

INDUSTRIAS

PLACENCIA, S.A

APARTADO

TECNICO

ÍNDICE GENERAL APARTADO TÉCNICO

1. ROSCAS	365
2. PROPIEDADES MECÁNICAS	383
3. ELEMENTOS DE FIJACIÓN EN ACERO INOXIDABLE.	401
4. OTROS MATERIALES	407
5. PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN	413
6. NORMAS BÁSICAS, INFORMACIÓN DE MONTAJE, DETALLES CONSTRUCTIVOS	423
7. CONTROLES Y CERTIFICADOS.	433
8. TABLAS	437

1. ROSCAS

1.1 Rosca métrica

1.1.1 Rosca métrica paso grueso, calidad 6H/6g	366
1.1.2 Rosca métrica paso fino, calidad 6H/6g	368
1.1.3 Comparativa entre paso fino y paso grueso	369
1.1.4 Rosca métrica ISO, TOLERANCIA Sk6	370
1.1.5 Rosca métrica de holgura grande	370
1.1.6 Rosca métrica trapezoidal	372

1.2 Rosca en pulgadas

1.2.1 Rosca en pulgadas ISO: UNC, UNF y UN	373
1.2.2 Rosca en pulgadas Numerada UNC - UNF	375
1.2.3 Rosca Whitworth BSW - BSF	376

1.3. Otros tipos de rosca

1.3.1 Rosca de tornillos para chapa	378
1.3.2 Rosca de tornillos para madera	379
1.3.3 Rosca métrica, cónica, exterior, de paso fino	379
1.3.4 Rosca Whitworth, cónica, exterior R	381

1.1 ROSCA MÉTRICA

1.1.1 Rosca métrica paso grueso, calidad 6H/6g

Rosca métrica ISO de paso grueso -M-

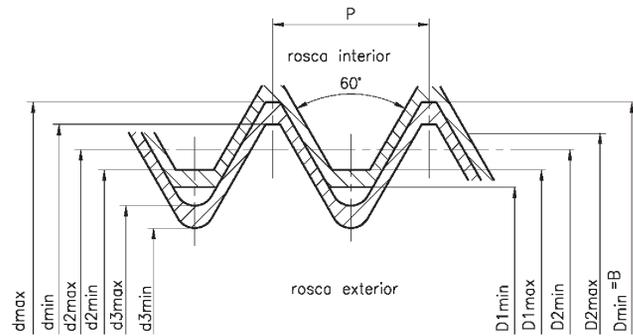
NORMA

DIN: 13 Parte 13/20

ISO: 965 Parte 2/-

NF: E 03 - 053

Perfil de base y perfil de los límites



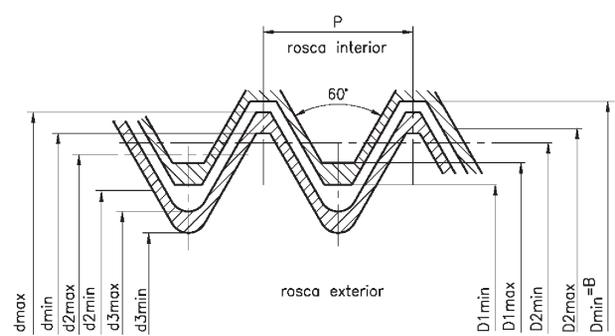
Roscado exterior:

Para M1 hasta M 1,4 inclusive, calidad 5H/6h

Las líneas de trazo fuerte son las de los perfiles máximos de material.
El perfil máximo de material del roscado interior es el perfil de base.

B = diámetro exterior de base

P = paso



Roscado exterior:

Para M1,6 y más grande, calidad 6H/6g

- d = diámetro exterior
 - d₃ = diámetro interior
 - d₂ = diámetro sobre flancos
- } rosca exterior
- D = diámetro exterior
 - D₁ = diámetro interior
 - D₂ = diámetro sobre flancos
- } rosca interior

Límites de dimensiones de la rosca métrica, paso grueso, calidad 6H/6g.

Diámetro nominal B=D _{min}	Paso	Rosca exterior, clase de tolerancia 6g ¹⁾ . Bulones y tornillos						Rosca interior, clase de tolerancia 6H ¹⁾ . Tuercas				Sección del Ø interior $\pi/4 d_3^2$ A _{d3} mm ²	Sección resistente $\pi/4 (d_2+d_3)^2/2$ A _s mm ²
		Diámetro exterior		Diámetro sobre flancos		Diámetro interior		Diámetro sobre flancos		Diámetro interior			
		d _{máx}	d _{mín}	d _{2máx}	d _{2mín}	d _{3máx}	d _{3mín}	D _{2mín}	D _{2máx}	D _{1mín.}	D _{1máx}		
1 ¹⁾	0,25	1,000	0,933	0,838	0,785	0,693	0,630	0,838	0,894	0,729	0,785	0,377	0,460
1,1 ¹⁾	0,25	1,100	1,033	0,938	0,885	0,793	0,730	0,938	0,994	0,829	0,885	0,494	0,588
1,2 ¹⁾	0,25	1,200	1,133	1,038	0,985	0,893	0,830	1,038	1,094	0,929	0,985	0,626	0,732
1,4 ¹⁾	0,3	1,400	1,325	1,205	1,149	1,032	0,964	1,205	1,265	1,075	1,142	0,837	0,983
1,6	0,35	1,581	1,496	1,354	1,291	1,152	1,075	1,373	1,458	1,221	1,321	1,075	1,27
1,8	0,35	1,781	1,696	1,554	1,491	1,352	1,275	1,573	1,658	1,421	1,521	1,474	1,70
2	0,4	1,981	1,886	1,721	1,654	1,490	1,407	1,740	1,830	1,567	1,679	1,788	2,07
2,2	0,45	2,180	2,080	1,888	1,817	1,628	1,540	1,908	2,003	1,713	1,838	2,133	2,48
2,5	0,45	2,480	2,380	2,188	2,117	1,928	1,840	2,208	2,303	2,013	2,138	2,980	3,39
3	0,5	2,980	2,874	2,655	2,580	2,367	2,273	2,675	2,775	2,459	2,599	4,475	5,03
3,5	0,6	3,479	3,354	3,089	3,004	2,743	2,635	3,110	3,222	2,850	3,010	6,000	6,78
4	0,7	3,978	3,838	3,523	3,433	3,119	3,002	3,545	3,663	3,242	3,422	7,749	8,78
4,5	0,75	4,478	4,338	3,991	3,901	3,558	3,439	4,013	4,131	3,688	3,878	10,07	11,3
5	0,8	4,976	4,826	4,456	4,361	3,995	3,869	4,480	4,605	4,134	4,334	12,69	14,2
6	1	5,974	5,794	5,324	5,212	4,747	4,596	5,350	5,500	4,917	5,153	17,89	20,1
7	1	6,974	6,794	6,324	6,212	5,747	5,596	6,350	6,500	5,917	6,153	26,18	28,9
8	1,25	7,972	7,760	7,160	7,042	6,438	6,272	7,188	7,348	6,647	6,912	32,84	36,6
9	1,25	8,972	8,760	8,160	8,042	7,438	7,272	8,188	8,348	7,647	7,912	43,78	48,1
10	1,5	9,968	9,732	8,994	8,862	8,128	7,938	9,026	9,206	8,376	8,676	52,30	58,0
11	1,5	10,968	10,732	9,994	9,862	9,128	8,938	10,026	10,206	9,376	9,676	65,90	72,3
12	1,75	11,966	11,701	10,829	10,679	9,819	9,602	10,863	11,063	10,106	10,441	76,25	84,3
14	2	13,962	13,682	12,663	12,503	11,508	11,271	12,701	12,913	11,835	12,210	104,7	115
16	2	15,962	15,682	14,663	14,503	13,508	13,271	14,701	14,913	13,835	14,210	144,1	157
18	2,5	17,958	17,623	16,334	16,164	14,891	14,625	16,376	16,600	15,294	15,744	175,1	193
20	2,5	19,958	19,623	18,334	18,164	16,891	16,625	18,376	18,600	17,294	17,744	225,2	245

1.1 ROSCA MÉTRICA

Límites de dimensiones de la rosca métrica, paso grueso, calidad 6H/6g. (Cont.)

Diámetro ²⁾ nominal B=D _{mín}	Paso	Rosca exterior, clase de tolerancia 6g ¹⁾ . Bulones y tornillos						Rosca interior, clase de tolerancia 6H ¹⁾ . Tuercas				Sección del Ø interior $\pi/4 d_3^2$ A _{d3} mm ²	Sección resistente $\pi/4$ (d ₂ +d ₃) ² /2 A _s mm ²
		Diámetro exterior		Diámetro sobre flancos		Diámetro interior		Diámetro sobre flancos		Diámetro interior			
		d _{máx}	d _{mín}	d _{2máx}	d _{2mín}	d _{3máx}	d _{3mín}	D _{2mín}	D _{2máx}	D _{1mín}	D _{1máx}		
22	2,5	21,958	21,623	20,334	20,164	18,891	18,625	20,376	20,600	19,294	19,744	281,5	303
24	3	23,952	23,577	22,003	21,803	20,271	19,955	22,051	22,316	20,752	21,252	324,3	353
27	3	26,952	26,577	25,003	24,803	23,271	22,955	25,051	25,316	23,752	24,252	427,1	459
30	3,5	29,947	29,522	27,674	27,462	25,653	25,306	27,727	28,007	26,211	26,771	519,0	561
33	3,5	32,947	32,522	30,674	30,462	28,653	28,306	30,727	31,007	29,211	29,771	647,2	694
36	4	35,940	35,465	33,342	33,118	31,033	30,655	33,402	33,702	31,670	32,270	759,3	817
39	4	38,940	38,465	36,342	36,118	34,033	33,655	36,402	36,702	34,670	35,270	913,0	976
42	4,5	41,937	41,437	39,014	38,778	36,416	36,007	39,077	39,392	37,129	37,799	1045	1121
45	4,5	44,937	44,437	42,014	41,778	39,416	39,007	42,077	42,392	40,129	40,799	1224	1306
48	5	47,929	47,399	44,681	44,431	41,795	41,352	44,752	45,087	42,587	43,297	1377	1473
52	5	51,929	51,399	48,681	48,431	45,795	45,352	48,752	49,087	46,587	47,297	1652	1758
56	5,5	55,925	55,365	52,353	52,088	49,177	48,700	52,428	52,783	50,046	50,796	1905	2030
60	5,5	59,925	59,365	56,353	56,088	53,177	52,700	56,428	56,783	54,046	54,796	2227	2362
64	6	63,920	63,320	60,023	59,743	56,559	56,048	60,103	60,478	57,505	58,305	2520	2676
68	6	67,920	67,320	64,023	63,743	60,559	60,048	64,103	64,478	61,505	62,305	2888	3055

Dimensiones en mm.

