN]
Codo a 45°	14
Codo a 90°	30
Curva	20
T (flujo a través)	20
Reducciones	10
T (flujo a 90°)	60
Válvula de globo	333
Válvula de esclusa	7
Válvula macho	100

Acero - UNIT 134				
DN		$D_{ext}$ [mm]	$t$ [mm]	$D_{int}$ [mm]
[plg]	[mm]			
1/8	3.2	10,00	2,00	6,00
1/4	6.3	13,25	2,25	8,75
3/8	9.5	16,75	2,25	12,25
1/2	13	21,25	2,40	16,45
3/4	19	26,75	2,40	21,95
1	25	33,50	2,90	27,70
1 1/4	32	42,25	3,10	36,05
1 1/2	38	48,25	3,10	42,05
2	51	60,00	3,30	53,40
2 1/2	64	75,50	3,75	68,00
3	76	88,25	4,00	80,25
4	102	113,50	4,25	105,00
5	127	139,00	4,50	130,00
6	152	164,50	4,50	155,50

### Desarrollo del cálculo

#### 1 - Cálculo preliminar

- i. Se identifican los nodos de la instalación y se indican en el esquema: 1, 2, 3, 4.
- ii. Quedan así definidos los tramos de cañería: [1 – 2], [2 – 3], [3 – 4], [3 - 5], [2 – 6]
- iii. El cálculo preliminar se realiza sin considerar los accesorios, ya que, a priori, no se conoce el diámetro de los diversos tramos.
- iv. El cálculo se organiza, para cada tramo, comenzando desde el artefacto más alejado del tramo en cuestión hasta el medidor:

$$\text{Tramo} = [3 - 4]$$

$$\text{Longitud (preliminar) a considerar: } L_{14} = (3 + 2 + 8 + 1 + 5 + 3 + 4 + 2) \text{ m} = 28 \text{ m}$$

$$\text{Consumo: } C_4 = 1500 \text{ lt/hr}$$

$$\text{Tramo } [2 - 3]$$

$$\text{Longitud (preliminar) a considerar: } L_{14} = (3 + 2 + 8 + 1 + 5 + 3 + 4 + 2) \text{ m} = 28 \text{ m}$$

$$\text{Consumo: } C_4 + C_5 = 3000 \text{ lt/hr}$$

**Tramo [3 – 5]**

Longitud (preliminar) a considerar:  $L_{15} = (3 + 2 + 8 + 2 + 3 + 3) \text{ m} = 21 \text{ m}$

Consumo:  $C_5 = 1500 \text{ lt/hr}$

**Tramo [2 – 6]**

Longitud (preliminar) a considerar:  $L_{16} = (3 + 2 + 2 + 3 + 3) \text{ m} = 13 \text{ m}$

Consumo:  $C_6 = 1200 \text{ lt/hr}$

**Tramo [1 – 2]**

Longitud (preliminar) a considerar:  $L_{14} = (3 + 2 + 8 + 1 + 5 + 3 + 4 + 2) \text{ m} = 28 \text{ m}$

Consumo:  $C_4 + C_5 + C_6 = 4200 \text{ lt/hr}$

- v. Utilizando la Tabla 2.4 de la Norma UNIT 1005 - 2010 (aproximando siempre por exceso, cuando no se encuentra el valor exacto en la tabla) se obtienen los siguientes diámetros preliminares:

$$D_{3-4} = \frac{3}{4}'' \text{ nom. (19 mm)}$$

$$D_{2-3} = 1'' \text{ nom. (25 mm)}$$

$$D_{3-5} = \frac{3}{4}'' \text{ nom. (19 mm)}$$

$$D_{2-6} = \frac{3}{4}'' \text{ nom. (19 mm)}$$

$$D_{1-2} = 1'' \text{ nom. (25 mm)}$$

**2 – Cálculo corregido, con pérdidas de carga en los accesorios**

- vi. A continuación, se corrigen las longitudes preliminares de cada tramo, añadiendo la longitud equivalente de cada accesorio (incluyendo las reducciones que se deben agregar, de acuerdo con los diámetros preliminares calculados en la sección anterior)

Se utilizan las longitudes equivalentes de accesorios definidos en la Tabla 2.2 de la Norma UNIT 1005 – 2010 (se asumen que las llaves utilizadas son de obturador esférico y de pase total, por lo cual no introducen pérdidas de carga significativas):

$$L_{14\text{-corr}} = 28 \text{ m} + (2 \times 30 + 1 \times 20 + 1 \times 10) \times 0.025 \text{ m} + (1 \times 60 + 3 \times 20 + 2 \times 14) \times 0.019 = 33.1 \text{ m}$$

$$L_{15\text{-corr}} = 21 \text{ m} + (2 \times 30 + 1 \times 20 + 1 \times 10) \times 0.025 \text{ m} + (1 \times 60 + 2 \times 30) \times 0.019 = 25.5 \text{ m}$$

$$L_{16\text{-corr}} = 13 \text{ m} + (2 \times 30 + 1 \times 60) \times 0.025 \text{ m} + (1 \times 10 + 2 \times 30) \times 0.019 = 17.3 \text{ m}$$

Se han incluido dos reducciones:  $1'' \times \frac{3}{4}''$  en el nodo 2 (aguas abajo, al inicio del tramo de  $\frac{3}{4}''$ ) y  $1'' \times \frac{3}{4}''$  en el nodo 3 (aguas arriba, al final del tramo de  $1''$ )

- vii. Con los valores de longitud corregidos (longitudes equivalentes), se recurre nuevamente a la Tabla 2.4 de la Norma UNIT 1005 - 2010, recalculando los diámetros de cada tramo de cañería:

Tramo [3 – 4]:  $L_{14\text{-corr}} = 33.1 \text{ m}$ ;  $C = 1500 \text{ lt/hr}$ ;  $D_{3-4} = \frac{3}{4}'' \text{ nom.: VERIFICA}$

