



TUBOS METÁLICOS FLEXÍVEIS

senior
SENIOR DO BRASIL

Os tubos metálicos flexíveis são construídos formando ondulações na parede de um tubo rígido. Estes tubos apresentam as seguintes propriedades:

Flexibilidade;
Resistência à pressão;
Resistência mecânica.

A flexibilidade deste tipo de tubo é conferida pela deformação das ondulações enquanto a resistência à pressão é garantida pela continuidade metálica. A pressão que age no interior do tubo flexível gera uma força axial de valor:

$$F = p \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Admite-se, normalmente, que o alongamento induzido por esta força axial alcance cerca de 5% do comprimento do tubo, porém, os valores de pressão para os quais este limite é alcançado são, geralmente, um tanto baixos e dependem principalmente da geometria do tubo.

Quando se deseja aplicar maiores pressões aos tubos, estes são envolvidos com tranças metálicas que retêm a força axial impedindo que ocorra o alongamento. As pressões estáticas que um tubo trançado pode suportar são muito elevadas, e dependem basicamente da resistência da trança.

Em seguida, apresentamos as variações mais importantes para a correta especificação de tubos flexíveis com o intuito de familiarizar o usuário aos termos utilizados neste catálogo.

PRESSÃO NOMINAL

É a pressão ao qual o tubo pode ser submetido reto e a temperatura ambiente. Possui fator de segurança mínimo de 3 vezes, em relação a pressão de ruptura.

PRESSÃO DE TESTE

É a pressão ao qual o tubo é submetido na fábrica antes da entrega. O teste é executado com o tubo em posição reta e em temperatura ambiente estando estabelecida em 1,25 vezes o valor da pressão nominal.

PICOS DE PRESSÃO

Quando existem pulsos de pressão, como os que ocorrem devido à rápida abertura de válvulas, a pressão de pico não deve exceder 50% da Pressão Máxima de Trabalho.

TRANÇA METÁLICA

Sempre que é aplicada pressão interna a um tubo metálico corrugado, este se alongará, a menos que contido. Geralmente esta restrição é provida por um trançado de fios de aço inoxidável envolvendo o tubo. A trança tem pequeno efeito sobre o dobramento ou flexibilidade do tubo. Porém, em tubos de comprimentos

extremamente pequenos, são requeridos forças adicionais para o dobramento devido ao atrito entre a trança e o tubo. Quando a resistência da trança é o fator limitante, o uso de duas ou mais tranças acarretará num ganho na pressão de operação. Porém, quando a força de ruptura nas ondas do tubo corrugado é o fator limitante, nenhuma pressão adicional é ganha com tranças adicionais.

CORREÇÃO DA PRESSÃO NOMINAL

Para temperaturas operacionais superiores a 20°C, deve-se corrigir a pressão nominal através da seguinte equação:

$$P_t = P_N \frac{\sigma_t}{\sigma_{20}} \quad , \text{onde}$$

P_N = Pressão Nominal;
 P_t = Pressão de Trabalho;
 σ_t = tensão admissível a temperatura de operação;
 σ_{20} = tensão admissível a temperatura ambiente;

MATERIAIS

Os tubos corrugados da Senior do Brasil são fabricados em aços inoxidáveis austeníticos AISI 304 ou AISI 321, enquanto as tranças são confeccionadas a partir de fios de aço inoxidável austenítico AISI 304. Sob consulta, fabricamos tubos corrugados em todos os materiais soldáveis, pelo processo TIG ou plasma, desde que apresentem boas características de alongamento. Entre os materiais opcionais podemos citar: AISI 316, AISI 316L, AISI 316 Ti, Monel 400 e Inconel 625.

RAIOS DE CURVATURA

É o raio sobre o qual o eixo de tubo pode ser dobrado repetidamente, na ausência de pressão, em temperatura ambiente, sendo medido a partir de sua linha de centro. O diagrama da página 8 indica, para cada diâmetro nominal, as reduções nos raios mínimos de curvatura em função da pressão de trabalho aplicada.

Para temperatura acima de 20°C os raios mínimos de curvatura devem variar de acordo com a seguinte equação:

$$R_t = R \frac{\sigma_{20}}{\sigma_t} \frac{E_t}{E_{20}} \quad , \text{onde}$$

R_t = raio mínimo de curvatura a temperatura de operação.
 R = raio mínimo de curvatura a temperatura ambiente
 σ_t = tensão admissível a temperatura de operação;
 σ_{20} = tensão admissível a temperatura ambiente;
 E_t = módulo de elasticidade a temperatura de operação;
 E_{20} = módulo de elasticidade a temperatura ambiente.

Quando são necessários raios de curvatura menores que os recomendados, existe a possibilidade de se executar uma compactação no tubo corrugado (tipo HB 247C), ou seja, diminuir a distância entre as ondulações, de modo que, para um mesmo comprimento, exista um número maior de ondulações e,

consequentemente, uma maior flexibilidade. Quando este procedimento se fizer necessário, favor mencionar quando por ocasião da consulta.

RAIO DE DOBRAMENTO

Quando o tubo deve sofrer apenas um número limitado de flexões ou deve ser dobrado somente durante a montagem, os valores do raio de curvatura podem ser encontrados na tabela de características, anexa.

VELOCIDADE DE FLUXO

Quando a velocidade do fluxo de gás excede 30 m/s (15 m/s para líquidos) em tubo sem trança, ou 45 m/s (23 m/s para líquidos), em tubos flexíveis, um tubo grampeado deve ser acoplado internamente ao tubo corrugado, de modo a diminuir a turbulência gerada. Quando o tubo flexível é instalado em uma condição curvada, os valores limites de velocidade de fluxo devem ser reduzidos.

