Ermeto Original
Tubos

Recomendaciones generales para tubos

1. Tipos de acero, propiedades mecánicas, versiones

Tipos de acero, propiedades mecánicas y versiones de los tubos EO

Tipo de acero	Resistencia a la tracción Rm	Límite de rotura ReH	Límite elástico A5 (longit.)	Condición
Grano fino E235 según EN 10305-4 (St. 37.4 segun DIN 1630/DIN 2391, designación antigua)	340 N/mm² min. 49,000 lb/in²	235 N/mm² min. 34,000 lb/in²	25% min.	Sin soldadura, estirado en frío, recocido normal, DIN EN 10305-1 y -4

Tipos de acero, propiedades mecánicas y condiciones de los tubos de acero inoxidable EO

Tipo de acero	Resistencia a la tracción Rm	Límite de rotura (1% proof stress)	Límite elástico A5 (longit.)	Condición
Abreviado 1.4571 X6CrNiMoTi17122	500 N/mm² min. 72,500 lb/in²	245 N/mm² min. 35,500 lb/in²	35% min.	Sin soldadura, templado en frío, libre de, escamas, con tratamiento térmico según DIN EN 10216-5 apart. 6

2. Pruebas y certificaciones
Todos los tubos se someten a pruebas no destructivas de fuga y se marcan como prueba. Este marcado sustituye al certificado de fábrica DIN EN 10204-2.2. Para los tubos fabricados de 1.4571 se aplica la clase de prueba 1 DIN EN 10216-5 Tabla 7.

3. Recomendaciones sobre el radio de curvatura
Se recomienda un radio de curvatura de 3 veces el diámetro exterior del tubo cuando se dobla en frío con curvadora o a mano.

4. Soldabilidad
Los tubos en E235 se pueden soldar de acuerdo con las técnicas normales. Los que están hechos de 1.4571 (inoxidable) se pueden soldar con soldadura eléctrica. El electrodo debe seleccionarse según DIN EN 1600 y DIN EN 12072 parte 1 considerando el tipo de aplicación y la técnica de soldadura.

5. Cálculo aproximado de la pérdida de carga en líneas rectas
La resistencia al flujo y, por tanto la eficiencia de la línea, depende del diámetro de tubo, del caudal (medido o calculado) y de las características del medio. Debemos considerar un flujo laminar con objeto de reducir al mínimo las pérdidas en el sistema. La transición de flujo laminar a turbulento que origina un incremento en la resistencia al flujo, se define generalmente por el número Reynolds Re 2320. Dado que la transición no se puede establecer exactamente, la gama de la transición sólo puede ser determinada midiendo. Si, por simplificar el cálculo, la transición a Re 2320 y se supone una superficie interior del tubo "técnicamente lisa", la velocidad límite w crit. y el caudal V crit. de flujo laminar a turbulento cuando se produce la transición se pueden calcular con la fórmula:

$$w_{crit.} = \frac{2.32 \cdot \nu}{d_i} \text{ [m / s]}$$

$$\dot{v}_{crit.} = 0.109 \cdot d_i \cdot \nu \text{ [l / min]}$$

d_i = diám. int. del tubo en mm

ν = viscosidad cinemática mm^2 / s.

Para el cálculo aproximado de la pérdida de carga en bar/1 m de tubo, puede usarse la siguiente fórmula:

1. Gama laminar:

$$\rho_v = \frac{0.32 \cdot w \cdot \nu \cdot \rho}{d_i^2 \cdot 10^3} = \frac{6.79 \cdot \dot{v} \cdot \nu \cdot \rho}{d_i^4 \cdot 10^3} \text{ [bar / 1 m]}$$

2. Gama turbulenta:

$$\rho_v = \frac{0.281 \cdot w^{1.75} \cdot \nu^{0.25} \cdot \rho}{d_i^{1.25} \cdot 10^3}$$

$$= \frac{59 \cdot \dot{v}^{1.75} \cdot \nu^{0.25} \cdot \rho}{d_i^{4.75} \cdot 10^3} \text{ [bar / 1 m]}$$

w = velocidad de flujo en m/s; ν = viscosidad cinemática en mm^2/s; $\dot{v}$ = caudal en l/min.; ρ = densidad del medio en kg/m^3; d_i = diámetro int. del tubo en mm.
El cálculo detallado de la resistencia al flujo requiere un exacto conocimiento de la tubería y de las condiciones de trabajo. Remítase a textos específicos para otros métodos de cálculo.