- Para diámetros por encima de 68mm. ver: rosca métrica de paso fino
- Para el caso de roscas con revestimientos, los valores máximos de d, d₂ y d₃ serán iguales a los valores del perfil de base (d_{2máx.} = D_{2mín.} y d_{3máx.} = D_{1mín.})

1) Los valores para los diámetros 1 a 1,4 corresponden a la calidad 5H/6h.

2) La rosca métrica se designa por el diámetro nominal precedido del símbolo M y seguido de la tolerancia, por ejemplo "6", y de la clase, por ejemplo "g". Ejemplo: M10-6g. Si no se indican las clases de tolerancia, se sobreentenderán las indicadas en la tabla.

1.1 ROSCA MÉTRICA

1.1.2 Rosca métrica paso fino, calidad 6H/6g

Rosca métrica ISO de paso fino -M-

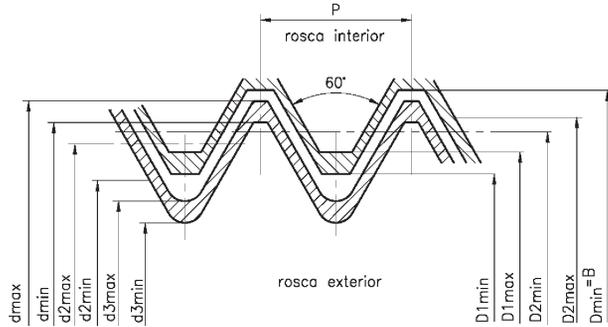
NORMA

DIN: 13 Parte 13/21/22/23

ISO: 965 Parte 2/-/-/-

NF: E 03 - 053

Perfil de base y perfil de los límites



Las líneas de trazo fuerte son las de los perfiles máximos de material. El perfil máximo de material del roscado interior es el perfil de base.

B = diámetro exterior de base
P = paso

d = diámetro exterior
d₂ = diámetro sobre flancos
d₃ = diámetro interior

D = diámetro exterior
D₂ = diámetro sobre flancos
D₁ = diámetro interior

Límites de dimensiones de la rosca métrica, paso fino, calidad 6H/6g.

Diámetro ¹⁾ nominal D _{min} = B	Paso	Rosca exterior, clase de tolerancia 6g ¹⁾ . Bulones y tornillos						Rosca interior, clase de tolerancia 6H ¹⁾ . Tuercas				Sección del Ø interior $\frac{\pi}{4} d_3^2$ A _{d3} mm ²	Sección resistente $\frac{\pi}{4} (d_2+d_3)^2/2$ A _s mm ²
		Diámetro exterior		Diámetro sobre flancos		Diámetro interior		Diámetro sobre flancos		Diámetro interior			
		d _{máx}	d _{mín}	d _{2máx}	d _{2mín}	d _{3máx}	d _{3mín}	D _{2mín}	D _{2máx}	D _{1mín.}	D _{1máx}		
6	0,75	5,978	5,838	5,491	5,391	5,058	4,929	5,513	5,645	5,188	5,378	20,27	22,0
8	1	7,974	7,794	7,324	7,212	6,747	6,596	7,350	7,500	6,917	7,153	36,03	39,2
10	1	9,974	9,794	9,324	9,212	8,747	8,596	9,350	9,500	8,917	9,153	60,45	64,5
10	1,25	9,972	9,760	9,160	9,042	8,438	8,272	9,188	9,348	8,647	8,912	56,29	61,2
12	1	11,974	11,794	11,324	11,206	10,747	10,590	11,350	11,510	10,917	11,153	91,15	96,1
12	1,25	11,972	11,760	11,160	11,028	10,438	10,258	11,188	11,368	10,647	10,912	86,03	92,1
12	1,5	11,968	11,732	10,994	10,854	10,128	9,930	11,026	11,216	10,376	10,676	81,07	88,1
14	1,5	13,968	13,732	12,994	12,854	12,128	11,930	13,026	13,216	12,376	12,676	116,1	125
16	1,5	15,968	15,732	14,994	14,854	14,128	13,930	15,026	15,216	14,376	14,676	157,5	167
18	1,5	17,968	17,732	16,994	16,854	16,128	15,930	17,026	17,216	16,376	16,676	205,1	216
18	2	17,962	17,682	16,663	16,503	15,508	15,271	16,701	16,913	15,835	16,210	189,8	204
20	1,5	19,968	19,732	18,994	18,854	18,128	17,930	19,026	19,216	18,376	18,676	259,0	272
20	2	19,962	19,682	18,663	18,503	17,508	17,271	18,701	18,913	17,835	18,210	241,8	258
22	1,5	21,968	21,732	20,994	20,854	20,128	19,930	21,026	21,216	20,376	20,676	319,2	333
22	2	21,962	21,682	20,663	20,503	19,508	19,271	20,701	20,913	19,835	20,210	300,1	318
24	1,5	23,968	23,732	22,994	22,844	22,128	21,920	23,026	23,226	22,376	22,676	385,7	401
24	2	23,962	23,682	22,663	22,493	21,508	21,261	22,701	22,925	21,835	22,210	364,6	384
27	1,5	26,968	26,732	25,994	25,844	25,128	24,920	26,026	26,226	25,376	25,676	497,2	514
27	2	26,962	26,682	25,663	25,493	24,508	24,261	25,701	25,925	24,835	25,210	473,2	496
30	1,5	29,968	29,732	28,994	28,844	28,128	27,920	29,026	29,226	28,376	28,676	622,8	642
30	2	29,962	29,682	28,663	28,493	27,508	27,261	28,701	28,925	27,835	28,210	596,0	621
33	1,5	32,968	32,732	31,994	31,844	31,128	30,920	32,026	32,226	31,376	31,676	762,6	784
33	2	32,962	32,682	31,663	31,493	30,508	30,261	31,701	31,925	30,835	31,210	732,8	761
36	1,5	35,968	35,732	34,994	34,844	34,128	33,920	35,026	35,226	34,376	34,676	916,5	940
36	3	35,952	35,577	34,003	33,803	32,271	31,955	34,051	34,316	32,752	33,252	820,4	865
39	1,5	38,968	38,732	37,994	37,844	37,128	36,920	38,026	38,226	37,376	37,676	1085	1110
39	3	38,952	38,577	37,003	36,803	35,271	34,955	37,051	37,316	35,752	36,252	979,7	1028
42	1,5	41,968	41,732	40,994	40,844	40,128	39,920	41,026	41,226	40,376	40,676	1267	1294
42	3	41,952	41,577	40,003	39,803	38,271	37,955	40,051	40,316	38,752	39,252	1153	1206
45	1,5	44,968	44,732	43,994	43,844	43,128	42,920	44,026	44,226	43,376	43,676	1463	1492
45	3	44,952	44,577	43,003	42,803	41,271	40,955	43,051	43,316	41,752	42,252	1341	1398
48	1,5	47,968	47,732	46,994	46,834	46,128	45,910	47,026	47,238	46,376	46,676	1674	1705
48	3	47,952	47,577	46,003	45,791	44,271	43,943	46,051	46,331	44,752	45,252	1543	1604
52	1,5	51,968	51,732	50,994	50,834	50,128	49,910	51,026	51,238	50,376	50,676	1976	2010
52	3	51,952	51,577	50,003	49,791	48,271	47,943	50,051	50,331	48,752	49,252	1834	1900

1.1 ROSCA MÉTRICA

Límites de dimensiones de la rosca métrica, paso fino, calidad 6H/6g. (Cont.)

Diámetro nominal $D_{\min} = B$	Paso	Rosca exterior, clase de tolerancia 6g ¹ . Bulones y tornillos						Rosca interior, clase de tolerancia 6H ¹ . Tuercas				Sección del Ø interior $\pi/4 d_3^2$ $A_{d3} \text{ mm}^2$	Sección resistente $\pi/4 (d_2+d_3)^2/2$ $A_s \text{ mm}^2$
		Diámetro exterior		Diámetro sobre flancos		Diámetro interior		Diámetro sobre flancos		Diámetro interior			
		d_{\max}	d_{\min}	$d_{2\max}$	$d_{2\min}$	$d_{3\max}$	$d_{3\min}$	$D_{2\min}$	$D_{2\max}$	$D_{1\min}$	$D_{1\max}$		
56	2	55,962	55,682	54,663	54,483	53,508	53,251	54,701	54,937	53,835	54,210	2252	2301
56	4	55,940	55,465	53,342	53,106	51,033	50,643	53,402	53,717	51,670	52,270	2050	2144
60	4	59,940	59,465	57,342	57,106	55,033	54,643	57,402	57,717	55,670	56,270	2384	2485
64	4	63,940	63,465	61,342	61,106	59,033	58,643	61,402	61,717	59,670	60,270	2743	2851
68	4	67,940	67,465	65,342	65,106	63,033	62,643	65,402	65,717	63,670	64,270	3127	3242
72	6	71,920	71,320	68,023	67,743	64,559	64,048	68,103	68,478	65,505	66,305	3287	3463
76	6	75,920	75,320	72,023	71,743	68,559	68,048	72,103	72,478	69,505	70,305	3700	3889
80	6	79,920	79,320	76,023	75,743	72,559	72,048	76,103	76,478	73,505	74,305	4144	4344
90	6	89,920	89,320	86,023	85,743	82,559	82,048	86,103	86,478	83,505	84,305	5364	5590
100	6	99,920	99,320	96,023	95,723	92,559	92,028	96,103	96,503	93,505	94,305	6740	7000
110	6	109,920	109,320	106,023	105,723	102,559	102,028	106,103	106,503	103,505	104,305	8273	8560

Dimensiones en mm.