Tramo [2 – 3]:  $L_{14\text{-corr}} = 33.1 \text{ m}$ ;  $C = 3000 \text{ lt/hr}$ ;  $D_{2-3} = 1'' \text{ nom.: VERIFICA}$

Tramo [3 – 5]:  $L_{15\text{-corr}} = 25.5 \text{ m}$ ;  $C = 1500 \text{ lt/hr}$ ;  $D_{3-5} = \frac{3}{4}'' \text{ nom.: VERIFICA}$

Tramo [2 – 6]:  $L_{16\text{-corr}} = 17.3 \text{ m}$ ;  $C = 1200 \text{ lt/hr}$ ;  $D_{2-6} = \frac{3}{4}'' \text{ nom.: VERIFICA}$

Tramo [1 – 2]:  $L_{14\text{-corr}} = 33.1 \text{ m}$ ;  $C = 4200 \text{ lt/hr}$ ;  $D_{1-2} = 1\frac{1}{4}'' \text{ nom.: SE CORRIGE}$

Con el diámetro  $D_{1-2} = 1\frac{1}{4}''$  (32 mm) corregido, se recalculan las longitudes equivalentes, obteniendo:

$$L_{14\text{-corr}} = 28 \text{ m} + (2 \times 30 + 1 \times 10) \times 0.032 \text{ m} + (1 \times 20 + 1 \times 10) \times 0.025 \text{ m} + (1 \times 60 + 3 \times 20 + 2 \times 14) \times 0.019 = 33.8 \text{ m}$$

$$L_{15\text{-corr}} = 21 \text{ m} + (2 \times 30 + 1 \times 10) \times 0.032 \text{ m} + (1 \times 20 + 1 \times 10) \times 0.025 \text{ m} + (1 \times 60 + 2 \times 30) \times 0.019 = 26.3 \text{ m}$$

$$L_{16\text{-corr}} = 13 \text{ m} + (2 \times 30 + 1 \times 10) \times 0.032 \text{ m} + (1 \times 60) \times 0.025 \text{ m} + (1 \times 10 + 2 \times 30) \times 0.019 = 18.1 \text{ m}$$

Se han incluido, en total, tres reducciones:  $1\frac{1}{4} \times 1$ " en el nodo 2 (aguas arriba, al final del tramo de  $1\frac{1}{4}$ ");  $1 \times \frac{3}{4}$ " en el nodo 3 (aguas arriba, al final del tramo de 1"); y  $1 \times \frac{3}{4}$ " en el nodo 2 (aguas abajo, al inicio del tramo de  $\frac{3}{4}$ "

### 3 – Respuesta

$$D_{3-4} = \frac{3}{4} \text{ nom. (19 mm)}$$

$$D_{2-3} = 1 \text{ nom. (25 mm)}$$

$$D_{3-5} = \frac{3}{4} \text{ nom. (19 mm)}$$

$$D_{2-6} = \frac{3}{4} \text{ nom. (19 mm)}$$

$$D_{1-2} = 1\frac{1}{4} \text{ nom. (32 mm)}$$

Observación: El cálculo del diámetro mínimo de cañerías que trabajan en baja presión suele realizarse a partir de ecuaciones lineales (por ejemplo, la fórmula de Poole, utilizada para la confección de las tablas incluidas en la Norma UNIT 1005 - 2010), en las cuales se asume que, en cada tramo [i-j] de cañería con sección (diámetro interior  $D_{i-j}$ ) constante, la pérdida de carga ( $\Delta P_{i-j}$ ) es directamente proporcional a la longitud del tramo en cuestión ( $L_{i-j}$ ), para un caudal fijo ( $C_{i-j}$ ) pre-establecido:  $\Delta P_{i-j} = K_{Dij,Cij} L_{i-j}$ , siendo  $K_{Dij,Cij}$  constante en cada tramo de cañería con diámetro y caudal fijos.

Si se considera, por ejemplo, la trayectoria del gas entre el medidor [1] y el artefacto [4], la caída de carga para dicho artefacto será:

$$\Delta P_{1-4} = \Delta P_{1-2} + \Delta P_{2-3} + \Delta P_{3-4}$$

$$\Delta P_{1-4} = K_{C12,D12} L_{1-2} + K_{C23,D23} L_{2-3} + K_{C34,D34} L_{3-4}$$

$$\Delta P_{1-4} = K_{C12,D12} L_{1-4} (L_{1-2} / L_{1-4}) + K_{C23,D23} L_{1-4} (L_{2-3} / L_{1-4}) + K_{C34,D34} L_{1-4} (L_{3-4} / L_{1-4})$$