Para curvas de 90°, a redução no limite de velocidade do fluxo é de 50%, enquanto para curvas de 45° essa redução fica em torno de 25%, mantendo-se a proporcionalidade para diferentes ângulos de curvatura. Onde, a perda de carga em comprimentos mais longos é um fator significativo, um tubo de diâmetro maior pode ser utilizado.

A perda de carga em tubos corrugados é de aproximadamente três vezes a encontrada em tubos rígidos.

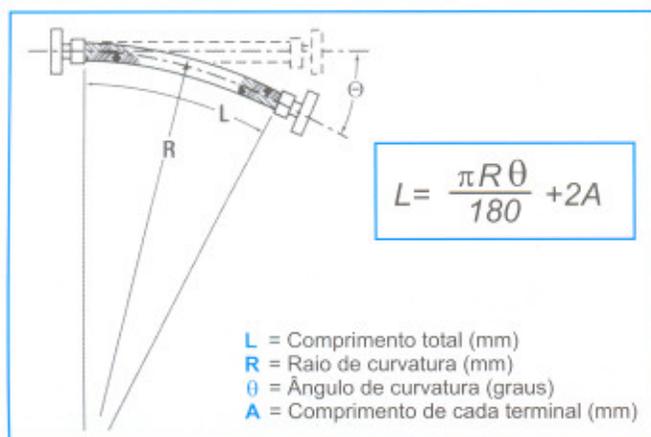
MOVIMENTO

A maioria das aplicações industriais podem ser reduzidas a quatro classes de movimento:

- 1 - Angular;
- 2 - Axial;
- 3 - Lateral;
- 4 - Radial.

1-Movimento Angular

Movimento que acontece quando uma extremidade do tubo é inclinada em uma curva simples não permanecendo paralela à outra extremidade.

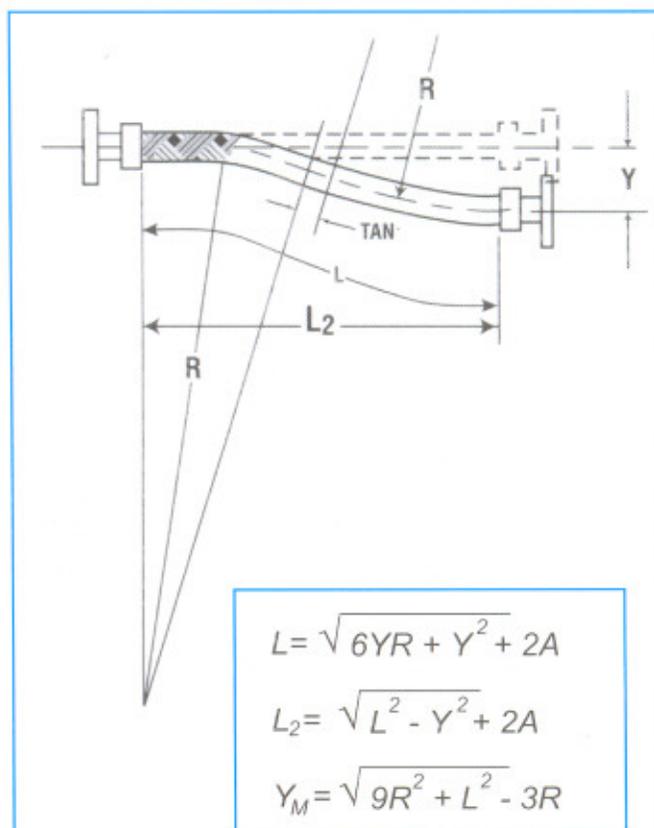


2-Movimento Axial

Este tipo de movimento acontece quando uma das extremidades de um tubo se movimenta ao longo de seu eixo longitudinal, causando uma variação ao seu comprimento. Para este tipo de movimento deve-se utilizar tubos corrugados sem trançado.

3 - Movimento Lateral

Movimento que acontece quando uma das extremidades do tubo se movimenta perpendicularmente ao seu eixo longitudinal, permanecendo paralela à outra extremidade. O movimento lateral é medido entre as linhas de centro das extremidades do tubo, não devendo ser maior que 25% de seu raio mínimo de curvatura.



- L** = Comprimento total (mm)
L₂ = Comprimento linear projetado (mm)
R = Raio de curvatura (mm)
Y = Movimento lateral (mm)
Y_M = Máximo movimento lateral para "L" e "R" dados (mm)
A = Comprimento de cada terminal (mm)

Nota: Quando o movimento lateral "Y" ocorre em ambos os lados do eixo do tubo, o comprimento será igual ao curso total ou 2.Y.