R

Tubos sin soldadura Material E235N (St. 37.4)

Tolerancias DIN EN 10305-4

Referencia		Tubo D.E. (mm)	Tolerancia	Espesor de pared (mm)	Tubo D.I. (mm)	Presión de diseño bar		Presión de rotura bar	Peso kg/m
Fosfatado y aceitado	Libre-Cr(VI)					DIN 2413 I Estática	DIN 2413 III Dinámica		
R04X0.5	**R04X0.5CF**	4		0.50	3.0	313	273	1160	0.047
	R04X0.75CF	4	±0.08	0.75	2.5	470	391	1820	0.063
R04X1	**R04X1CF**	4		1.00	2.0	627	500	2700	0.074
	R05X1CF	5	±0.08	1.00	3.0	501	416	2120	0.099
	R06X0.75CF	6		0.75	4.5	333	288	1150	0.103
R06X1	**R06X1CF**	6		1.00	4.0	444	372	1650	0.123
R06X1.5	**R06X1.5CF**	6	±0.08	1.50	3.0	666	526	2550	0.166
	R06X2CF	6		2.00	2.0	692	662	>3500	0.197
	R06X2.25CF	6		2.25	1.5	757	725	>3500	0.208
R08X1	**R08X1CF**	8		1.00	6.0	333	288	1175	0.173
R08X1.5	**R08X1.5CF**	8	±0.08	1.50	5.0	499	412	1925	0.240
R08X2	**R08X2CF**	8		2.00	4.0	666	526	2500	0.296
	R08X2.5CF	8		2.50	3.0	658	630	2650	0.339
R10X1	**R10X1CF**	10		1.00	8.0	282	248	900	0.222
R10X1.5	**R10X1.5CF**	10		1.50	7.0	423	357	1450	0.314
R10X2	**R10X2CF**	10	±0.08	2.00	6.0	564	458	2025	0.395
	R10X2.5CF	10		2.50	5.0	705	551	2675	0.462
	R10X3CF	10		3.00	4.0	666	638	>3500	0.518
R12X1	**R12X1CF**	12		1.00	10.0	235	209	750	0.271
R12X1.5	**R12X1.5CF**	12		1.50	9.0	353	303	1150	0.388
R12X2	**R12X2CF**	12	±0.08	2.00	8.0	470	391	1600	0.493
	R12X2.5CF	12		2.50	7.0	588	474	2025	0.586
	R12X3CF	12		3.00	6.0	705	551	2600	0.666
	R12X3.5CF	12		3.50	5.0	651	624		0.734
	R14X1.5CF	14		1.50	11.0	302	264	975	0.462
R14X2	**R14X2CF**	14		2.00	10.0	403	342	1325	0.592
	R14X2.5CF	14	±0.08	2.50	9.0	504	415	1650	0.709
R14X3	**R14X3CF**	14		3.00	8.0	604	485	2200	0.814
		14		3.50	7.0	705	551	2625	0.906
R15X1	**R15X1CF**	15		1.00	13.0	188	170	575	0.345
R15X1.5	**R15X1.5CF**	15		1.50	12.0	282	248	950	0.499
R15X2	**R15X2CF**	15	±0.08	2.00	11.0	376	321	1275	0.641
		15		3.00	9.0	564	458	2000	0.888
R16X1.5	**R16X1.5CF**	16		1.50	13.0	264	233	850	0.536
R16X2	**R16X2CF**	16	±0.08	2.00	12.0	353	303	1175	0.691
R16X2.5	**R16X2.5CF**	16		2.50	11.0	441	370	1500	0.832
R16X3	**R16X3CF**	16		3.00	10.0	529	433	1850	0.962
R18X1	**R18X1CF**	18		1.00	16.0	157	143	450	0.419
R18X1.5	**R18X1.5CF**	18		1.50	15.0	235	209	700	0.610
R18X2	**R18X2CF**	18	±0.08	2.00	14.0	313	273	975	0.789
R18X2.5	**R18X2.5CF**	18		2.50	13.0	392	333	1300	0.956
	R18X3CF	18		3.00	12.0	470	391	1575	1.111