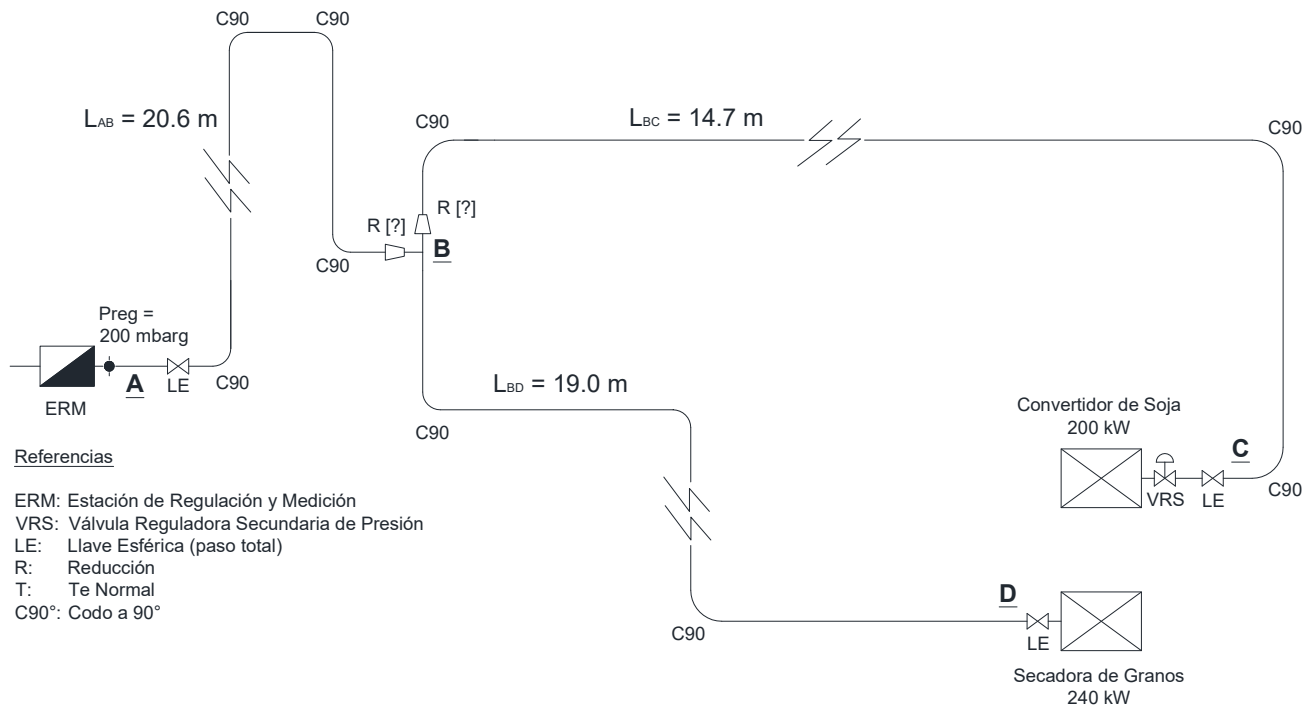
$$\Delta P_{1-4} \leq 1 \text{ mbar } (L_{1-2} / L_{1-4}) + 1 \text{ mbar } (L_{2-3} / L_{1-4}) + 1 \text{ mbar } (L_{3-4} / L_{1-4})$$

$$\Delta P_{1-4} \leq 1 \text{ mbar } (L_{1-2} + L_{2-3} + L_{3-4}) / L_{1-4}$$

$$\Delta P_{1-4} \leq 1 \text{ mbar } (L_{1-4}) / L_{1-4} = 1 \text{ mbar}$$

$$\Delta P_{1-4} \leq 1 \text{ mbar}$$

Ejemplo 02: Calcular el diámetro comercial óptimo requerido en cada una de las cañerías de la instalación de gas natural que se esquematiza a continuación, completando la planilla correspondiente:



Tramo	$P_1$ [barg]	C [Nm <sup>3</sup> /hr]	$D_{int}$ [mm]	DN [plg]	$L_{eq}$ [m]	$\Delta P^2$ [bar <sup>2</sup> ]	$\Delta P$ [bar]	$P_2$ [barg]	$P_{2-min}$ [barg]	$\Delta P_{Tot}$ [% $P_1$ ]	$\Delta P_{adm}$ [% $P_1$ ]	V [m/s]	$D_x L$ [plg x m]

**Resolución**

Bases para el cálculo:

- 1 Norma de aplicación: NAG 201 (instalación industrial con potencia térmica nominal igual o superior a 70 kW, equivalente a un consumo nominal total máximo de 6.47 Nm<sup>3</sup>/hr de gas natural, lo cual se verifica en este caso)  
 Se aplica la correlación cuadrática de Renouard, con las limitaciones de pérdida de carga y velocidad admisibles (según lo establecido en la Norma NAG 201 – Sección 2.5), programada en una planilla de cálculo que se organiza por tramo de cañería.  
 Se acotan las caídas de presión a un máximo admisible del 10 % entre el regulador y el artefacto alimentado directamente (sin regulador secundario o estabilizador de presión), y a un 20 % entre reguladores consecutivos.  
 Se verifica que la velocidad máxima del gas no supere los 20 m/s, calculada en el extremo de aguas abajo de cada tramo de cañería, utilizando la fórmula indicada en la Sección 2.5 de la Norma NAG 201.
- 2 Gas Natural, con poder calorífico superior  $Q_{PS} = 9300 \text{ kcal/Nm}^3 = 38930 \text{ kJ/Nm}^3$  y densidad relativa al aire  $G = 0.6$  No se considera la corrección por factor de compresibilidad (es decir, se asume  $Z = 1$  en la ecuación cuadrática de Renouard)
- 3 El cálculo se realizará asumiendo que las cañerías serán de acero, roscadas, según norma ASTM A53 (cédula 40) y coeficientes de pérdida de carga localizada (longitud equivalente) de accesorios (“fittings”) de acuerdo con lo indicado en las tablas siguientes:

Accesorio	$L_{eq}$ [DN]
Codo a 45°	14
Codo a 90°	30
Curva	20
T (flujo a través)	20
Reducciones	10
T (flujo a 90°)	60
Válvula de globo	333
Válvula de esclusa	7
Válvula macho	100

Acero - ASTM A53 / Sch. 40						
DN		$D_{ext}$		t		$D_{int}$ [mm]
[plg]	[mm]	[plg]	[mm]	[plg]	[mm]	
1/8	3.2	0,405	10,29	0,068	1,73	6,83
1/4	6.3	0,540	13,72	0,088	2,24	9,25
3/8	9.5	0,675	17,15	0,091	2,31	12,52
1/2	13	0,840	21,34	0,109	2,77	15,80
3/4	19	1,050	26,67	0,113	2,87	20,93
1	25	1,315	33,40	0,133	3,38	26,64
1 1/4	32	1,660	42,16	0,140	3,56	35,05
1 1/2	38	1,900	48,26	0,145	3,68	40,89
2	51	2,375	60,33	0,154	3,91	52,50
2 1/2	64	2,875	73,03	0,203	5,16	62,71
3	76	3,500	88,90	0,216	5,49	77,93
3 1/2	89	4,000	101,60	0,226	5,74	90,12
4	102	4,500	114,30	0,237	6,02	102,26
5	127	5,563	141,30	0,258	6,55	128,19
6	152	6,625	168,28	0,280	7,11	154,05

Desarrollo del cálculo

El cálculo se realiza en una planilla (anexa), programada con la ecuación cuadrática de Renouard y con la fórmula de cálculo de la velocidad del gas.