4 - Movimento Radial

Este tipo de movimento ocorre quando um tubo é curvado em forma de arco circular (montagem em "U" ou "C") tendo uma de suas extremidades fixa, enquanto a outra se move vertical ou horizontalmente sobre o plano definido pelas extremidades. Movimentos maiores podem ser

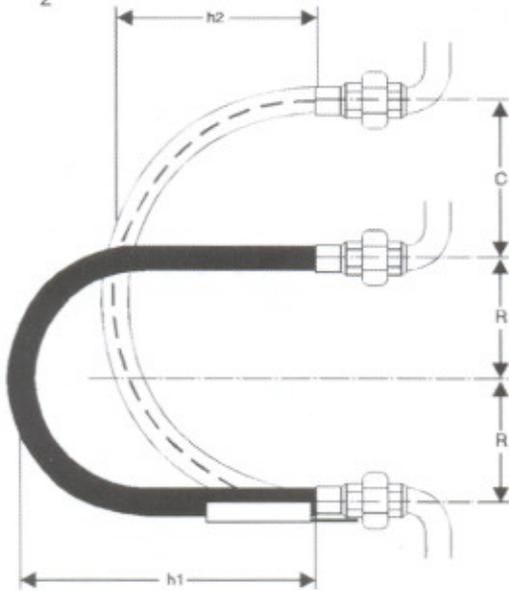
conseguidos quando a extremidade móvel do tubo flexível se move ao longo de seu eixo longitudinal. Em aplicações industriais, esta montagem é frequentemente encontrada na forma de "loops", como mostrado nas figuras abaixo.

Disposição em C movimento vertical

$$S = 4R + 1,45C$$

$$h1 = 1,45R + 0,79C$$

$$h2 = 1,45R + \frac{C}{2}$$

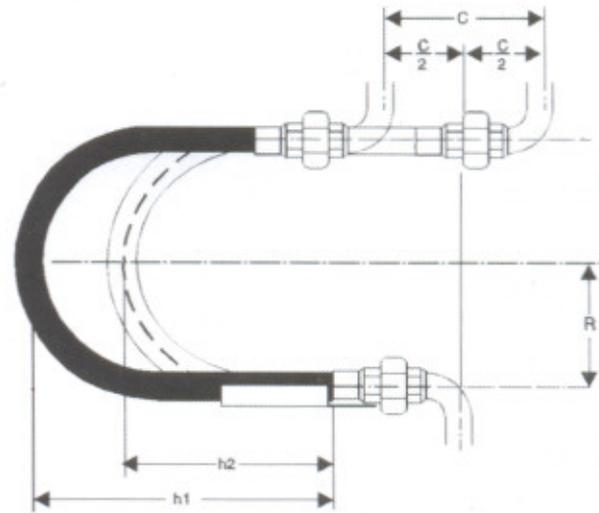


Disposição em C movimento horizontal

$$S = 4R + \frac{C}{2}$$

$$h1 = 1,45R + \frac{C}{2}$$

$$h2 = 1,45R$$

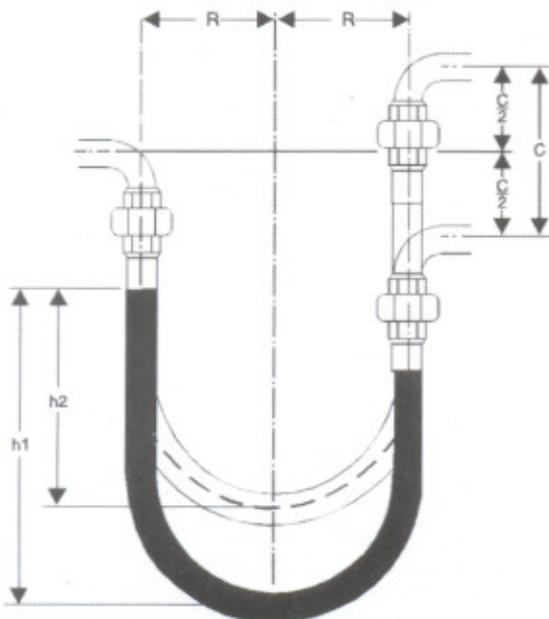


Disposição em U movimento vertical

$$S = 4R + \frac{C}{2}$$

$$h1 = 1,45R + \frac{C}{2}$$

$$h2 = 1,45R$$

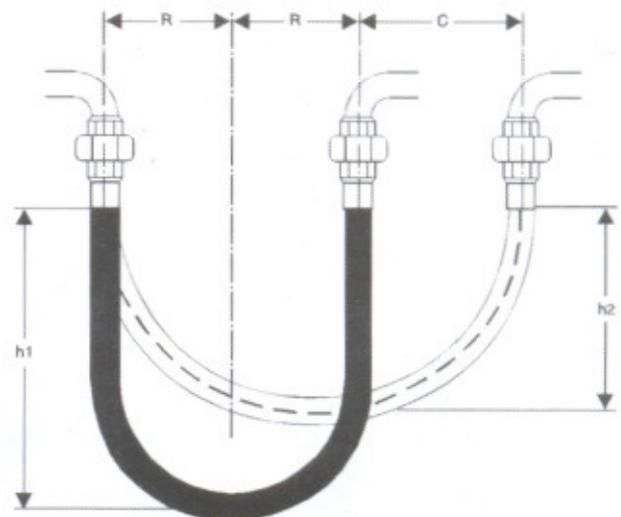


Disposição em U movimento horizontal

$$S = 4R + 1,45C$$

$$h1 = 1,45R + 0,79C$$

$$h2 = 1,45R + \frac{C}{2}$$



FREQUÊNCIA DE MOVIMENTO

Define-se frequência de movimento como o número de movimentos repetidos de dobramento, flexão ou vibração a que um tubo metálico flexível pode ser submetido por unidade de tempo. A frequência de movimento pode ser dividida em três categorias básicas:

1 - Vibração

Normalmente encontrada em aplicações industriais, como em linhas de descarga de bombas e compressores ou sistemas de exaustão de motores.