-Para el caso de roscas con revestimientos, los valores máximos de d , d_2 y d_3 serán iguales a los valores del perfil de base ($d_{2\max} = D_{2\min}$ y $d_{3\max} = D_{1\min}$.)

- La rosca métrica de paso fino se designa por el diámetro nominal precedido del símbolo M y seguido del paso separado por el signo de la multiplicación; después la tolerancia, por ejemplo "6", y de la clase, por ejemplo "H". Ejemplo: M10 x 1,25 - 6H. Si no se indican las clases de tolerancia, se entenderán las indicadas en la tabla.

1.1.3 Comparativa paso fino, paso grueso.

La tendencia general de los últimos 20 años, va en la dirección de la utilización generalizada del paso grueso. No se puede decir pues, que los pasos finos sean técnicamente superiores.

No obstante, los pasos finos se utilizan en casos particulares, como por ejemplo: reglajes, tornillos de motores, etc. Estos casos son menos numerosos y los elementos de fijación de paso fino se vuelven poco a poco elementos especiales con sus consiguientes inconvenientes económicos, de disponibilidad, y de plazo.

El paso fino es el más comúnmente utilizado en la industria del automóvil.

Las ventajas más importantes del paso fino son:

- una resistencia a la tracción más fuerte, a causa de presentar una sección resistente más grande.
- tendencia mínima a aflojarse por vibraciones debido al paso más pequeño.
- reglajes más precisos.

Sin embargo la mayor parte de los montajes no están cargados estáticamente sino dinámicamente; siendo la resistencia a la fatiga el criterio número uno para el cálculo y diseño. En estos casos el paso grueso resiste mejor a la fatiga, ya que, la carga en el fondo del hilo de rosca disminuye a medida que el paso aumenta.

El argumento consistente en decir que el paso grueso resiste menos al aflojamiento por vibraciones, ha ido perdiendo peso a causa del desarrollo de sistemas de frenado y de bloqueo, ya sean mecánicos o químicos, que ofrecen mejores soluciones a la pérdida de precarga, sobretodo después de esfuerzos dinámicos transversales.

Las ventajas del paso grueso son:

- menos sensible a los choques, y generalmente, el ensamblado más fácil y rápido.
- posibilidad de revestimientos de mas espesor debido al juego de tolerancias, ya que, los pasos de rosca son más amplios.
- riesgo menor del arrancado del roscado.

Las ventajas e inconvenientes se pueden resumir en la tabla siguiente:

Propiedades funcionales	Roscado	
	Paso grueso	Paso fino
Esfuerzo:		
- estático	-	+
- dinámico	+	-
Frenado:		
- sin sistema de frenado	-	+
- con sistema de frenado	++	++
Resistencia a los choques.	+	-
Espesor de los revestimientos.	+	-
Resistencia al arrancamiento.	+	-
Facilidad de montaje.	+	-
Coste, y disponibilidad.	+	-

+ quiere decir: mejor o más adaptado.

PASO GRUESO

recomendado para los elementos de fijación estándares para todo tipo de montaje corriente

Nota:

después de la conversión del sistema imperial al sistema métrico, en EEUU, el "Industrial Fasteners Institute" ha publicado el libro "Metric Fasteners Standards".

En este libro todos los elementos de fijación roscados, solo son según la norma métrica de paso grueso.

El cambio de un paso UNF a un paso métrico fino, no es recomendado para los elementos de fijación estándares.

1.1 ROSCA MÉTRICA

1.1.4 Rosca métrica ISO, clase de tolerancia Sk6

Rosca métrica ISO, con clase de tolerancia Sk6 para la rosca de fijación de los espárragos DIN939

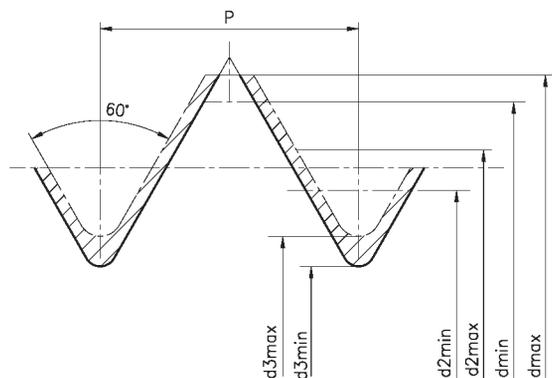
NORMA

DIN: 13 parte 51

ISO: -

NF: -

Perfil de base y perfil de los límites



Las líneas de trazo fuerte son las de los perfiles mínimos de material.

P = paso

d = diámetro exterior = diámetro nominal

d₂ = diámetro sobre flancos

d₃ = diámetro interior

Límites de las dimensiones de la rosca métrica con clase de tolerancia Sk6

Diámetro nominal d	Paso p	Rosca exterior. Espárragos					
		Diámetro exterior		Diámetro sobre flancos		Diámetro interior	
		d _{máx.}	d _{mín.}	d _{2máx.}	d _{2mín.}	d _{3máx.}	d _{3mín.}
6	1	6	5,776	5,406	5,335	4,773	4,663
(7)*	1	7	6,776	6,406	6,335	5,773	5,663
8	1,25	8	7,750	7,244	7,173	6,466	6,343
(9)*	1,25	9	8,750	8,244	8,173	7,466	7,343
10	1,5	10	9,720	9,082	9,011	8,160	8,017
(11)*	1,5	11	10,720	10,082	10,011	9,160	9,017
12	1,75	12	11,600	10,943	10,843	9,853	9,691
14	2	14	13,525	12,781	12,681	11,546	11,369
16	2	16	15,525	14,781	14,681	13,546	13,369
18	2,5	18	17,470	16,456	16,356	14,933	14,731
20	2,5	20	19,470	18,456	18,356	16,933	16,731
22	2,5	22	21,470	20,456	20,356	18,933	18,731
24	3	24	23,400	22,131	22,031	20,319	20,078

Dimensiones en mm.

Nota:

la clase de tolerancia Sk6 se usa en aplicaciones generales, por ejemplo: espárragos (unión sin estanqueidad) y combinado con rosca interior, clase de tolerancia de paso fino 4H o 4H 5h.

Con estas clases de tolerancia no se puede obtener nunca un apriete extremo, no puede ser nunca obtenido.

Está en preparación una norma nueva para asegurar un apriete seguro.

1.1 ROSCA MÉTRICA

1.1.5 Rosca métrica de holgura grande

Rosca métrica de holgura grande para espárragos de cuerpo aligerado DIN2510

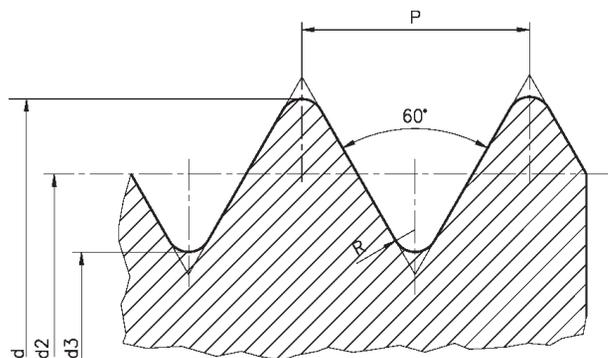
NORMA

DIN: 2510 parte 2

ISO:

NF:

Perfil de base y de límites de las dimensiones.



P = paso

R = radio en el fondo del filete

d = diámetro exterior = diámetro nominal

d_2 = diámetro sobre flancos

d_3 = diámetro interior

Perfil de base y límites de las dimensiones

Diámetro nominal d	Paso p	Radio en el fondo del filete R	Rosca exterior. Espárragos de cuerpo aligerado							
			Diámetro exterior		Diámetro en los flancos		Holgura de ajuste mín.	Diámetro interior		Sección del \emptyset interior
			$d_{\text{máx}}$	$d_{\text{mín}}$	$d_{2\text{máx.}}$	$d_{2\text{mín.}}$		$d_{3\text{máx.}}$	$d_{3\text{mín.}}$	
M 12	1,75	0,18	11,823	11,558	10,686	10,536	0,177	9,676	9,400	69
M 16	2	0,20	15,823	15,543	14,524	14,364	0,177	13,369	13,065	133
M 20	2,5	0,25	19,800	19,465	18,176	18,006	0,200	16,733	16,383	210
M 24	3	0,30	23,788	23,413	21,839	21,639	0,212	20,107	19,691	303
M 27	3	0,30	26,788	26,413	24,839	24,639	0,212	23,107	22,691	403
M 30	3,5	0,35	29,775	29,350	27,502	27,290	0,225	25,481	25,017	490

Dimensiones en mm.

Ejemplo de designación de esta rosca: M16 DIN2510

1.1 ROSCA MÉTRICA

1.1.6 Rosca métrica trapezoidal

Rosca métrica ISO, trapezoidal Tr. Para barras roscadas y tuercas

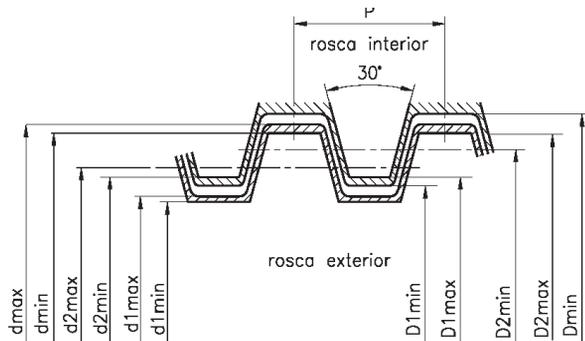
NORMA

DIN: 103 parte 5 y 7

ISO: 2903

NF: E 03-617

Perfil de base y perfil de los límites



Las líneas de trazo fuerte son las de los perfiles máximos de material. El perfil máximo de material del roscado interior es el perfil de base.