Se ajusta (selecciona) manualmente el diámetro interno de cada tramo de cañería, hasta minimizar la sumatoria  $\Sigma (D \times L)$  indicativa del costo o cantidad de material requerido, verificando siempre que se cumplan las restricciones de pérdida de carga y velocidad admisibles.

Las fórmulas programadas, expresadas en las unidades usuales de trabajo, son las siguientes:

Fórmula cuadrática de Renouard:

$$P_1^2 - P_2^2 = 48.6 \frac{GL_{eq} C^{1.82}}{D_{int}^{4.82}}$$

$P_1, P_2$ : Presiones absolutas inicial y final (en los extremos del tramo de cañería), expresadas en bara

G: Densidad relativa del gas (respecto al aire atmosférico)

C: Caudal del gas en Nm<sup>3</sup>/h (es decir, reducido a las condiciones de  $T_0$  y  $P_0$ )

$L_{eq}$ : Longitud total equivalente (cañería y accesorios), expresada en m

$D_{int}$ : Diámetro interno de la cañería, expresado en mm

Velocidad del gas:

$$V_2 = \frac{360C}{P_2 D_{int}^2}$$

$V_2$ : Velocidad del gas en el extremo final (aguas abajo) del tramo de cañería, expresada en m/s

$P_2$ : Presión absoluta en el extremo final (aguas abajo) del tramo de cañería, expresada en bara

C: Caudal del gas en Nm<sup>3</sup>/h (es decir, reducido a las condiciones de  $T_0$  y  $P_0$ )

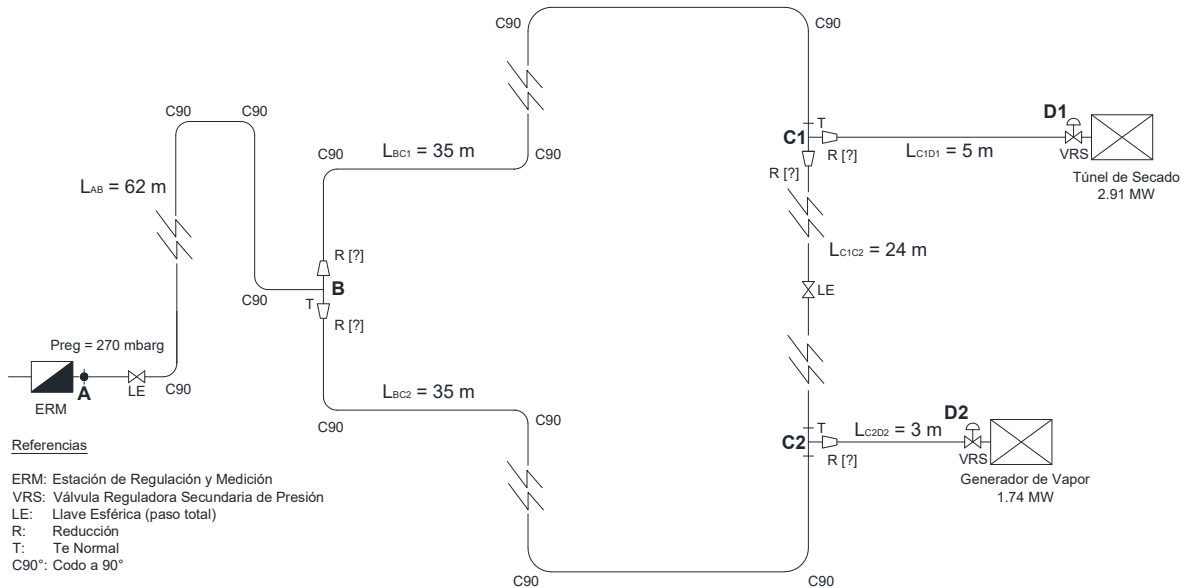
$D_{int}$ : Diámetro interno de la cañería, expresado en mm

Resultados

Tramo	Q [Nm <sup>3</sup> /hr]	$L_{real-cañ}$ [m]	$L_{eq-cañ}$ [m]	$P_1$ [barg]	$\Delta P^2$ [bar <sup>2</sup> ]	$P_2$ [barg]	$\Delta P$ [bar]	$D_{int}$ [mm]	$D_{nom}$ [pulg]	$V_{cañ}$ [m/s]	$P_{2-min}$ [barg]	$\Delta P_{Tot}$ [% $P_1$ ]	$\Delta P_{máx-adm}$ [% $P_1$ ]	$V_{máx-adm}$ [m/s]	C [DxL]
A-B	40.7	20.6	24.8	0.200	0.022000	0.191	0.0091	35.05	1 1/4	9.9	N/A	4.6	N/A	20	31
B-C	18.5	14.7	18.5	0.191	0.046969	0.171	0.0197	20.93	3/4	12.8	0.160	14.4	20	20	14
B-D	22.2	19.0	23.0	0.191	0.025435	0.180	0.0106	26.64	1	9.4	0.180	9.9	10	20	23
															68

Ejemplo 03: Se considera el anteproyecto de una instalación industrial de gas natural por cañería en media presión, a los efectos del dimensionamiento de cada tramo de cañería.

- a) Calcular los diámetros comerciales mínimos requeridos en las cañerías de la instalación (excepto el tramo  $C_1C_2$ ), asumiendo que la llave de paso LE instalada en dicho tramo se mantiene cerrada.
- b) Con la instalación operando a caudal pleno, se habilita el tramo  $C_1C_2$ , abriendo para ello la llave de paso LE ubicada en dicho tramo.
  - b<sub>1</sub>) Indicar el sentido del flujo de gas en el tramo  $C_1C_2$ .
  - b<sub>2</sub>) Calcular el caudal de gas en el tramo  $C_1C_2$ .