2 - Movimento Intermitente

Movimento que normalmente acontece em uma base cíclica regular ou irregular sendo resultado de expansão e contração térmica ou de outras ações não contínuas.

3 - Movimento Contínuo

Movimento que normalmente acontece em uma base cíclica regular a uma taxa cíclica lenta e curso constante.

RECOMENDAÇÕES DE INSTALAÇÃO

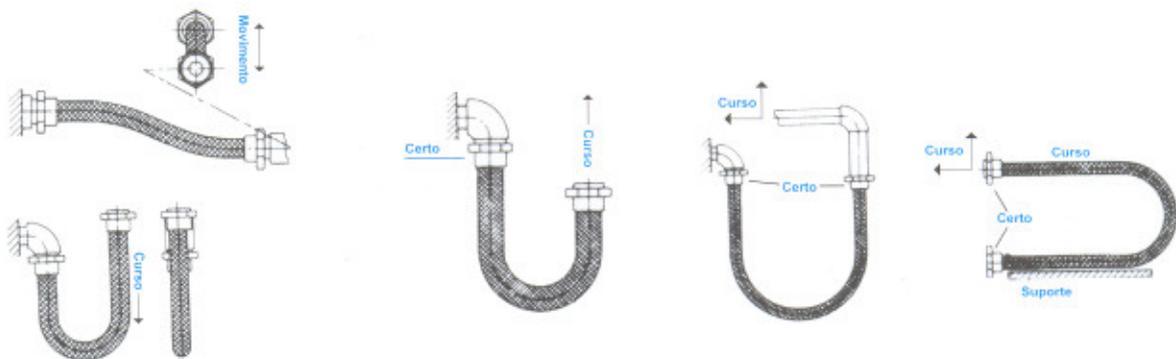
Para obtenção da máxima vida dos tubos metálicos, devemos lembrar sempre das seguintes regras:

- ▶ Não aplicar torção aos tubos, durante a instalação;
- ▶ Em locais que requerem a utilização de flanges, a extremidade com o flange fixo deve ser posicionada e ter seus parafusos apertados antes daquela com o flange solto.
- ▶ Onde um macho fixo e uma fêmea giratória ou união são usados, a extremidade com o macho deve ser posicionada e apertada e, em seguida, com o auxílio de chaves, a fêmea ou união.
- ▶ Sempre instalar o tubo de forma que o local da flexão ocorra em um só plano e no mesmo plano do dobramento.
- ▶ Não ultrapassar os raios de curvatura indicados na tabela de características.

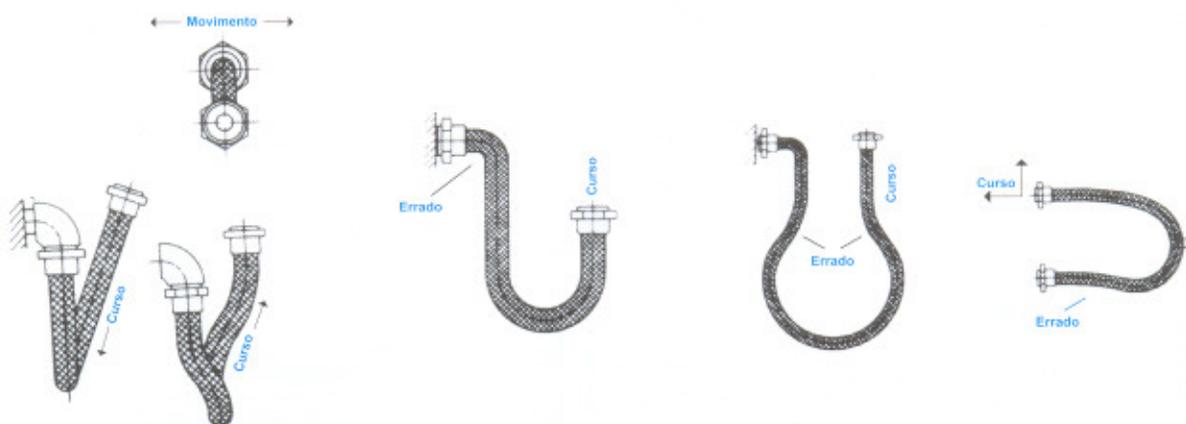
Alguns exemplos de instalação, são mostrados nas figuras abaixo.

Se restrições nas tubulações fazem com que a correta instalação dos tubos flexíveis seja impraticável, a utilização de uma proteção de tubo grampeado limitará o dobramento excessivo do tubo flexível, prolongando assim a sua vida.

CERTO



ERRADO



Ancoragens e Guias

Uma tubulação que utiliza tubos metálicos flexíveis deve estar corretamente ancorada e guiada para assegurar um correto funcionamento e uma máxima vida útil. Os cuidados a serem observados são:

- ▶ A direção do movimento do tubo deve ser perpendicular à linha de centro (eixo) do tubo.
- ▶ O tubo deve ser ancorado a cada mudança de direção prevenindo tensão torsional. Exemplos típicos de guias e ancoragens são mostrados nas figuras abaixo:

CERTO

(1) As ancoragens são usadas na extremidade do tubo flexível oposta ao movimento.

(1) a direção do movimento deve ser perpendicular à linha de centro do tubo flexível.

ERRADO

Errado
Tubulação não suportada ou guiada, permitindo o desalinhamento.