P = paso

d = diámetro exterior
 d₂ = diámetro sobre flancos
 d₁ = diámetro interior } rosca exterior

D = diámetro exterior
 D₂ = diámetro sobre flancos
 D₁ = diámetro interior } rosca interior

Límites de las dimensiones de la rosca trapezoidal, calidad media 7H/7e

Designación	Paso p	Rosca exterior, clase de tolerancia 7e. Barras roscadas						Rosca interior, clase de tolerancia 7H. Tuercas				
		Diámetro exterior		Diámetro sobre los flancos		Diámetro interior		Diámetro exterior	Diámetro sobre los flancos		Diámetro interior	
		d _{máx.}	d _{mín.}	d _{2máx.}	d _{2mín.}	d _{1máx.}	d _{1mín.}	D _{mín.}	D _{2mín.}	D _{2máx.}	D _{1mín.}	D _{1máx.}
Tr 10 x 2	2	10,000	9,820	8,929	8,739	7,500	7,191	10,500	9,000	9,250	8,000	8,236
Tr 12 x 3	3	12,000	11,764	10,415	10,191	8,500	8,135	12,500	10,500	10,800	9,000	9,315
Tr 14 x 3	3	14,000	13,764	12,415	12,191	10,500	10,135	14,500	12,500	12,800	11,000	11,315
Tr 16 x 4	4	16,000	15,700	13,905	13,640	11,500	11,074	16,500	14,000	14,355	12,000	12,375
Tr 18 x 4	4	18,000	17,700	15,905	15,640	13,500	13,074	18,500	16,000	16,355	14,000	14,375
Tr 20 x 4	4	20,000	19,700	17,905	17,640	15,500	15,074	20,500	18,000	18,355	16,000	16,375
Tr 22 x 5	5	22,000	21,665	19,394	19,114	16,500	16,044	22,500	19,500	19,875	17,000	17,450
Tr 24 x 5	5	24,000	23,665	21,394	21,094	18,500	18,019	24,500	21,500	21,900	19,000	19,450
Tr 26 x 5	5	26,000	25,665	23,394	23,094	20,500	20,019	26,500	23,500	23,900	21,000	21,450
Tr 28 x 5	5	28,000	27,665	25,394	25,094	22,500	22,019	28,500	25,500	25,900	23,000	23,450
Tr 30 x 6	6	30,000	29,625	26,882	26,547	23,000	22,463	31,000	27,000	27,450	24,000	24,500
Tr 32 x 6	6	32,000	31,625	28,882	28,547	25,000	24,463	33,000	29,000	29,450	26,000	26,500
Tr 36 x 6	6	36,000	35,625	32,882	32,547	29,000	28,463	37,000	33,000	33,450	30,000	30,500
Tr 40 x 7	7	40,000	39,575	36,375	36,020	32,000	31,431	41,000	36,500	36,975	33,000	33,560
Tr 44 x 7	7	44,000	43,575	40,375	40,020	36,000	35,431	45,000	40,500	40,975	37,000	37,560
Tr 50 x 8	8	50,000	49,550	45,868	45,468	41,000	40,368	51,000	46,000	46,530	42,000	42,630
Tr 60 x 9	9	60,000	59,500	55,360	54,935	50,000	49,329	61,000	55,500	56,060	51,000	51,670

Dimensiones en mm.

1.2. ROSCA EN PULGADAS

1.2.1 Rosca en pulgadas ISO: UNC, UNF y 8UN

Rosca en pulgadas (ISO) - UNC, UNF y 8UN -

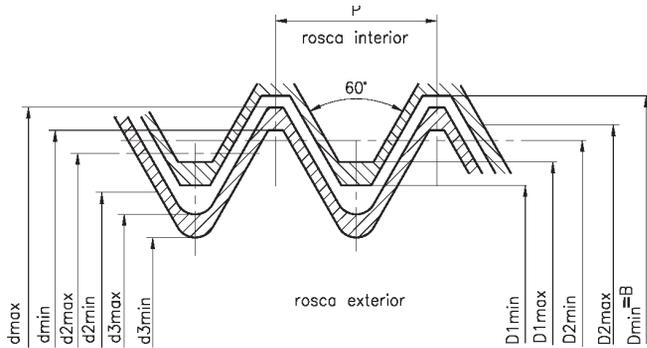
NORMA

DIN:

ISO: 5864

NF:

Perfil de base y perfil de los límites



Las líneas de trazo fuerte son las de los perfiles máximos de material. El perfil máximo de material del roscado interior es el perfil de base.

B = diámetro exterior = diámetro nominal

P = paso

n = número de hilos por pulgada

d = diámetro exterior

d₂ = diámetro sobre flancos

d₃ = diámetro interior

} rosca exterior

D = diámetro exterior

D₂ = diámetro sobre flancos

D₁ = diámetro interior

} rosca interior

Límites de las dimensiones de la rosca en pulgadas (ISO) - UNC, UNF y 8UN -

Diámetro nominal B pulgadas	Nº de hilos por pulgada n	Paso P	Rosca exterior, clase de tolerancia 2A. Bulones y tornillos						Rosca interior, clase de tolerancia 2B. Tuercas					Secc. del Ø int. A _{d3} mm ²	Secc. del Ø int. A _s mm ²
			Diámetro exterior		Diámetro sobre flancos		Diámetro interior		Diámetro exterior	Diámetro sobre flancos		Diámetro interior			
			d _{máx.}	d _{mín.}	d _{2máx.}	d _{2mín.}	d _{3máx.}	d _{3mín.}	D _{mín.}	D _{2mín.}	D _{2máx.}	D _{1mín.}	D _{1máx.}		
Límites de las dimensiones de la rosca en pulgadas, de paso grueso UNC, clases de tolerancia 2A y 2B															
1/4	20	1,2700	6,322	6,117	5,496	5,403	4,765	4,580	6,350	5,525	5,646	4,979	5,257	17,4	20,5
5/16	18	1,4111	7,907	7,687	6,990	6,889	6,174	5,972	7,938	7,021	7,155	6,401	6,731	29,3	33,8
5/8	16	1,5875	9,491	9,254	8,460	8,349	7,543	7,318	9,525	8,494	8,638	7,798	8,153	43,7	50
7/16	14	1,8143	11,076	10,816	9,898	9,779	8,851	8,603	11,113	9,934	10,088	9,144	9,550	60,2	68,6
1/2	13	1,9538	12,661	12,386	11,391	11,265	10,264	9,998	12,700	11,430	11,595	10,592	11,023	81,1	91,5
9/16	12	2,1167	14,246	13,958	12,872	12,741	11,650	11,367	14,288	12,914	13,086	11,989	12,446	105	117,4
5/9	11	2,3091	15,834	15,528	14,335	14,197	13,002	12,698	15,875	14,377	14,559	13,386	13,868	130	146
3/4	10	2,5400	19,004	18,677	17,353	17,204	15,887	15,555	19,050	17,399	17,594	16,307	16,840	195	215
7/8	9	2,8222	22,176	21,824	20,342	20,183	18,714	18,352	22,225	20,392	20,599	19,177	19,761	270	298
1	8	3,1750	25,349	24,969	23,286	23,114	21,452	21,052	25,400	23,338	23,561	21,971	22,606	355	391
1 ¹ / ₈	7	3,6286	28,519	28,103	26,162	25,980	24,066	23,623	28,575	26,218	26,456	24,638	25,349	447	492
1 ¹ / ₄	7	3,6286	31,694	31,278	29,337	29,150	27,241	26,792	31,750	29,393	29,636	27,813	28,524	574	625
1 ³ / ₈	6	4,2333	34,864	34,402	32,113	31,911	29,669	29,162	34,925	32,175	32,438	30,353	31,115	680	745
1 ¹ / ₂	6	4,2333	38,039	37,577	35,288	35,083	32,844	32,335	38,100	35,350	35,615	33,528	34,290	835	906
1 ³ / ₄	5	5,0800	44,381	43,861	41,081	40,856	38,148	37,557	44,450	41,151	41,445	38,964	39,827	1123	1226
2	4 ¹ / ₂	5,6444	50,726	50,168	47,061	46,820	43,802	43,155	50,800	47,135	47,449	44,679	45,593	1484	1613
2 ¹ / ₄	4 ¹ / ₂	5,6444	57,076	56,518	53,411	53,165	50,152	49,500	57,150	53,485	53,804	51,029	51,943	1948	2097
2 ¹ / ₂	4	6,3500	63,421	62,817	59,296	59,033	55,631	54,910	63,500	59,376	59,717	56,617	57,581	2400	2581
2 ³ / ₄	4	6,3500	69,768	69,165	65,643	65,378	61,978	61,255	69,850	65,726	66,073	62,967	63,931	2981	3181
3	4	6,3500	76,118	75,515	71,993	71,722	68,328	67,600	76,200	72,076	72,428	69,317	70,281	3626	3852

Límites de las dimensiones de la rosca en pulgadas, de paso fino UNF, clases de tolerancia 2A y 2B

1/4	28	0,9071	6,324	6,160	5,735	5,652	5,212	5,063	6,350	5,761	5,869	5,360	5,588	21,0	23,5
5/16	24	1,0583	7,909	7,727	7,221	7,128	6,611	6,442	7,938	7,250	7,371	6,782	7,035	33,8	37,4
5/8	24	1,0583	9,497	9,315	8,808	8,713	8,199	8,027	9,525	8,837	8,961	8,382	8,636	52,2	56,6
7/16	20	1,2700	11,079	10,874	10,253	10,148	9,522	9,325	11,113	10,287	10,424	9,729	10,033	70,3	76,6
1/2	20	1,2700	12,666	12,462	11,841	11,733	11,109	10,910	12,700	11,875	12,016	11,329	11,607	95,9	103
9/16	18	1,4111	14,251	14,031	13,335	13,221	12,519	12,304	14,288	13,371	13,520	12,751	13,081	122	131
5/8	18	1,4111	15,839	15,619	14,922	14,804	14,107	13,887	15,875	14,959	15,110	14,351	14,681	155	165
3/4	16	1,5875	19,011	18,774	17,980	17,854	17,063	16,823	19,050	18,019	18,183	17,323	17,678	226	241
7/8	14	1,8143	22,184	21,923	21,005	20,869	19,959	19,693	22,225	21,047	21,224	20,270	20,675	310	328
1	12	2,1167	25,354	25,065	23,980	23,831	22,758	22,457	25,400	24,026	24,218	23,114	23,571	403	428
1	14	1,8143	25,357	25,095	24,178	24,036	23,123	25,400	24,221	24,407	23,444	23,825	-	420	439