**Resolución**

a)

Bases para el cálculo:

- 1 Se aplica la correlación cuadrática de Renouard, utilizando las propiedades de referencia para el gas natural definidas en el curso (Módulo I / Propiedades Físico-Químicas de los Gases Combustibles: QPS = 9300 kcal/m<sup>3</sup> = 38930 kJ/m<sup>3</sup>, G = 0.60), programada en una planilla de cálculo que se organiza por tramo de cañería.
- 2 Se acotan las caídas de presión a un máximo admisible del 10 % entre el regulador de presión y los artefactos alimentados directamente (sin regulador secundario o estabilizador de presión), y al 20 % entre reguladores consecutivos. Se verifica que la velocidad del gas, en cualquier punto de la cañería, sea inferior a 20 m/s.
- 3 Para las longitudes equivalentes de accesorios (a los efectos de estimar las pérdidas localizadas de carga en codos, tes y reducciones) se asumen los valores típicos utilizados en los ejemplos resueltos del curso
- 4 Los diámetros comerciales de las cañerías (interior y nominal) se especifican de acuerdo con la Norma UNIT 134, o ASTM A53; en este caso, la resolución se realizará según ASTM A53 – Sch. 40.

Tramo	Q [Nm <sup>3</sup> /hr]	L <sub>real-cañ</sub> [m]	L <sub>eq-cañ</sub> [m]	P <sub>1</sub> [barg]	ΔP <sup>2</sup> [bar <sup>2</sup> ]	P <sub>2</sub> [barg]	ΔP [bar]	D <sub>int</sub> [mm]	D <sub>nom</sub> [plg]	V <sub>cañ</sub> [m/s]	C [DxL]	P <sub>2-min</sub> [barg]	ΔP <sub>Tot</sub> [% P <sub>1</sub> ]	ΔP <sub>máx-adm</sub> [% P <sub>1</sub> ]	V <sub>máx-adm</sub> [m/s]	
AB	430,0	62,00	74,27	0,270	0,027653	0,259	0,011	102,26	4	11,64	7595	N/A	4,0	N/A	20	
BC <sub>1</sub>	269,1	35,00	46,91	0,259	0,078592	0,228	0,031	62,71	2 1/2	19,85	2942	N/A	15,6	N/A	20	
C <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	269,1	5,00	8,76	0,228	0,014679	0,222	0,006	62,71	2 1/2	19,95	550	0,216	17,8	20	20	
BC <sub>2</sub>	160,9	35,00	44,98	0,259	0,069590	0,232	0,028	52,50	2	16,89	2361	N/A	14,2	N/A	20	
C <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	160,9	3,00	6,15	0,232	0,009516	0,228	0,004	52,50	2	16,94	323	0,216	15,7	20	20	
											13771					

D <sub>n</sub> [plg]	D <sub>ext</sub> [plg]	t [mm]	D <sub>int</sub> [mm]
1	1,315	3,38	26,64
1 1/2	1,900	3,68	40,89
2	2,375	3,91	52,50
2 1/2	2,875	5,16	62,71
3	3.500	5.49	77.93
3 1/2	4.000	5.74	90.12
4	4.500	6.02	102.26
5	5.563	6.55	128.19
6	6.625	7.11	154.05

Accesorio	L <sub>eq</sub> [DN]
Codo a 45°	14
Codo a 90°	30
Curva	20
T (flujo a través)	20
Reducciones	10
T (flujo a 90°)	60
Válvula de globo	333
Válvula de esclusa	7
Válvula macho	100

- b<sub>1</sub>) Debido a que la presión en el punto C<sub>2</sub> es ligeramente superior a la presión en el punto C<sub>1</sub> (P<sub>C2</sub> = 232 mbarg > 228 mbarg = P<sub>C1</sub>), al abrir la llave de paso LE del tramo C<sub>1</sub>C<sub>2</sub>, el gas circulará desde C<sub>2</sub> hacia C<sub>1</sub>.
- b<sub>2</sub>) El caudal circulante en el tramo C<sub>1</sub>C<sub>2</sub>, con la llave LE de dicho tramo en posición abierta, se determina por iteración (sobre el valor de dicho caudal, Q<sub>C2C1</sub>) en la planilla de cálculo del sistema, recalculando además en el proceso todos los valores de presión y caudal en el sistema.

En efecto, teniendo en cuenta lo observado en [b<sub>1</sub>] y la constancia de los consumos nominales de cada equipo (Q<sub>D1</sub> y Q<sub>D2</sub>), se deben corregir los

caudales circulantes en los tramos  $BC_1$  y  $BC_2$  ( $Q_{BC1}$  y  $Q_{BC2}$ , respectivamente) de acuerdo con las siguientes relaciones:

$$Q_{BC1} = Q_{D1} - Q_{C2C1}$$

$$Q_{BC2} = Q_{D2} + Q_{C2C1}$$

Se observa (en el esquema de la instalación) que el diámetro del tramo  $C_1C_2$  es el mismo que el del tramo  $BC_2$ , y que en el cálculo se deben incluir las pérdidas localizadas correspondientes a las Tes (flujo a través) de los puntos  $C_1$  y  $C_2$ , así como de la reducción ubicada en  $C_1$ .