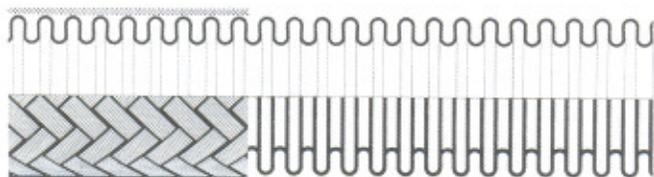
Errado
O peso da tubulação comprime o tubo flexível causando deformação da trança, provocando torção ao tubo flexível.

Errado
Se a válvula entre o equipamento e o tubo flexível é do tipo atuação rápida.

Errado
Tubulação não suportada ou guiada, permitindo o desalinhamento.

Errado
Direção do movimento não perpendicular ao eixo do tubo flexível.

Errado
A curvatura da trança, devido a compressão axial resulta em relaxamento da tensão da trança, permitindo torção ao tubo flexível.



HB 247

Tubo metálico flexível com ondulações paralelas;

HB 247C

Tubo metálico flexível com ondulações paralelas compactado.

Características

Na tabela abaixo temos as características comuns para os tubos HB 247 e HB 247C.

A diferença entre os dois tipos é que o tipo HB247C, apresenta no mesmo comprimento, maior número de ondulações, permitindo maior flexibilidade.

DN mm	Di mm	Raio de Curvatura		Tubo sem trança		Tubo com 1 trança		Tubo com 2 tranças	
		Flexão const. mm	Dobramento permanente mm	De mm	PN Kg/cm ²	De mm	PN Kg/cm ²	De mm	PN Kg/cm ²
10	10,8	100	18	15,1	2,5	17	64	19	100
12	12,8	140	20	18,0	1,6	19	64	22	100
16	16,6	190	25	22,2	1,6	24	50	26	100
20	20,6	230	30	27,1	1,6	29	50	31	80
25	25,6	260	40	33,2	1,6	35	40	37	60
32	32,6	290	50	42,0	1,6	44	32	46	50
40	40,5	320	60	51,5	1,0	54	25	56	40
50	50,4	360	70	63,0	1,0	66	20	69	32
65	65,4	420	80	80,0	1,0	83	16	86	30
80	80,2	480	100	97,0	1,0	100	12,5	103	20
100	100,2	580	120	119,0	1,0	122	12,5	126	20
125	125,5	680	150	146,2	1,0	150	12,5	155	20
150	150,5	800	200	173,2	0,8	177	10	183	16
200	200,5	950	260	227,0	0,8	232	6	238	12
250	250,5	1200	340	281,6	0,6	287	6	293	10
300	300,5	1600	420	334,6	0,5	340	4	346	8

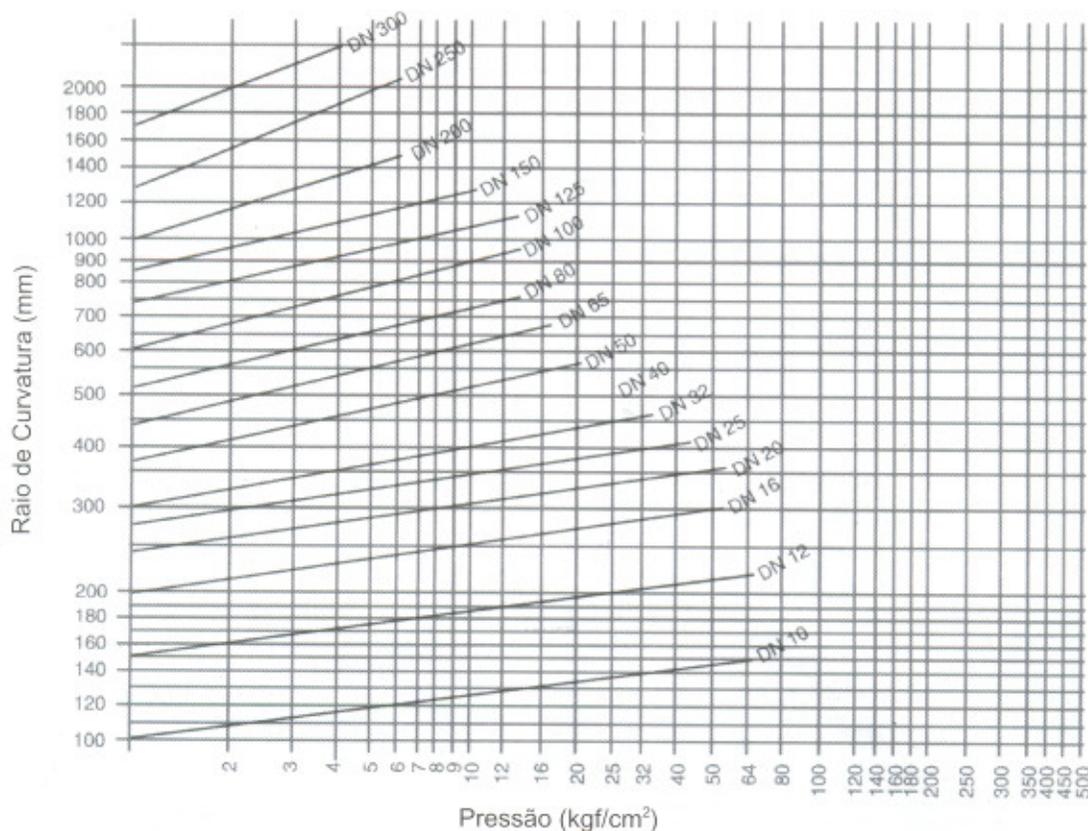


Diagrama de Correção do Raio de Curvatura em função da Pressão Interna e do Diâmetro Nominal do Tubo