Acabado superficial:
- Fosfatado y aceitado:
- Tubos con diámetro int. 1.5–5 mm: exterior e interior aceitado.
- Tubos desde 6 mm diám. int.: exterior e interior fosfatado y aceitado.
- Libre Cr(VI):
  Estas dimensiones están pasivadas externamente con una capa gruesa (capa 8–12 µm), interior aceitado.

Cálculos de presión:

Los cálculos de presión que se dan son según DIN 2413 parte I para **tensiones estáticas**

$$P = \frac{20 \cdot K \cdot s \cdot c}{S \cdot d_a} \text{ (bar)}$$

Valor característico del material K = 235 N/mm² y DIN 2413 parte III para **tensiones dinámicas**

$$P = \frac{20 \cdot K \cdot s \cdot c}{S \cdot (da + s \cdot c)} \text{ (bar)}$$

Valor característico del material K = 226 N/mm²
(tensión de fatiga permanente)

Corrección de seguridad de valor S = 1.5 para tensiones estáticas y dinámicas, S = espesor de pared.
Factor c por consideración a la divergencia en los espesores de pared para **tensiones estáticas y dinámicas** = 0.8 para tubos ∅ ext. 4 y 5;
0.85 para tubo ∅ ext. 6 y 8; 0.9 para tubos con mayor diámetro exterior.

Tubos sin soldadura (continuación) Material E235N (St. 37.4)

Tolerancias DIN EN 10305-4

Referencia		Tubo D.E. (mm)	Tolerancia	Espesor de pared (mm)	Tubo D.I. (mm)	Presión de diseño bar		Presión de rotura bar	Peso kg/m
Fosfatado y aceitado	Libre-Cr(VI)					DIN 2413 I Estática	DIN 2413 III Dinámica		
	R20X1.5CF	20		1.50	17.0	212	190	675	0.684
R20X2	**R20X2CF**	20		2.00	16.0	282	248	900	0.888
R20X2.5	**R20X2.5CF**	20	±0.08	2.50	15.0	353	303	1100	1.079
R20X3	**R20X3CF**	20		3.00	14.0	423	357	1400	1.258
	R20X3.5CF	20		3.50	13.0	494	408	1650	1.424
	R20X4CF	20		4.00	12.0	564	458	2000	1.578
R22X1.5	**R22X1.5CF**	22		1.50	19.0	192	173	550	0.758
R22X2	**R22X2CF**	22	±0.08	2.00	18.0	256	227	775	0.986
R22X2.5	**R22X2.5CF**	22		2.50	17.0	320	278	1025	1.202
	R22X3CF	22		3.00	16.0	385	328	1175	1.406
R25X2	**R25X2CF**	25		2.00	21.0	226	201	725	1.134
R25X2.5	**R25X2.5CF**	25		2.50	20.0	282	248	850	1.387
R25X3	**R25X3CF**	25	±0.08	3.00	19.0	338	292	1025	1.628
R25X4	**R25X4CF**	25		4.00	17.0	451	378	1500	2.072
R25X4.5	**R25X4.5CF**	25		4.50	16.0	508	418	1625	2.275
R28X1.5	**R28X1.5CF**	28		1.50	25.0	151	138	425	0.980
R28X2	**R28X2CF**	28		2.00	24.0	201	181	600	1.282
R28X2.5	**R28X2.5CF**	28	±0.08	2.50	23.0	252	223	750	1.572
R28X3	**R28X3CF**	28		3.00	22.0	302	264	900	1.850
	R30X2CF	30		2.00	26.0	188	170	575	1.381
R30X2.5	**R30X2.5CF**	30		2.50	25.0	235	209	725	1.695
R30X3	**R30X3CF**	30	±0.08	3.00	24.0	282	248	850	1.998
R30X4	**R30X4CF**	30		4.00	22.0	376	321	1175	2.565
R30X5	**R30X5CF**	30		5.00	20.0	470	391	1600	3.083
R35X2	**R35X2CF**	35		2.00	31.0	161	147	450	1.628
R35X2.5	**R35X2.5CF**	35		2.50	30.0	201	181	600	2.004
R35X3	**R35X3CF**	35	±0.15	3.00	29.0	242	215	700	2.367
	R35X4CF	35		4.00	27.0	322	280	960	3.058
	R38X2.5CF	38		2.50	33.0	186	168	550	2.189
R38X3	**R38X3CF**	38		3.00	32.0	223	199	675	2.589
R38X4	**R38X4CF**	38	±0.15	4.00	30.0	297	260	900	3.354
R38X5	**R38X5CF**	38		5.00	28.0	371	318	1150	4.069
	R38X6CF	38		6.00	26.0	445	373	1425	4.735
	R38X7CF	38		7.00	24.0	519	427	1700	5.352
R42X2	**R42X2CF**	42		2.00	38.0	134	123	375	1.973
R42X3	**R42X3CF**	42	±0.2	3.00	36.0	201	181	575	2.885
R42X4	**R42X4CF**	42		4.00	34.0	269	237	850	3.749
R50X6		50	±0.2	6.00	38.0	338	292		6.511
R65X8		65	±0.3	8.00	49.0	347	299		11.246