1.2. ROSCA EN PULGADAS

1.2.1 Rosca en pulgadas ISO: UNC, UNF y 8UN (Cont.)

Rosca en pulgadas (ISO) - UNC, UNF y 8UN -

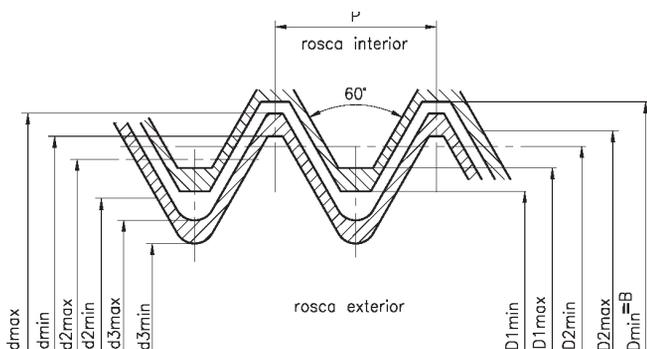
NORMA

DIN:

ISO: 5864

NF:

Perfil de base y perfil de los límites



Las líneas de trazo fuerte son las de los perfiles máximos de material. El perfil máximo de material del roscado interior es el perfil de base.

B = diámetro exterior = diámetro nominal

P = paso

n = número de hilos por pulgada

d = diámetro exterior
 d_2 = diámetro sobre flancos
 d_3 = diámetro interior

D = diámetro exterior
 D_2 = diámetro sobre flancos
 D_1 = diámetro interior

Límites de las dimensiones de la rosca en pulgadas (ISO) - UNC, UNF y 8UN (Cont.)-

Diámetro nominal B pulgadas	Nº de hilos por pulgada n	Paso P	Rosca exterior, clase de tolerancia 2A. Bulones y tornillos						Rosca interior, clase de tolerancia 2B. Tuercas					Secc. del Ø int. $\frac{\pi}{4} d_3^2$ As mm ²	Secc. del Ø int. $\frac{\pi}{4} (d_2+d_3)^2/2$ As mm ²
			Diámetro exterior		Diámetro sobre flancos		Diámetro interior		Diámetro exterior	Diámetro sobre flancos		Diámetro interior			
			$d_{máx.}$	$d_{mín.}$	$d_{2máx.}$	$d_{2mín.}$	$d_{3máx.}$	$d_{3mín.}$	$D_{mín.}$	$D_{2mín.}$	$D_{2máx.}$	$D_{1mín.}$	$D_{1máx.}$		
Límites de las dimensiones de la rosca en pulgadas, de paso fino UNF, clases de tolerancia 2A y 2B															
1 ^{1/8}	12	2,1167	28,529	28,240	27,155	27,003	25,933	25,629	28,575	27,201	27,398	26,289	26,746	524	552
1 ^{1/4}	12	2,1167	31,704	31,415	30,330	30,173	29,108	28,799	31,750	30,376	30,579	29,464	29,921	661	692
1 ^{3/8}	12	2,1167	34,876	34,588	33,502	33,343	32,280	31,969	34,925	33,551	33,759	32,639	33,096	813	848
1 ^{1/2}	12	2,1167	38,051	37,763	36,677	36,516	35,455	35,141	38,100	36,726	36,936	35,814	36,271	981	1020
Límites de las dimensiones de la rosca en pulgadas, 8UN, clases de tolerancia 2A y 2B															
1 ^{1/8}	8	3,1750	28,521	28,141	26,459	26,284	24,653		28,575	26,513	26,741	25,146	25,781	470	510
1 ^{1/4}	8	3,1750	31,697	31,316	29,634	29,456	27,800		31,750	29,688	29,921	28,321	28,956	599	645
1 ^{3/8}	8	3,1750	34,869	34,488	32,807	32,624	30,973		34,925	32,863	33,099	31,496	32,131	745	795
1 ^{1/2}	8	3,1750	38,044	37,663	35,982	35,796	34,148		38,100	36,038	36,279	34,671	35,306	906	963
1 ^{5/8}	8	3,1750	41,219	40,838	39,157	38,969	37,323		41,275	39,213	39,459	37,846	38,481	1084	1148
1 ^{3/4}	8	3,1750	44,392	44,011	43,329	42,139	40,495		44,450	42,388	42,636	41,021	41,656	1277	1342
1 ^{7/8}	8	3,1750	47,567	47,186	45,564	45,309	43,670		47,625	45,563	45,817	44,196	44,831	1484	1555
2	8	3,1750	50,742	50,361	48,679	48,481	46,845		50,800	48,738	48,994	47,371	48,006	1710	1787

Dimensiones en mm.

- En el caso de roscas con revestimientos, los valores máximos de d , d_2 y d_3 serán iguales a los valores del perfil de base ($d_{2máx.} = D_{2mín.}$ y $d_{3máx.} = D_{1mín.}$)

- La rosca en pulgadas se designa por el diámetro nominal seguido del número de hilos por pulgada (n), el símbolo UNC, UNF, o 8UN, y la clase de tolerancia; ejemplo: 3/8 - 24UNF - 2^a.

Si no se indican las clases de tolerancia, se sobreentenderán que son 2A/2B.

1.2. ROSCA EN PULGADAS

1.2.2 Rosca en pulgadas numeradas UNC y UNF

Rosca en pulgadas numerada - UNC y UNF -

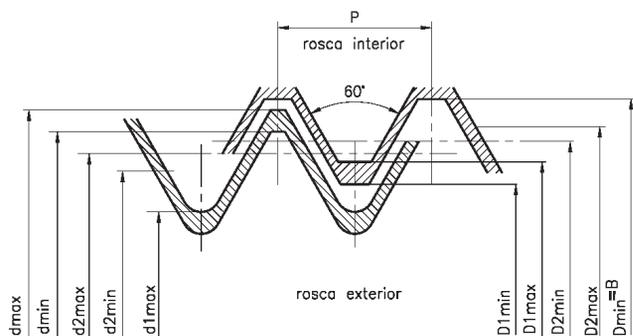
NORMA

USAS: B .1.1

DIN: -

NF: -

Perfil de base y perfil de los límites



Las líneas de trazo fuerte son las de los perfiles máximos de material. El perfil máximo de material del roscado interior es el perfil de base.

B = diámetro exterior = diámetro nominal

P = paso

n = número de hilos por pulgada

d = diámetro exterior

d_2 = diámetro sobre flancos

d_3 = diámetro interior

} rosca exterior

D = diámetro exterior

D_2 = diámetro sobre flancos

D_1 = diámetro interior

} rosca interior

Designación	B	n	P	Rosca exterior, clase de tolerancia 2A. Tornillos					Rosca interior, clase de tolerancia 2B. Tuercas				
				Diámetro exterior		Diámetro sobre flancos		Diámetro interior	Diámetro sobre flancos		Diámetro interior		
				$d_{m\acute{a}x.}$	$d_{m\acute{i}n.}$	$d_{2m\acute{a}x.}$	$d_{2m\acute{i}n.}$	$d_{1m\acute{a}x.}$	$D_{2m\acute{i}n.}$	$D_{2m\acute{a}x.}$	$D_{1m\acute{i}n.}$	$D_{1m\acute{a}x.}$	
4-40 UNC	2,844	40	0,635	2,824	2,695	2,413	2,350	2,044	2,434	2,517	2,157	2,385	
5-40 UNC	3,175	40	0,635	3,154	3,026	2,743	2,678	2,374	2,764	2,847	2,487	2,697	
6-32 UNC	3,505	32	0,794	3,484	3,333	2,969	2,899	2,512	2,990	3,083	2,642	2,895	
8-32 UNC	4,165	32	0,794	4,142	3,991	3,627	3,554	3,169	3,650	3,746	3,302	3,530	
10-24 UNC	4,826	24	1,058	4,800	4,618	4,112	4,029	3,502	4,138	4,246	3,683	3,962	
12-24 UNC	5,486	24	1,058	5,461	5,279	4,772	4,687	4,163	4,799	4,909	4,344	4,597	
4-48 UNF	2,844	48	0,529	2,827	2,713	2,484	2,424	2,176	2,502	2,580	2,271	2,458	
5-44 UNF	3,175	44	0,577	3,157	3,036	2,781	2,718	2,448	2,800	2,880	2,551	2,740	
6-40 UNF	3,505	40	0,635	3,484	3,356	3,073	3,008	2,705	3,094	3,180	2,820	3,022	
8-36 UNF	4,165	36	0,706	4,145	4,006	3,688	3,617	3,279	3,709	3,799	3,404	3,606	
10-32 UNF	4,826	32	0,794	4,803	4,651	4,287	4,212	3,830	4,311	4,409	3,963	4,165	
12-28 UNF	5,486	28	0,907	5,461	5,296	4,871	4,791	4,348	4,898	5,003	4,496	4,724	

Dimensiones en mm.

1.2. ROSCA EN PULGADAS

1.2.3 Rosca Whitworth BSW y BSF

Rosca Whitworth BSW

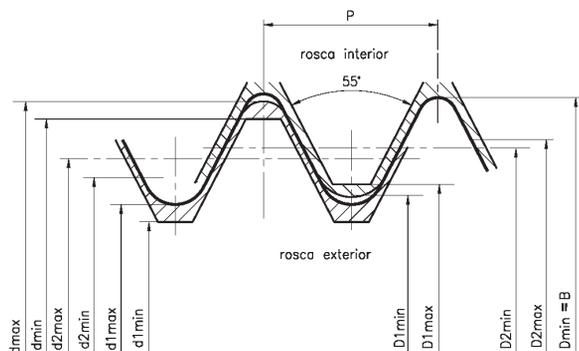
NORMA

BS: 84 (1956)

DIN: 11 (1930)

NF: -

Perfil de base y perfil de los límites



Las líneas de trazo fuerte son las de los perfiles máximos de material.