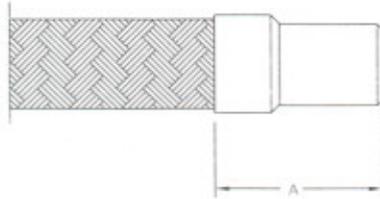
Terminais

Para sua aplicação prática, os tubos metálicos geralmente são dotados de terminais que possibilitem sua união aos equipamentos ou tubulações onde serão instalados. Um grande número de diferentes tipos de conexões estão disponíveis para tubos flexíveis, variando entre si em sua forma construtiva, materiais, dimensões, tipos de rosca, modo de união ao tubo flexível, etc., sendo que cada uma delas possui seu próprio código, possibilitando uma fácil e precisa seleção.

Os terminais dos tubos metálicos flexíveis, podem ser fornecidos entre outros materiais, em aço carbono, aço inoxidável ou latão.

CÓDIGO A

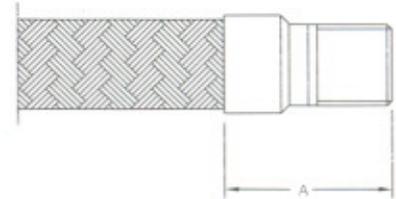
Terminal ponta para solda



DN (mm)	10	12	16	20	25	32	40	50	65	80	100
A (mm)	50	50	50	50	60	60	70	70	110	110	120

CÓDIGO R

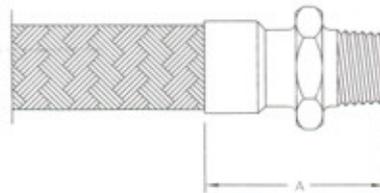
Terminal ponta rosçada



DN (mm)	10	12	16	20	25	32	40	50	65	80	100
A (mm)	45	50	50	50	55	55	60	60	100	100	115

CÓDIGO M

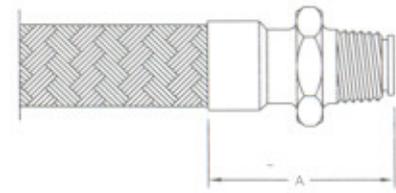
Terminal macho fixo



DN (mm)	10	12	16	20	25	32	40	50	65	80	100
A (mm)	45	50	50	50	55	60	60	65	110	110	120

CÓDIGO MG

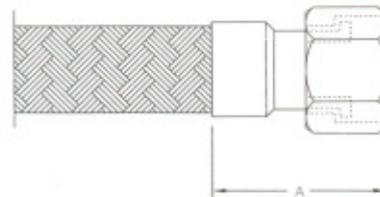
Terminal macho giratório



DN (mm)	10	12	16	20	25	32	40	50	65	80	100
A (mm)	60	60	65	65	70	70	75	80	80	90	100

CÓDIGO F

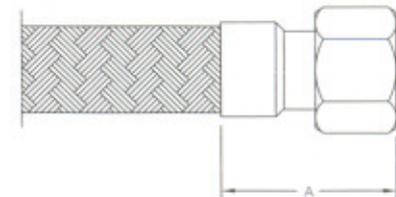
Terminal fêmea giratória



DN (mm)	10	12	16	20	25	32	40	50	65	80	100
A (mm)	50	50	50	50	55	60	60	60	100	100	115

CÓDIGO FF

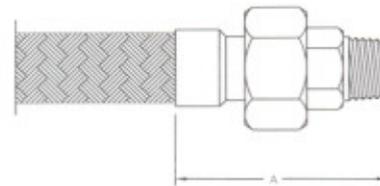
Terminal fêmea fixa



DN (mm)	10	12	16	20	25	32	40	50	65	80	100
A (mm)	45	50	50	50	50	55	60	60	90	100	110

CÓDIGO RM

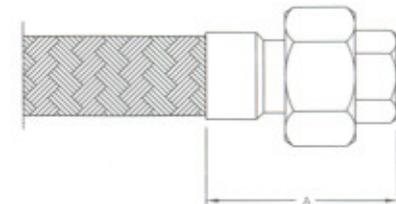
Terminal união macho



DN (mm)	10	12	16	20	25	32	40	50	65	80	100
A (mm)	75	80	90	90	100	100	100	105	160	160	175

CÓDIGO RF

Terminal união fêmea



DN (mm)	10	12	16	20	25	32	40	50	65	80	100
A (mm)	70	75	85	85	90	90	90	90	135	135	140

CÓDIGO K

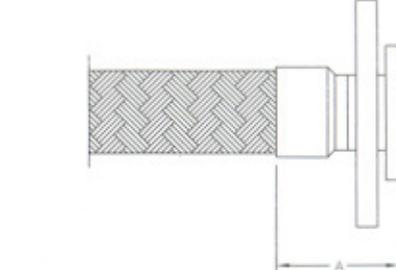
Terminal flange fixo



DN (mm)	10	12	16	20	25	32	40	50	65	80	100
A (mm)	-	55	55	55	65	65	75	75	115	115	125

CÓDIGO G

Terminal flange giratório



DN (mm)	10	12	16	20	25	32	40	50	65	80	100	
A (mm)	-	70	70	70	70	70	70	70	85	115	115	125