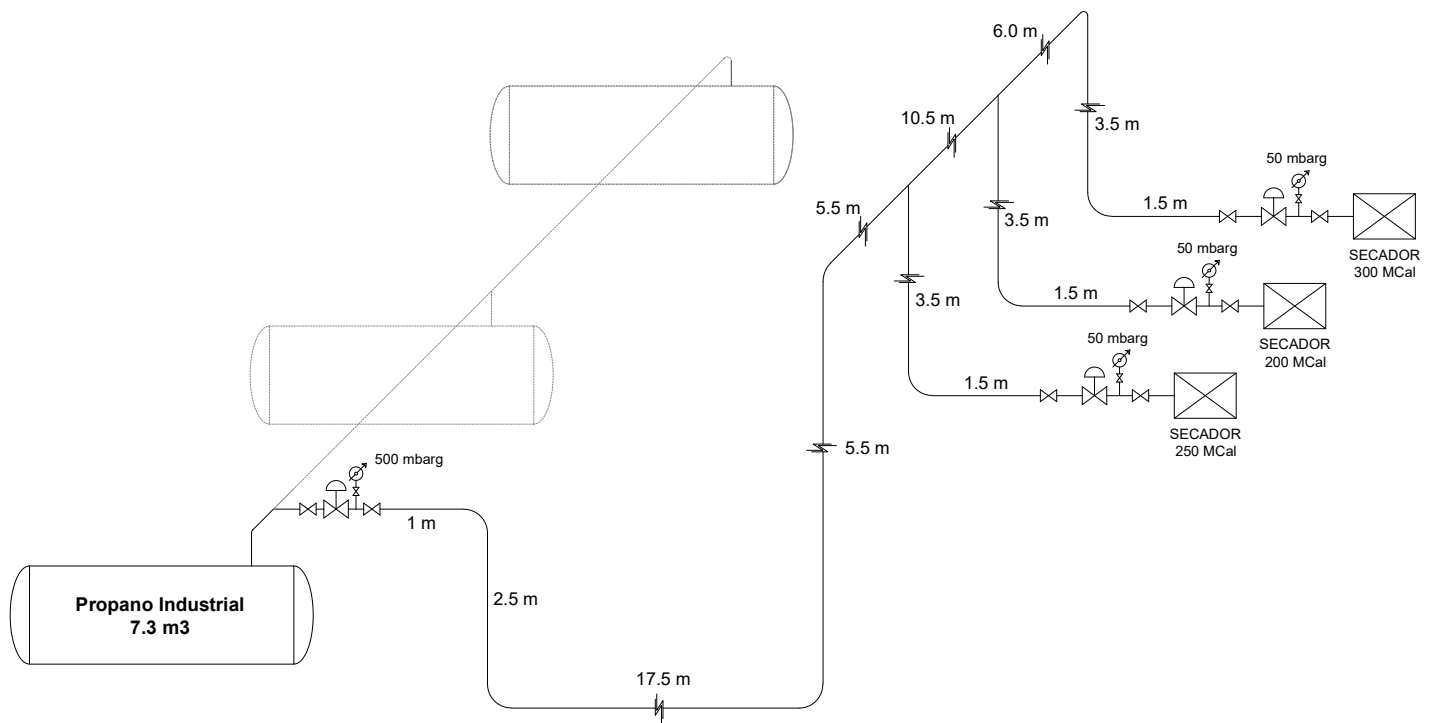
La iteración se cierra imponiendo la igualdad del valor de presión en el punto  $C_1$ , calculado tanto a lo largo del tramo  $ABC_1$  como del  $ABC_2$ .

La iteración se da por cerrada, con un error  $|P_{C1} - P^*_{C1}| / P_{C1} \approx 1 \times 10^{-6}$ , para un valor de caudal en el tramo  $C_2C_1$  de  $6.690 \text{ Nm}^3/\text{hr}$ :

Tramo	Q [Nm <sup>3</sup> /hr]	L <sub>real-cañ</sub> [m]	L <sub>eq-cañ</sub> [m]	P <sub>1</sub> [barg]	$\Delta P^2$ [bar <sup>2</sup> ]	P <sub>2</sub> [barg]	$\Delta P$ [bar]	D <sub>int</sub> [mm]	D <sub>nom</sub> [plg]	V <sub>cañ</sub> [m/s]	C [DxL]	P <sub>2-min</sub> [barg]	$\Delta P_{Tot}$ [% P <sub>1</sub> ]	$\Delta P_{m\acute{a}x-adm}$ [% P <sub>1</sub> ]	V <sub>m\acute{a}x-adm</sub> [m/s]
AB	430,00	62,00	74,27	0,270	0,027653	0,259	0,011	102,26	4	11,64	7595	N/A	4,0	N/A	20
BC <sub>1</sub>	262,4	35,00	46,91	0,259	0,075072	0,229	0,030	62,71	2 1/2	19,34	2942	N/A	15,1	N/A	20
C <sub>1</sub> D <sub>1</sub>	269,1	5,00	8,76	0,229	0,014679	0,223	0,006	62,71	2 1/2	19,92	550	0,216	17,3	20	20
BC <sub>2</sub>	167,6	35,00	44,98	0,259	0,074946	0,229	0,030	52,50	2	17,62	2361	N/A	15,0	N/A	20
C <sub>2</sub> D <sub>2</sub>	160,9	3,00	6,15	0,229	0,009516	0,226	0,004	52,50	2	16,97	323	0,216	16,5	20	20
C <sub>2</sub> C <sub>1</sub>	6,690	24,00	26,83	0,229	0,000127	0,229	0,000	52,50	2	0,70	1409	N/A	15,1	N/A	20

Ejemplo 04: Se considera la instalación industrial abastecida con propano industrial que se esquematiza a continuación.

- Determinar el diámetro mínimo requerido para las cañerías en MP de la instalación (aguas abajo del regulador primario)
- Seleccionar y especificar los reguladores secundarios.
- Determinar la cantidad mínima necesaria de tanques aéreos de 7.3 m<sup>3</sup> para asegurar una autonomía de una semana, asumiendo que la instalación trabaja a carga plena durante cinco días por semana, en dos turnos de ocho horas cada uno. Indicar la capacidad mínima requerida del tanque (en kilogramos de propano industrial) y su correspondiente volumen de agua.
- ¿Será necesario instalar un vaporizador externo de GLP? Justificar.
- Seleccionar y especificar el regulador primario.