B = diámetro exterior = diámetro nominal

P = paso

n = número de hilos por pulgada

d = diámetro exterior
 d₂ = diámetro sobre flancos
 d₃ = diámetro interior

} rosca exterior

D = diámetro exterior
 D₂ = diámetro sobre flancos
 D₁ = diámetro interior

} rosca interior

Límites de las dimensiones de la rosca Whitworth de paso grueso BSW, clase de tolerancia media

Ø nominal	Nº hilos por pulgada	Paso	Rosca exterior. Bulones y tornillos						Rosca interior. Tuercas					Sección Ø interior $\pi/4 d_1^2$ A _{d1} mm ²
			Diámetro exterior		Diámetro sobre flancos		Diámetro interior		Ø exterior	Diámetro sobre flancos		Diámetro interior		
B pulgadas	n	P	d _{máx.}	d _{mín.}	d _{2máx.}	d _{2mín.}	d _{1máx.}	d _{1mín.}	D _{mín.=B}	D _{2mín.}	D _{2máx.}	D _{1mín.}	D _{1máx.}	A _{d1} mm ²
1/8	40	0,635	3,155	3,035	2,769	2,689	2,362	2,202	3,175	2,769	2,849	2,382	2,622	4,39
5/32	32	0,794	3,949	3,814	3,461	3,371	2,953	2,773	3,969	3,461	3,551	2,973	3,243	6,85
3/16	24	1,058	4,743	4,587	4,084	3,980	3,406	3,198	4,763	4,084	4,188	3,426	3,738	9,10
1/4	20	1,270	6,330	6,000	5,537	5,424	4,724	4,422	6,350	5,537	5,650	4,744	5,224	17,55
5/16	18	1,411	7,918	7,600	7,034	6,915	6,131	5,813	7,938	7,034	7,153	6,151	6,661	29,48
3/8	16	1,588	9,505	9,100	8,509	8,382	7,492	7,154	9,525	8,509	8,636	7,512	8,052	44,06
7/16	14	1,814	11,093	10,700	9,951	9,816	8,789	8,430	11,113	9,951	10,086	8,809	9,379	60,71
1/2	12	2,117	12,675	12,200	11,345	11,199	9,990	9,600	12,700	11,345	11,491	10,015	10,610	78,32
9/16	12	2,117	14,263	13,800	12,933	12,787	11,578	11,188	14,288	12,993	13,079	11,603	12,198	105
5/8	11	2,309	15,846	15,400	14,397	14,244	12,918	12,510	15,876	14,397	14,550	12,948	13,598	131
11/16	11	2,309	17,433	17,000	15,985	15,832	14,507	14,099	17,463	15,985	16,138	14,537	15,187	165
3/4	10	2,540	19,018	18,500	17,424	17,264	15,798	15,371	19,051	17,424	17,584	15,831	16,538	196
7/8	9	2,822	22,190	21,600	20,419	20,250	18,611	18,161	22,226	20,419	20,588	18,647	19,411	272
1	8	3,175	25,361	24,800	23,368	23,189	21,335	20,858	25,401	23,368	23,547	21,375	22,185	358
1 ^{1/8}	7	3,629	28,529	27,900	26,253	26,062	23,929	23,419	28,576	26,253	26,444	23,976	24,879	450
1 ^{1/4}	7	3,629	31,704	31,000	29,428	29,237	27,104	26,594	31,751	29,428	29,619	27,151	28,054	577
1 ^{1/2}	6	4,233	38,048	37,300	35,391	35,184	32,680	32,128	38,101	35,391	35,598	32,733	33,730	839
1 ^{3/4}	5	5,080	44,389	43,500	41,199	40,972	37,946	37,341	44,452	41,199	41,426	38,009	39,096	1131
2	4,5	5,645	50,732	49,800	47,187	46,948	43,573	42,936	50,802	47,187	47,426	43,643	44,823	1491
2 ^{1/4}	4	6,350	57,072	56,200	53,086	52,833	49,020	48,345	57,152	53,086	53,339	49,100	50,420	1887
2 ^{1/2}	4	6,350	63,422	62,500	59,436	59,183	55,370	54,695	63,502	59,436	59,689	55,450	56,770	2408
2 ^{3/4}	3,5	7,257	69,763	68,800	65,205	64,934	60,558	59,836	69,853	65,205	65,476	60,648	62,108	2880
3	3,5	7,257	76,113	75,100	71,556	71,285	66,909	66,187	76,203	71,556	71,827	66,999	68,459	3515

Dimensiones en mm.

1.2. ROSCA EN PULGADAS

Rosca Whitworth BSF

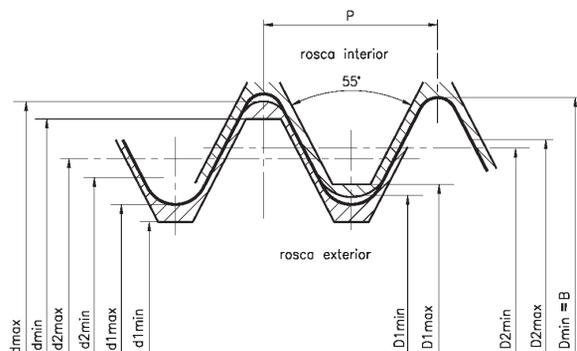
NORMA

BS: 84 (1956)

DIN: 11 (1930)

NF: -

Perfil de base y perfil de los límites



Las líneas de trazo fuerte son las de los perfiles máximos de material.

B = diámetro exterior = diámetro nominal

P = paso

n = número de hilos por pulgada

d = diámetro exterior

d_2 = diámetro sobre flancos

d_3 = diámetro interior

} rosca exterior

D = diámetro exterior

D_2 = diámetro sobre flancos

D_1 = diámetro interior

} rosca interior

Límites de las dimensiones de la rosca Whitworth de paso fino BSF, clase media de tolerancia para rosca exterior, y clase normal de tolerancia para rosca interior

Ø nominal	Nº hilos por pulgada	Paso	Rosca exterior. Bulones y tornillos						Rosca interior. Tuercas					Sección Ø interior $\pi/4 d_1^2$
			Diámetro exterior		Diámetro sobre flancos		Diámetro interior		Ø exterior	Diámetro sobre flancos		Diámetro interior		
B pulgadas	n	P	$d_{máx.}$	$d_{mín.}$	$d_{2máx.}$	$d_{2mín.}$	$d_{1máx.}$	$d_{1mín.}$	$D_{mín.} = B$	$D_{2mín.}$	$D_{2máx.}$	$D_{1mín.}$	$D_{1máx.}$	$A_{d1} \text{ mm}^2$
1/4	26	0,977	6,322	6,177	5,697	5,603	5,072	4,879	6,350	5,725	5,867	5,100	5,398	20,45
9/32	26	0,977	7,112	6,962	6,487	6,388	5,862	5,664	7,142	6,518	6,665	5,893	6,190	27,29
5/16	22	1,155	7,907	7,750	7,168	7,064	6,429	6,215	7,938	7,198	7,356	6,459	6,817	32,77
3/8	20	1,270	9,492	9,324	8,679	8,567	7,866	7,640	9,525	8,712	8,880	7,899	8,331	49,03
7/16	18	1,411	11,077	10,897	10,173	10,053	9,268	9,030	11,113	10,208	10,386	9,304	9,764	68,00
1/2	16	1,588	12,662	12,471	11,646	11,519	10,630	10,376	12,700	11,684	11,872	10,668	11,163	89,35
9/16	16	1,588	14,249	14,054	13,233	13,101	12,217	11,958	14,288	13,272	13,467	12,256	12,751	118
5/8	14	1,814	15,834	15,629	14,674	14,536	13,513	13,241	15,875	14,714	14,920	13,553	14,094	144
11/16	14	1,814	17,419	17,209	16,259	16,116	15,098	14,821	17,463	16,302	16,515	15,141	15,682	180
3/4	12	2,117	19,004	18,781	17,648	17,498	16,292	15,994	19,050	17,694	17,917	16,338	16,939	210
7/8	11	2,309	22,225	21,991	20,747	20,589	19,268	18,959	22,225	20,747	20,983	19,268	19,909	292
1	10	2,540	25,400	25,151	23,774	23,607	22,149	21,821	25,400	23,774	24,026	22,149	22,835	385

Dimensiones en mm.