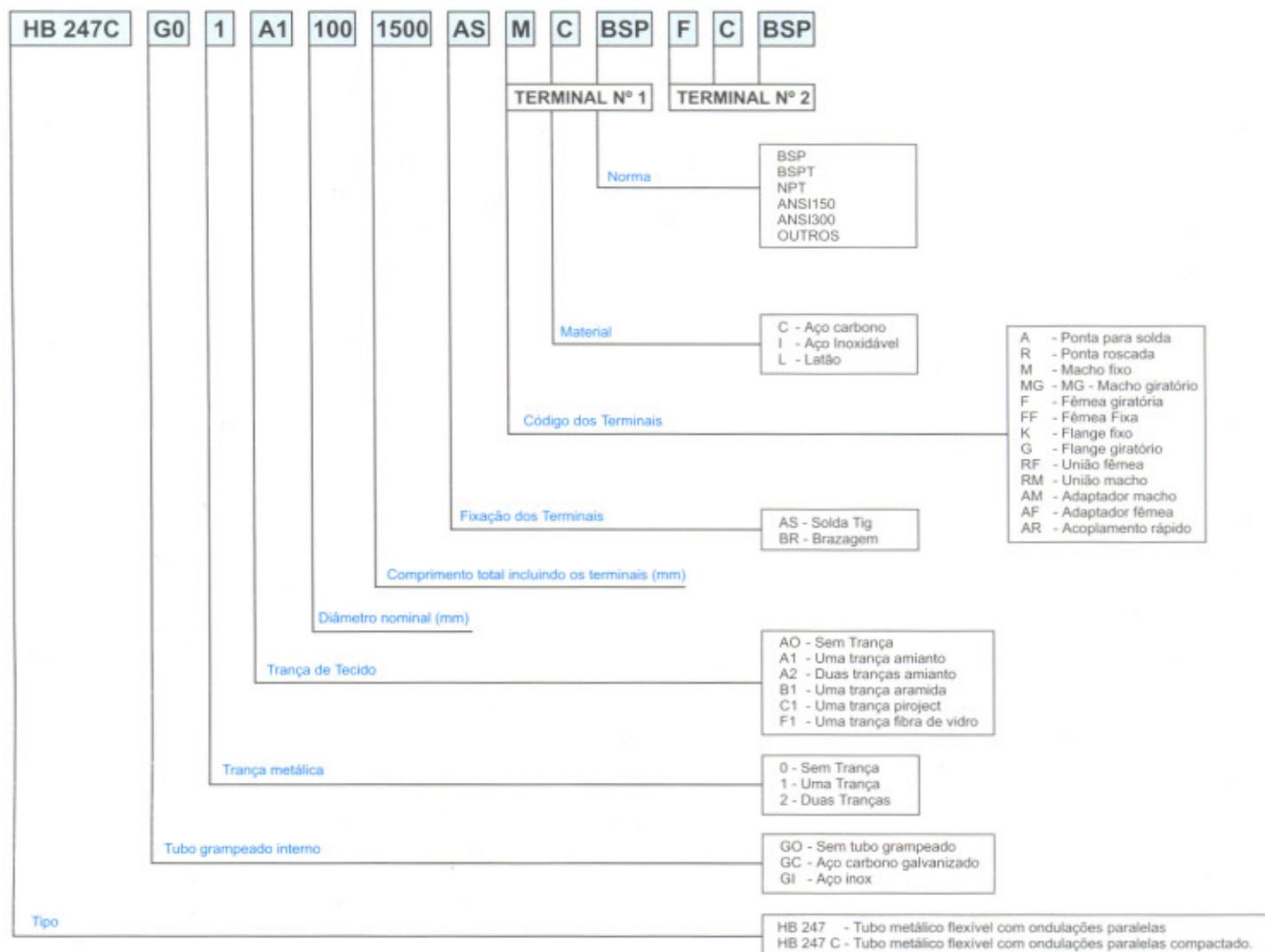
Normas aplicáveis aos terminais

Exceto quando expressamente solicitado, as roscas externas dos terminais serão fornecidas cônicas, as rosças internas paralelas, a face do flange fixo e a pestana do flange giratório fornecidos com ranhuras standard. Na tabela abaixo encontramos as normas mais comuns aplicáveis aos terminais.

Terminal Soldado	Terminal Roscado	Terminal Flangeado
ASME B 16.25	Rosca paralela BSP - NBR 8133 Rosca cônica BSPT - NBR 8133 Rosca cônica NPT - NBR 12912 Rosca paralela NPS - NBR 12912	ANSI B 16.5 150# ou 300# Furação DIN 2632 PN 10 Furação DIN 2633 PN 16 Furação DIN 2634 PN 25 Furação DIN 2635 PN 40

Codificação

Para facilitar a seleção de qualquer tubo metálico flexível, sugerimos a utilização do sistema de codificação abaixo:



Tolerâncias no comprimento

Exceto quando expressamente solicitado, os tubos metálicos flexíveis serão fornecidos com as tolerâncias indicadas na tabela abaixo:

TOLERÂNCIAS DE FABRICAÇÃO		
DN 10 A DN 25	+2%	-0%
DN 32 A DN 125	+2,5%	-0%
DN 150 A DN 300	+3%	-0%

NOTA: Tolerâncias no comprimento total dos tubos, incluindo os terminais.