Notas:

No se han considerado márgenes adicionales para corrosión en el cálculo de presiones. Los tubos con una relación de diámetro de

$\frac{da}{di_{max.}} > 2$ se calculan para presión estática

de acuerdo con DIN 2413 cobertura III, pero con K = 235 N/mm².
Cuando es necesario un factor específico de seguridad, los cálculos deben basarse en la presión de rotura de las tablas anteriores.

Rango de temperatura: –40° a +120°C sin reducción de presiones.

Para mayor temperatura:

cálculo de control según DIN 2413 requerido (aplicación estática sobre 120°C).

$$P = \frac{20 \cdot K \cdot s \cdot c}{S\,(da - s \cdot c)}$$

Resistencia del material K para temperaturas superiores:

Temperatura en °C	K (Nmm²)
up to 200	185
up to 250	165

R

Tubos sin soldadura de acero inoxidable Material Nº: 1.4571

Tolerancias DIN EN 10305-1

Referencia 1.4571	Tubo D.E. (mm)	Tolerancia	Espesor de pared (mm)	Tubo D.I. (mm)	1.4571 Presión de diseño bar DIN 2413 I Estática	1.4571 Presion de rotura bar	Peso kg/m
R04X171	4	±0.08	1.0	2	735		0.075
R06X171	6	±0.08	1.0	4	490	1850	0.125
R06X1.571	6	±0.08	1.5	3	735	2900	0.169
R08X171	8	±0.08	1.0	6	368	1300	0.175
R08X1.571	8		1.5	5	551	2050	0.244
R10X171	10		1.0	8	294	950	0.225
R10X1.571	10	±0.08	1.5	7	441	1750	0.319
R10X271	10		2.0	6	588	2400	0.401
R12X171	12		1.0	10	245	850	0.275
R12X1.571	12	±0.08	1.5	9	368	1400	0.394
R12X271	12		2.0	8	490	1900	0.501
R14X1.571	14		1.5	11	315	1200	0.469
R14X271	14	±0.08	2.0	10	420	1550	0.601
R14X2.571	14		2.5	9	525	2100	0.720
R15X171	15		1.0	13	196	675	0.351
R15X1.571	15	±0.08	1.5	12	294	1100	0.507
R15X271	15		2.0	11	392	1400	0.651
R16X1.571	16	±0.08	1.5	13	276	950	0.545
R16X271	16		2.0	12	368	1300	0.701
R16X2.571	16	±0.08	2.5	11	459	1850	0.845
R16X371	16		3.0	10	551	2400	0.977
R18X1.571	18	±0.08	1.5	15	245	800	0.620
R18X271	18		2.0	14	327	1150	0.801
R20X271	20		2.0	16	294	1050	0.901
R20X2.571	20	±0.08	2.5	15	368	1400	1.095
R20X371	20		3.0	14	441	1800	1.277
R22X1.571	22	±0.08	1.5	19	200	650	0.770
R22X271	22		2.0	18	267	900	1.002
R25X2.571	25	±0.08	2.5	20	294	1050	1.408
R25X371	25		3.0	19	353	1275	1.653
R28X1.571	28	±0.08	1.5	25	158	550	0.995
R28X271	28		2.0	24	210	700	1.302
R30X2.571	30	±0.08	2.5	25	245	850	1.722
R30X371	30	±0.08	3.0	24	294	1150	2.028
R30X471	30		4.0	22	392	1500	2.605
R35X271	35	±0.15	2.0	31	168	550	1.653
R38X471	38	±0.15	4.0	30	309	1150	3.405
R42X271	42	±0.2	2.0	38	140	475	2.003
R42X371	42		3.0	36	210	750	2.930