1.3. OTROS TIPOS DE ROSCA

1.3.1 Rosca de tornillos para chapa

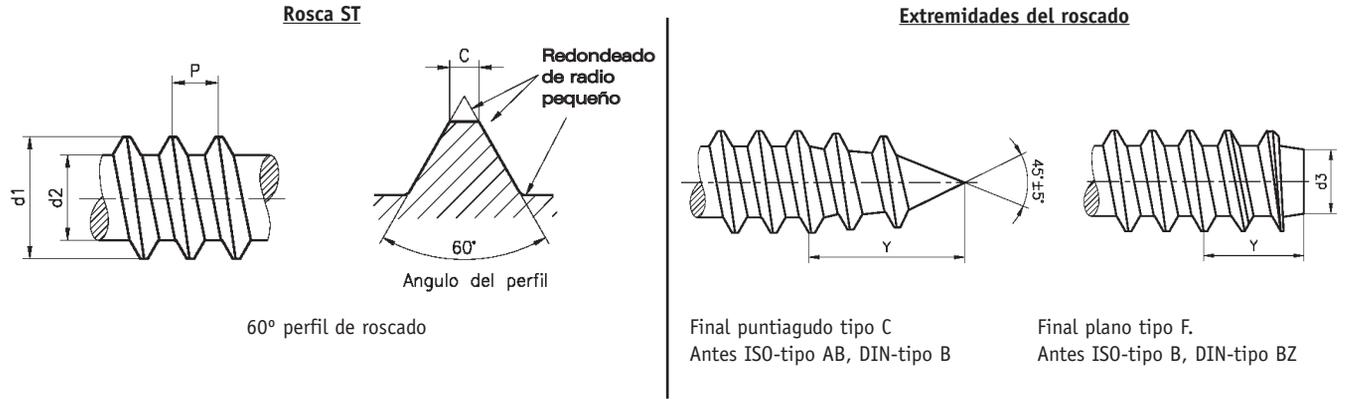
Rosca de tornillo para chapa - ST -. Para tornillos rosca para chapa y tornillos autotaladrantes

NORMA

DIN: 7970

ISO: 1478

NF: E 25 - 650



Límites de las dimensiones de la rosca para el tornillo rosca chapa

Diámetro nominal	ISO Nr.	Paso P	Diámetro exterior		Diámetro interior		Diámetro punta plana		Aplanado de la cresta C _{máx.}	Longitud de la punta Y _{máx.}	
			d _{1máx.}	d _{1mín.}	d _{2máx.}	d _{2mín.}	d _{3máx.}	d _{3mín.}		Tipo C	Tipo F
ST 2,2	2	0,8	2,24	2,1	1,63	1,52	1,47	1,37	0,1	2	1,6
ST 2,6	3	0,9	2,57	2,43	1,9	1,8	1,73	1,6	0,1	2,3	1,8
ST 2,9	4	1,1	2,9	2,76	2,18	2,08	2,01	1,88	0,1	2,6	2,1
ST 3,3	5	1,3	3,3	3,12	2,39	2,29	2,21	2,08	0,1	3	2,5
ST 3,5	6	1,3	3,53	3,35	2,64	2,51	2,41	2,26	0,1	3,2	2,5
ST 3,9	7	1,4	3,91	3,73	2,92	2,77	2,67	2,51	0,1	3,5	2,7
ST 4,2	8	1,4	4,22	4,04	3,1	2,95	2,84	2,69	0,1	3,7	2,8
ST 4,8	10	1,6	4,8	4,62	3,58	3,43	3,3	3,12	0,15	4,3	3,2
ST 5,5	12	1,8	5,46	5,28	4,17	3,99	3,86	3,68	0,15	5	3,6
ST 6,3	14	1,8	6,25	6,03	4,88	4,7	4,55	4,34	0,15	6	3,6

Dimensiones en mm.

- El tamaño del tornillo de rosca chapa se designa por el diámetro nominal, precedido por el símbolo ST. El principio de la rosca con el extremo puntiagu-

do es incicado por C, y con extremo plano por B. Por ejemplo: ST 3,5-C (aceptado internacionalmente).

- Para los agujeros antes de roscar, ver la norma de base.

1.3. OTROS TIPOS DE ROSCA

1.3.2 Rosca de tornillos para madera

Rosca de tornillo para madera

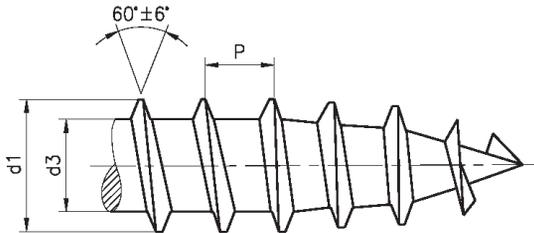
NORMA

DIN: 7998

ISO: -

NF: E 25 - 600

Selección del extremo de la rosca a discreción del fabricante



Límites de las dimensiones de la rosca de tornillo para madera

Diámetro nominal d_1 tolerancia h 15	Paso		Diámetro interior d_3 tolerancia h 15
	P	Tolerancia	
1,6	0,7	± 0,07	1,1
2	0,9	± 0,09	1,4
2,5	1,1	± 0,11	1,7
3	1,35	± 0,14	2,1
3,5	1,6	± 0,16	2,4
4	1,8	± 0,18	2,8
4,5	2	± 0,2	3,1
5	2,2	± 0,22	3,5
(5,5)	2,4	± 0,24	3,8
6	2,6	± 0,26	4,2
(7)	3,2	± 0,32	4,9
8	3,6	± 0,36	5,6
10	4,5	± 0,45	7
12	5	± 0,5	9
16	6	± 0,6	12
20	7	± 0,7	15

La rosca de tornillos para madera se designa por el diámetro nominal. Por ejemplo: 4mm.: 4.

1.3.3 Rosca métrica, cónica, exterior, de paso fino

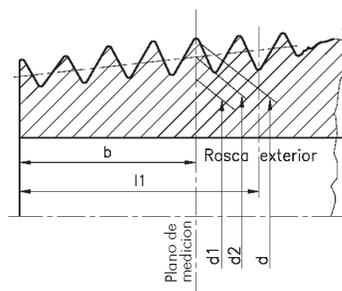
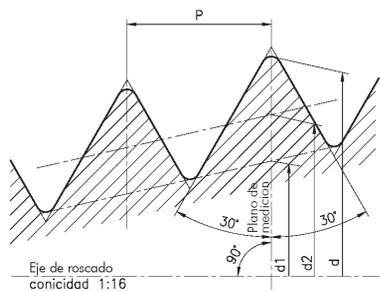
Rosca métrica, cónica, exterior, de paso fino para tapones roscados con hexágono interior DIN 906

NORMA

DIN: 158

ISO: -

NF: -



Límites de las dimensiones de la rosca cónica, exterior, de tipo corto

Designación	Paso P	Rosca exterior						Longitud de unión b	Longitud útil de roscado l_1
		Diámetro exterior		Diámetro sobre flancos		Diámetro interior			
		$d_{m\acute{a}x.}$	$d_{m\acute{i}n.}$	$d_{2m\acute{a}x.}$	$d_{2m\acute{i}n.}$	$d_{1m\acute{a}x.}$	$d_{1m\acute{i}n.}$		
M 8 x 1	1	8,093	8,033	7,443	7,383	6,866	6,806	3	4
M 10 x 1	1	10,093	10,033	9,443	9,383	8,866	8,806	3	4
M 12 x 1,5	1,5	12,235	12,141	11,261	11,167	10,395	10,301	5,5	7,5
M 14 x 1,5	1,5	14,235	14,141	13,261	13,167	12,395	12,301	5,5	7,5
M 16 x 1,5	1,5	16,235	16,141	15,261	15,167	14,395	14,301	5,5	7,5
M 18 x 1,5	1,5	18,235	18,141	17,261	17,167	16,395	16,301	5,5	7,5
M 20 x 1,5	1,5	20,235	20,141	19,261	19,167	18,395	18,301	5,5	7,5
M 22 x 1,5	1,5	22,235	22,141	21,261	21,167	20,395	20,301	5,5	7,5
M 24 x 1,5	1,5	24,235	24,141	23,261	23,167	22,395	22,301	5,5	7,5

1.3. OTROS TIPOS DE ROSCA

1.3.3 Rosca métrica, cónica, exterior, de paso fino -Cont.-

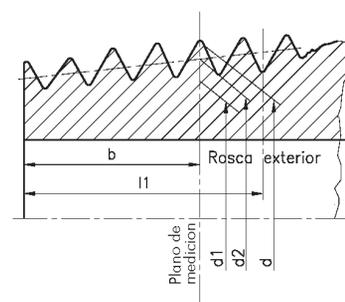
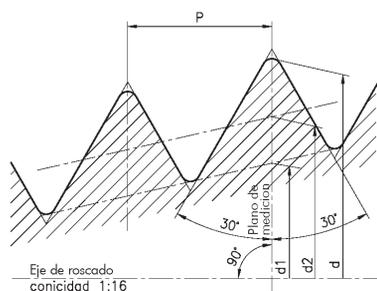
Rosca métrica, cónica, exterior, de paso fino para tapones roscados con hexágono interior DIN 906

NORMA

DIN: 158

ISO: -

NF: -



Límites de las dimensiones de la rosca cónica, exterior, de tipo corto (Cont.)

Designación	Paso P	Rosca exterior						Longitud de unión b	Longitud útil de roscado l_1
		Diámetro exterior		Diámetro sobre flancos		Diámetro interior			
		$d_{m\acute{a}x.}$	$d_{m\acute{i}n.}$	$d_{2m\acute{a}x.}$	$d_{2m\acute{i}n.}$	$d_{1m\acute{a}x.}$	$d_{1m\acute{i}n.}$		
M 30 x 1,5	1,5	30,235	30,141	29,261	29,167	28,395	28,301	5,5	7,5
M 36 x 1,5	1,5	36,282	36,156	35,306	35,182	34,442	34,316	6,9	9
M 42 x 1,5	1,5	42,282	42,156	41,308	41,182	40,442	40,316	6,9	9

Dimensiones en mm.

La rosca métrica, cónica, exterior de paso fino se utiliza para las uniones con estanqueidad en la rosca de los tapones, engrasadores, etc. etc.

Hasta M26, inclusive, no es necesario un producto para estanqueizar en el caso de los aceites; para otros medios gaseosos y otros medios líquidos, se recomienda utilizar un producto estanqueizante por encima de la rosca.