Resolución

a)

Gas: PROPANO INDUSTRIAL  
 $Q_{PS}$ : 23701 kcal/Nm<sup>3</sup>  
 G: 1.623  
 Instalación: Industrial  
 Presión: MP  
 Norma: NFPA 58  
 Cañería: ASTM A 53  
 Correlación: Renouard Cuadrática

Tramo	Caudal [Nm <sup>3</sup> /hr]	Longitud		P <sub>1</sub> [barg]	$\Delta P^2$ [bar <sup>2</sup> ]	P <sub>2</sub> [barg]	$\Delta P$ [bar]	Diámetro		V <sub>cañ</sub> [m/s]	DxL [plg x m]
		Real [m]	Equiv. [m]					Int [mm]	Nom [plg]		
1-2	31.6	32.0	35.2	0.500	0.202304	0.432	0.0684	26.6	1	11.1	35
2-3	21.1	10.5	11.0	0.432	0.030320	0.421	0.0105	26.6	1	7.6	11
3-4	12.7	6.0	6.7	0.421	0.023183	0.413	0.0081	20.9	3/4	7.4	5
2-5	10.5	5.0	7.3	0.432	0.070317	0.407	0.0245	15.8	1/2	10.9	4
3-6	8.4	5.0	7.3	0.421	0.046847	0.405	0.0164	15.8	1/2	8.7	4
4-7	12.7	5.0	6.3	0.413	0.021692	0.405	0.0076	20.9	3/4	7.5	5
											63

Tramo	P <sub>2</sub> [barg]	P <sub>2-mín-adm</sub> [barg]	$\Delta P_{Tot}$ [%P <sub>1</sub> ]	$\Delta P_{máx-adm}$ [%P <sub>1</sub> ]	V <sub>cañ</sub> [m/s]	V <sub>máx-adm</sub> [m/s]
1-2	0.432	-	13.7	-	11.1	20.0
2-3	0.421	-	15.8	-	7.6	20.0
3-4	0.413	-	17.4	-	7.4	20.0
2-5	0.407	0.400	18.6	20	10.9	21.0
3-6	0.405	0.400	19.1	20	8.7	22.0
4-7	0.405	0.400	18.9	20	7.5	23.0

b) La presión regulada es, en los tres casos, 50 mbarg; la presión mínima de entrada y el caudal requeridos en cada secador son:

Secador 250 Mcal: 0.35 barg / 10.5 Nm<sup>3</sup>/h

Secador 200 Mcal: 0.34 barg / 8.4 Nm<sup>3</sup>/h

Secador 300 Mcal: 0.35 barg / 12.7 Nm<sup>3</sup>/h

En todos los casos, la presión máxima de entrada es 500 mbarg (en condiciones de caudal nulo); por lo tanto, el regulador S-217 es adecuado desde este punto de vista (tolera una presión de entrada de hasta 10 barg)

Para asegurar la capacidad requerida, se especifican los siguientes orificios (utilizando la tabla proporcionada por el Fabricante, con una presión regulada de 50 mbarg y factor de corrección K = 0.63 para propano):

Secador 250 Mcal:  $\Phi = 9.5$  mm

Secador 200 Mcal:  $\Phi = 6.4$  mm

Secador 300 Mcal:  $\Phi = 9.5$  mm

Se especifica, para los tres reguladores, el resorte correspondiente a una presión regulada de 50 mbarg: R15, con diámetro de alambre  $\Phi = 4.5$  mm, apto para un rango de regulación de 30 a 75 mbarg.

c) El consumo máximo demandado de propano industrial durante una semana de operación será  $D_{\text{máx}} = 6 \times 10^7 \text{ kcal} / 11896 \text{ kcal/kg} = 5044 \text{ kg}$ .

Para garantizar una autonomía mínima de una semana se deben instalar, por lo tanto, dos tanques estacionarios de  $7.3 \text{ m}^3$ , con una capacidad nominal (útil) unitaria de 3000 kg de propano; el porcentaje mínimo de llenado será:

$$(6000 - 5044) / 6000 = 16 \%$$

d) La capacidad natural de vaporización de cada tanque (aéreo) de  $7.3 \text{ m}^3$ , para una temperatura ambiente de  $5 \text{ }^\circ\text{C}$  y porcentaje de llenado del 16 % de llenado, es de aproximadamente  $33.6 \text{ kg/hr}$  (para una presión de vapor de  $1.2 \text{ barg}$  y  $-23 \text{ }^\circ\text{C}$  de temperatura de vapor)

La capacidad de vaporización conjunta de ambos tanques será, entonces:

$$67.2 \text{ kg/hr} \times 11896 \text{ kcal/kg} = 799 \text{ Mcal/hr}$$

Este valor es aproximadamente un 7 % superior a la demanda máxima de la planta ( $750 \text{ Mcal}$ ), por lo tanto no se requerirán vaporizadores externos de GLP.

e) Se asume una presión mínima de vapor de  $1.2 \text{ barg}$  aguas arriba del regulador primario (correspondiente a una temperatura de vapor de  $-23 \text{ }^\circ\text{C}$  para el propano industrial), correspondiente a la capacidad máxima de vaporización de los tanques, de acuerdo con lo indicado en [iv]

El regulador S-225A es adecuado para uso con GLP en fase vapor con presión de entrada de hasta  $25 \text{ barg}$  (siendo  $17.5 \text{ barg}$  la presión máxima de servicio para el GLP), y presión regulada de  $500 \text{ mbarg}$ .

El caudal máximo de gas (vapor de propano), correspondiente a carga plena y simultánea en los tres secadores, es  $C_{\text{máx}} = 31.6 \text{ Nm}^3/\text{hr}$ .