Tubos sin soldadura de acero inoxidable (continuación) Material Nº: 1.4571

Cálculos de presión:
Los cálculos de presión que se dan son según DIN 2413 parte I para **tensiones estáticas**

$$P = \frac{20 \cdot K \cdot s \cdot c}{S \cdot d_a} \text{ (bar)}$$

Valor característico del material K = 245 N/mm² (1.4571) (1% prueba de tensión)
Factor de seguridad S = 1.5
Factor c por consideración a la divergencia en los espesores de pared: 0.9

Para determinadas aplicaciones en las que se requiera una cierta seguridad respecto a la presión de rotura con tubos en 1.4571, pueden usarse los valores de la tabla precedente. Los cálculos de presiones para **tensiones dinámicas** según DIN EN 2413 parte III no se indican, ya que DIN 17458 no especifica las tensiones permanentes de fatiga. A modo de norma para identificar el valor permanente de fatiga, recomendamos el uso de DIN EN 2413 parte III con el siguiente valor característico:
tensión de fatiga permanente K = 190 N/mm² para tubos de 1.4571; S = 1.5; C = 0.9.

Notas:
Corrosión: No se han considerado márgenes adicionales para corrosión en el cálculo de presiones.
Los tubos con una relación de diámetro de d.e./d.i. ≥ 1.35 se calculan según DIN 2413 III con los valores característicos anteriores.

Gama permisible de temperatura y reducción de presiones. Está basado en las presiones calculadas a las temperaturas mostradas, teniendo en cuenta la reducción recomendada en la prueba de tensión (DIN EN 10216-5).

Temperatura		–60° hasta +20° C	50°C	100°C	200°C	300°C	400°C
Reducciónes de presion in %	1.4571	–	5.5	11.5	21.5	29	34

Los valores intermedios se extrapolan.

Tubos sin soldadura Material C-Acero

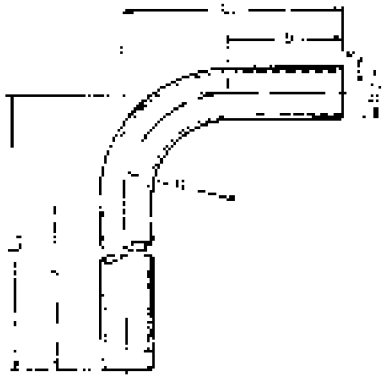
para líneas de presión hidráulicas y neumáticas.
SAE J 524, C-Acero.
Prueba según ASTM A 179-90 A/ASME SA 179.
Prueba de calidad y estanqueidad.