Senior Worldwide Offices



CANADÁ

Senior Flexonics (Canada) Ltd.
134 Nelson Street West
Brampton, Ontario L6X 1C9
Tel.: (+1) 905 451 1250
Fax: (+1) 905 451 1315

CZECH REPUBLIC

Senior Automotive - Olomouc
Prumyslova Ulice
779 00 Olomouc
Tel.: (+42) 58 51 551 170
Fax: (+42) 58 51 551 171

FRANCE

Senior Aerospace - Calorstat
Senior Flexonics - France
Z.I. La Gaudree, Rue des Soufflets
BP 58
F-91410 Dourdan
Tel.: (+33) 160 81 54 54
Fax: (+33) 164 59 95 89

Senior Aerospace - Ermeto
ZA Euro Val de Loire
Rue de Clos Thomas
BP 30
41330 Fosse
Tel.: (+33) 254 33 50 60
Fax: (+33) 254 33 08 78

Senior Automotive - Blois
22 Boulevard de L'Industrie
BP702
41007 Blois Cedex
Tel.: (+33) 254 55 35 00
Fax: (+33) 254 74 67 90
Fax: (+33) 254 78 69 46

GERMANY

Senior Automotive - Berghöfer
Frankfurter Street 199
D-34121 Kassel
Tel.: (+49) 561 2002 203
Fax: (+49) 561 2002 115

INDIA

Senior Automotive - New Delhi
394 Udyog Vihar,
Phase-III Dundaheera
Gurgaon-122016, (Haryana)
Tel.: (+91) 124 2340 871
Tel.: (+91) 124 2341 632
Fax: (+91) 124 2341 650/2346 248

NETHERLANDS

Senior Flexonics Holland
Abraham van Stolkweg, 118
Bedrijfspark, Kleinpolder
3041 JA Rotterdam
Tel.: (+31) 10 298 21 21
Fax: (+31) 10 298 21 25

Senior Aerospace - Bosman
Brielselaan 45
P O Box 5280
3008 AG Rotterdam
Tel.: (+31) 10 423 98 00
Fax: (+31) 10 484 15 64

SOUTH AFRICA

Senior Flexonics - Cape Town
Ikwezi, (Unit 1)
Fitzmaurice Avenue
Epping Industria 2
Bofors Circle
Cape Town
Tel.: (+ 27) 21 535 0390
Fax: (+ 27) 21 535 0399

SWEDEN

Senior Flexonics - Habia Teknofluor
S-741 80 Knivsta
Tel.: (+ 46) 18 34 7500
Fax: (+ 46) 18 34 7575

UNITED KINGDOM

Senior Automotive - Crumlin
Unit 1 Oakwood Close
Pen-Y-Fan Industrial Estate
Croespenmaen
Crumlin, Gwent, NP1 4HY
South Wales
Tel.: (+ 44) 1495 24 1500
Fax: (+ 44) 1495 24 1501

Senior Aerospace - Bird Bellows
Radnor Park Estate
Congleton, Cheshire
CW12 4UQ
Tel.: (+ 44) 1260 27 1411
Fax: (+ 44) 1260 27 0910

Senior Aerospace - BWT
Adlington Park
Adlington Industrial Estate
Adlington, Macclesfield
Cheshire
SK10 4NL
Tel.: (+ 44) 1625 87 2261
Fax: (+ 44) 1625 87 9472

Senior - Hargreaves
Lord Street
Bury, Lancs
BL9 0RG
Tel.: (+ 44) 1617 64 5082
Fax: (+ 44) 1617 62 2333

Senior Flexonics - United Flexible
Abercanaid
Menthyr Tydfil
Mid Glamorgan, CF48 1 UX
South Wales
Tel.: (+ 44) 1685 38 5641
Fax: (+ 44) 1685 37 0122

UNITED STATES

Senior Automotive - Bartlett
300 East Devon Avenue
Bartlett, Illinois 60103
Tel.: (+1) 630 837 1811
Fax: (+1) 630 837 1847

Senior Flexonics - Hose Division
815 Forestwood Drive
Romeoville, Illinois 60441
Tel.: (+1) 815 886 1140
Fax: (+1) 815 886 4550

Senior Flexonics - Pathway
2400 Longhorn Industrial Drive
New Braunfels, Texas 78130
Tel.: (+1) 830 629 8080
Fax: (+1) 830 629 6899

Senior Flexonics - Pathway
115 Franklin Road
Oak Ridge, TN 37830
Tel.: (+1) 865 483 7444
Fax: (+1) 865 482 5600

Senior Aerospace - Metal Bellows
1075 Providence Highway
Sharon, Massachusetts 02067
Tel.: (+1) 781 784 1400
Fax: (+1) 781 784 1405

Senior Flexonics
Stainless Steel Products Division
2980 N. San Fernando Blvd.
Burbank, California 91504
Tel.: (+1) 818 841 9190
Fax: (+1) 818 845 4205

Senior Aerospace - Ketema
790 Greenfield Drive
El Cajon, California 92021
Tel.: (+1) 619 442 3451
Fax: (+1) 619 441 5473

Senior Aerospace - Jet Products
9106 Balboa Avenue
San Diego, California 92123
Tel.: (+1) 858 278 8400
Fax: (+1) 858 278 8768

Senior Aerospace - Composites
2700 South Custer
PO Box 12950
Wichita, Kansas 67277-2950
Tel.: (+1) 316 942 3208
Fax: (+1) 316 942 5044



SENIOR DO BRASIL LTDA.
Pça. Faustino Roncoroni, 1
Rod. Castello Branco km 54
Distrito Industrial
18147-000 - Araçariquama - SP - Brasil
Tel.: 55 11 4136 4514
Fax: 55 11 4136 1001
E-mail: vendas@seniorbrazil.com.br



Rev. 09/2008