Utilizando la tabla de capacidades del regulador proporcionada por el Fabricante, y teniendo en cuenta el factor de corrección  $K = 0.63$  para propano (también definido en la tabla), se verifica que con un diámetro de orificio  $\Phi = 12.7 \text{ mm}$  se alcanza la capacidad máxima requerida (para una presión regulada de  $500 \text{ mbarg}$ ):

$$C [1.2 \text{ barg} / 160 \text{ mbarg} / 9.5 \text{ mm}] = 60 \text{ Nm}^3/\text{h} \times 0.63 = 38 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$C [1.2 \text{ barg} / 350 \text{ mbarg} / 9.5 \text{ mm}] = 51 \text{ Nm}^3/\text{h} \times 0.63 = 32 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

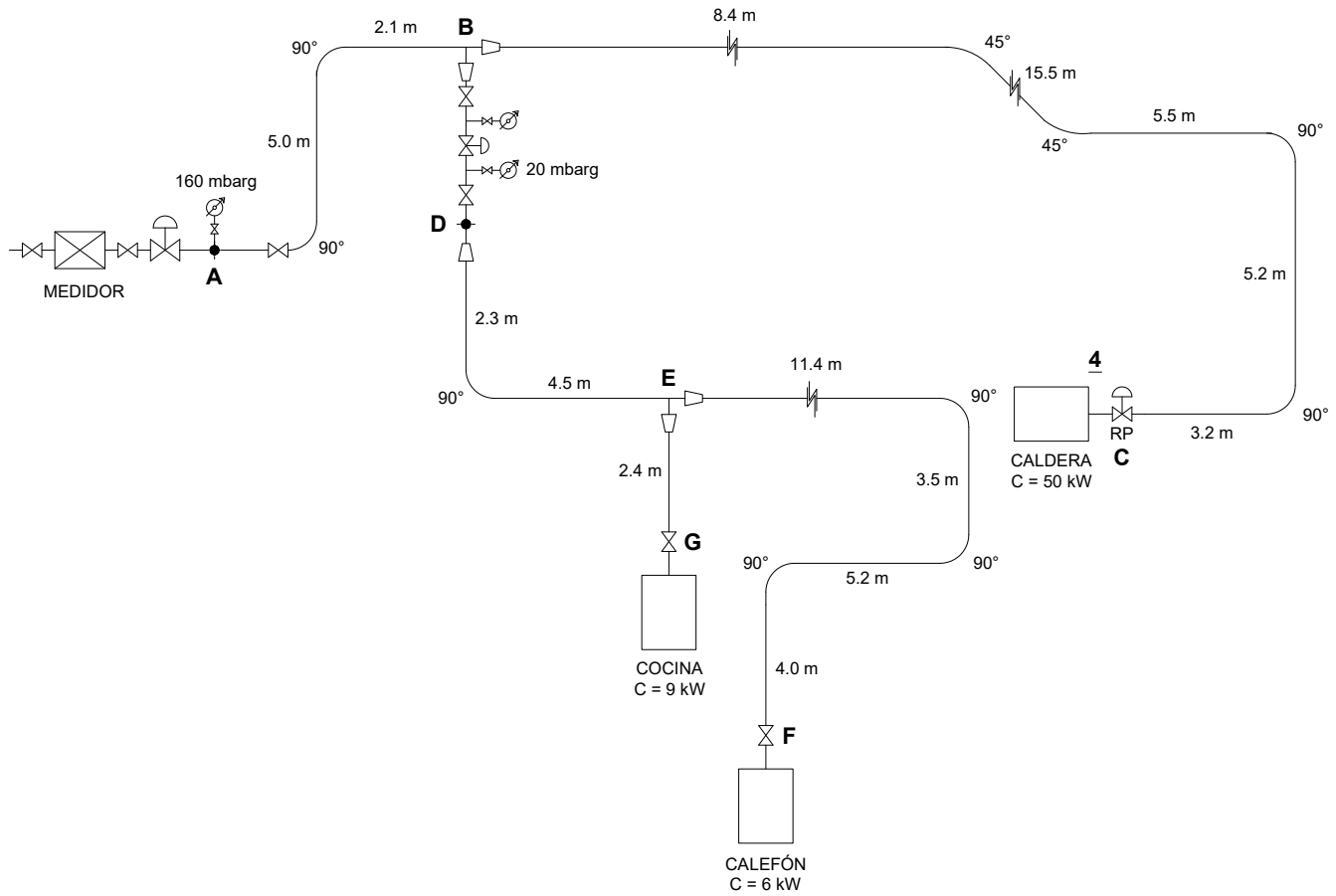
$$C [1.2 \text{ barg} / 500 \text{ mbarg} / 9.5 \text{ mm}] = 44 \text{ Nm}^3/\text{h} \times 0.63 = 28 \text{ Nm}^3/\text{h} < C_{\text{máx}}$$

$$C [1.2 \text{ barg} / 160 \text{ mbarg} / 12.7 \text{ mm}] = 100 \text{ Nm}^3/\text{h} \times 0.63 = 63 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$C [1.2 \text{ barg} / 350 \text{ mbarg} / 12.7 \text{ mm}] = 87 \text{ Nm}^3/\text{h} \times 0.63 = 55 \text{ Nm}^3/\text{h}$$

$$C [1.2 \text{ barg} / 500 \text{ mbarg} / 12.7 \text{ mm}] = 76 \text{ Nm}^3/\text{h} \times 0.63 = 48 \text{ Nm}^3/\text{h} > C_{\text{máx}}$$

Ejemplo 04: Calcular el diámetro comercial óptimo requerido en cada una de las cañerías de la instalación de gas natural que se esquematiza a continuación, completando la planilla correspondiente:



Tramo	Caudal [Nm <sup>3</sup> /hr]	Long [m]		p <sub>1</sub> [barg]	p <sub>2</sub> [barg]	Δp [barg]	Δp <sup>2</sup> [bar <sup>2</sup> ]	D <sub>int</sub> [mm]		D <sub>nom</sub> [plg]	V <sub>máx</sub> [m/s]	L x D [m x plg]
		Real	Equiv.					Calc	Adopt			