Referencia (Con ∅ ext. de tubo y espesor de pared pulg)	Tubo D.E. (mm)	Tolerancia	Espesor de pared (mm)	Presión de diseño bar DIN 2413 I Estática	Presión de diseño bar DIN 2413 III Dinámica	Presion de rotura bar	Peso kg/m
R1/4X0.049	6.35	±0.08	1.24	553	450	–	0.157
R3/8X0.049PHR	9.53	±0.08	1.24	368	316	–	0.254
R3/8X0.065PHR	9.53	±0.08	1.65	489	405	–	0.321
R1/2X0.049PHR	12.70	±0.08	1.24	276	243	–	0.352
R1/2X0.065PHR	12.70	±0.08	1.65	367	314	–	0.450
R5/8X0.083PHR	16.00	±0.08	2.11	374	320	–	0.716
R3/4X0.095PHR	19.05	±0.08	2.41	357	307	–	0.990
R3/4X0.109PHR	19.05	±0.08	2.67	410	347	–	1.112
R1X0.095PHR	25.40	±0.08	2.41	268	236	–	1.368
R1X0.120PHR	25.40	±0.08	3.05	338	292	–	1.680
R11/4X0.120PHR	31.75	±0.08	3.05	271	239	–	2.157
R11/2X0.156PHR	38.10	±0.15	3.96	293	257	–	3.336

R

Codos 90° de tubos sin soldadura Material E235N (St. 37.4) y 1.4571

Para la pérdida mínima de flujo



Referencia		Tubo		Espesor	Tubo	Radio de					
Libre Cr(VI)	1.4571	D.E.	Tolerancia	de pared	D.I.	curvado	Longitud ramas		Longitud		Peso
		D	±	S	mm	R	a	b	L1	L2	kg/pieza
RB16X2CF	**RB16X271**	16	0.08	2.0	12	30	200	40	230	70	0.198
RB18X1.5CF	**RB18X1.571**	18	0.08	1.5	15	36	200	35	236	71	0.178
RB20X2CF		20	0.08	2.0	16	36	200	45	236	81	0.268
RB20X2.5CF	**RB20X2.571**	20	0.08	2.5	15	36	200	45	236	81	0.326
RB22X1.5CF		22	0.08	1.5	19	38	200	40	238	78	0.227
RB22X2CF	**RB22X271**	22	0.08	2.0	18	38	200	40	238	78	0.296
RB25X2CF		25	0.08	2.0	21	44	200	50	244	94	0.362
RB25X2.5CF	**RB25X2.571**	25	0.08	2.5	20	44	200	50	244	94	0.442
RB25X3CF		25	0.08	3.0	19	44	200	50	244	94	0.519
RB28X1.5CF		28	0.08	1.5	25	48	200	50	248	98	0.319
RB28X2CF	**RB28X271**	28	0.08	2.0	24	48	200	50	248	98	0.417
RB28X3CF		28	0.08	3.0	22	48	200	50	248	98	0.601
RB30X2.5CF		30	0.08	2.5	25	50	200	60	250	110	0.575
RB30X3CF	**RB30X371**	30	0.08	3.0	24	50	200	60	250	110	0.677
RB30X4CF		30	0.08	4.0	22	50	200	60	250	110	0.869
RB35X2CF	**RB35X271**	35	0.15	2.0	31	60	200	65	260	125	0.586
RB35X3CF		35	0.15	3.0	29	60	200	65	260	125	0.852
RB38X2.5CF		38	0.15	2.5	33	65	200	75	265	140	0.827
RB38X3CF		38	0.15	3.0	32	65	200	75	265	140	0.979
RB38X4CF	**RB38X471**	38	0.15	4.0	30	65	200	75	265	140	1.268
RB38X5CF		38	0.15	5.0	28	65	200	75	265	140	1.538
RB42X2CF	**RB42X271**	42	0.20	2.0	38	80	200	85	280	165	0.809
RB42X3CF		42	0.20	3.0	36	80	200	85	280	165	1.183
RB50X6*		50	0.20	6.0	38	180	150	150	330	330	3.496
RB65X8*		65	0.30	8.0	49	180	160	160	330	330	6.294

Tolerancia para las ramas a, b = ± 2.5 mm

Nota: en los codos, al contrario que en tubos rectos de igual espesor, hay una mayor presión en el interior de la curva y una reducción de la tensión de fatiga.
Para más detalles, ver DIN 2413 III sección 4.7.

Si el extremo del codo se corta a diferente longitud, se hace necesaria una recalibración del extremo del tubo.

Los codos de tubo en material E235N (St. 37.4) están fosfatados y aceitados. (Bicromatado en amarillo a petición.)

*fosfatado y aceitado