Generalmente la rosca cónica exterior se emplea con rosca cilíndrica interior, según DIN 158

La rosca métrica, cónica, exterior de paso fino se designa por el diámetro nominal, precedido de la letra M, y seguido por el paso, separado por el signo de la multiplicación; por ejemplo: M20x1,5

1.3. OTROS TIPOS DE ROSCA

1.3.4 Rosca Whitworth, cónica, exterior R

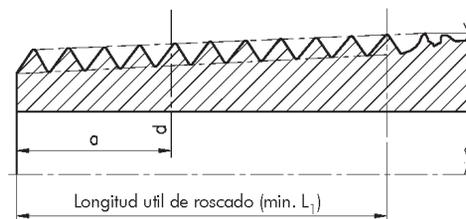
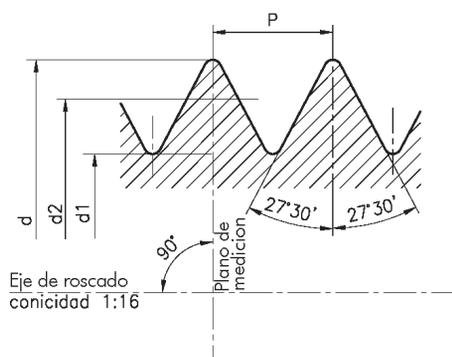
Rosca Whitworth, cónica, exterior R. Para tapones roscados con hexágono interior DIN 906

NORMA

DIN: 3858

ISO: -

NF: E 03 - 004



Dimensiones nominales de la rosca cónica, exterior, clase de tolerancia 2, tipo "a" corta

Designación	Número de hilos por pulgada n	Paso P	Rosca exterior				
			Ø exterior	Ø sobre flancos	Ø interior	Longitud de unión	Long. útil de roscado
			d	d	d_1	a	l_1
R $1/8$	28	0,907	9,728	9,147	8,566	3	5,5
R $1/4$	19	1,337	13,157	12,301	11,445	4,5	8,2
R $3/8$	19	1,337	16,662	15,806	14,950	4,5	8,2
R $1/2$	14	1,814	20,955	19,793	18,631	5	10,0
R $3/4$	14	1,814	26,441	25,279	24,117	6	11,0
R1	11	2,309	33,249	31,770	30,291	7	13,4
R $1 1/4$	11	2,309	41,910	40,431	38,952	7,5	13,9
R $1 1/2$	11	2,309	47,803	46,324	44,845	7,5	13,9

Dimensiones en mm.

La rosca Whitworth, cónica, exterior se designa por el símbolo R seguido por el diámetro nominal en pulgadas; por ejemplo: R $1/8$.

2. PROPIEDADES MECÁNICAS

2.1 Bulones, tornillos y espárragos.

2.1.1 Nomenclatura de las clases de calidad	384
2.1.2 Características mecánicas de los bulones, tornillos y espárragos	384
2.1.3 Marcado de los bulones, tornillos y espárragos	385

2.2 Tuercas DIN, paso grueso y paso fino.

2.2.1 Nomenclatura de las clases de calidad	386
2.2.2 Características mecánicas de las tuercas	386
2.2.3 Marcado de las tuercas	386

2.3. Tuercas ISO, paso grueso.

2.3.1 Nomenclatura de las clases de calidad	387
2.3.2 Características mecánicas de las tuercas	387
2.3.3 Marcado de las tuercas	388

2.4. Tuercas ISO, paso fino.

2.4.1 Nomenclatura de las clases de calidad	389
2.4.2 Características mecánicas de las tuercas	389
2.4.3 Marcado de las tuercas	390

2.5. Tuercas, especificaciones de calidad según dureza.

2.5.1 Nomenclatura de las clases de calidad	390
2.5.2 Características mecánicas de las tuercas	390
2.5.3 Marcado de las tuercas	390

2.6. Tuercas remachables.

2.6.1 Características mecánicas de las tuercas remachables	391
--	-----

2.7. Relación entre la dureza y la resistencia a la tracción de los aceros.

2.7.1 Tablas de durezas correspondientes	392
--	-----

2.8. Pares de apriete.

2.8.1 Tablas de pares de apriete	393
2.8.2 Coeficientes de fricción	395

2.9. Dimensionado de uniones atornilladas.

2.9.1 Estimación de los diámetros de los tornillos	397
2.9.2 Longitud de roscado útil para agujeros ciegos	397
2.9.3 Presión superficial máxima	398
2.9.4 Medidas para mejorar la fuerza de apriete en las uniones atornilladas	398

2.1 BULONES, TORNILLOS Y ESPÁRRAGOS

NORMA

DIN ISO: 898 Parte 1

ISO: 898 Parte 1

NF: E 25 - 100

Propiedades mecánicas de bulones, tornillos y espárragos en acero.

Las siguientes clases de calidad y sus características mecánicas, se aplican a los bulones, tornillos y espárragos con rosca métrica ISO, de diámetro nominal $d \leq 39\text{mm.}$, contruidos en acero al carbono y ensayados a temperatura ambiente. Éstas no se aplican a los tornillos sin cabeza y similares, ni con requisitos especiales como: la soldabilidad, la resistencia a la corrosión (ver DIN-267 Parte II y ISO-3506), la resistencia a temperaturas superiores a $+300^\circ\text{C}$ o inferiores a -50°C (ver DIN-267 Parte 13). Este sistema de designación de calidades puede ser utilizado para los diámetros $d > 39\text{mm.}$ dando por hecho que, todas las exigencias mecánicas prescritas por las clases de calidad, serán debidamente respetadas.

2.1.1 Nomenclatura de las clases de calidad.

Los símbolos de las clases de calidad consisten en dos cifras separadas por un punto; ejemplo: 10.9; con las cuales se indican las características mecánicas más importantes.

La primera cifra indica, en N/mm^2 , un 1/100 de la resistencia nominal a la tracción, ver R_m en la tabla. Para la clase de calidad 10.9, la resistencia a la tracción es: $10 \times 100 = 1000 \text{ N/mm}^2$.

La segunda cifra indica, por 10, la relación entre el límite inferior de fluencia R_{el} (o límite convencional de elasticidad $R_{p0,2}$) y la resistencia nominal a la tracción R_m ; entoces, para una clase de calidad 10.9, la segunda cifra 9 = $10 \times 900/1000$.

Y por último, la multiplicación de ambas cifras entre sí, nos da 1/10 del límite elástico en N/mm^2 , siguiendo el ejemplo: $10 \times 9 = 1/10 \times 900 \text{ N/mm}^2$.

2.1.2 Características mecánicas de los bulones, tornillos y espárragos

Características mecánicas		Clases de calidad											
		3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8 ¹⁾		9.8 ³⁾	10.9	12.9	
								d < 16 mm.	d > 16 mm. ²⁾				
Resistencia a la tracción R_m ⁴⁾ N/mm^2	nom.	300	400	400	500	500	600	800	800	900	1000	1200	
	mín.	330	400	420	500	520	600	800	830	900	1040	1220	
Dureza Vickers HV F $\geq 98\text{N}$	mín.	95	120	130	155	160	190	250	255	290	320	385	
	máx.	250	250	250	250	250	250	320	335	360	380	435	
Dureza Brinell HB F = 30 D ²	mín.	90	114	124	147	152	181	238	242	276	304	366	
	máx.	238	238	238	238	238	238	304	318	342	361	414	
Dureza Rockwell	mín.	HRB	52	67	71	79	82	89	-	-	-	-	-
		HRC	-	-	-	-	-	-	22	23	28	32	39
HR	máx.	HRB	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	99,5	-	-	-	-	-
		HRC	-	-	-	-	-	-	32	34	37	39	44
Dureza superf. HV 0,3	máx.	-	-	-	-	-	-	5)	5)	5)	5)	5)	
Límite inferior de fluencia R_{el} ⁶⁾ N/mm^2	nom.	180	240	320	300	400	480	-	-	-	-	-	
	mín.	190	240	340	300	420	480	-	-	-	-	-	
Límite convencional de elasticidad $R_p 0,2 \text{ N/mm}^2$	nom.	-	-	-	-	-	-	640	640	720	900	1080	
	mín.	-	-	-	-	-	-	640	660	720	940	1100	
Esfuerzo bajo carga de prueba Sp	Sp/R_{ef} o $Sp/R_p 0,2$	0,94	0,94	0,91	0,93	0,90	0,92	0,91	0,91	0,90	0,88	0,88	
	N/mm^2	180	225	310	280	380	440	580	600	650	830	970	
Alargamiento después de la ruptura A5%	mín.	25	22	14	20	10	8	12	12	10	9	8	
Resistencia a la tracción bajo carga de cuña	mín.	Los valores para tornillos y bulones enteros (no los espárragos) deben ser iguales a los valores mínimos de resistencia a la tracción indicados anteriormente.											
Resiliencia		-	-	-	25	-	-	30	30	25	20	15	
Solidez de la cabeza		No hay rotura											
Altura mínima de la zona de rosca no descarburada, E		-	-	-	-	-	-	$1/2H_1$	$1/2H_1$	$1/2H_1$	$2/3H_1$	$3/4H_1$	
Profundidad máx. de descarburación, G		-	-	-	-	-	-	0,015	0,015	0,015	0,015	0,015	

2.1 BULONES, TORNILLOS Y ESPÁRRAGOS

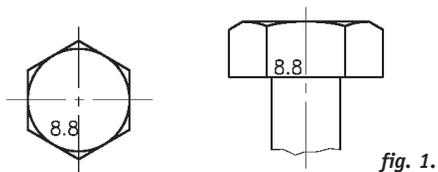
- 1) Para la clase 8.8 con diámetro $d \leq 16$ mm. existe un riesgo incrementado de arrancamiento de tuerca, en el caso de exceso de la carga de prueba. Se recomienda referirse a la ISO 898-2.
- 2) Para los bulones de construcción el límite es 12mm.
- 3) Se aplican únicamente para diámetro nominal $d \leq 16$ mm.
- 4) Las características de tracción mínimas se aplican a los productos con una longitud nominal $L \geq 2,5 d$. La dureza mínima se aplica a los productos con una longitud nominal $L < 2,5 d$, y a otros productos que no pueden ser ensayados a tracción debido a su forma, ejemplo: por la configuración de la cabeza.
- 5) La dureza superficial no puede estar más de 30 puntos Vickers (HV 0,3) por encima de la del núcleo. Ejemplo: para la clase 10.9 la dureza superficial máxima = 390 HV.6)
- 6) En el caso de que el límite inferior de fluencia, R_{el} , no pueda ser determinado, esta permitido medir el límite convencional de elasticidad, $R_{p0,2}$.

Variación de las características a temperaturas elevadas

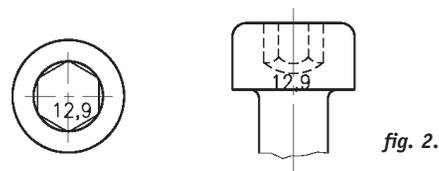
Clase de calidad	+20°C	+100°C	+200°C	+250°C	+300°C
	Límite inferior de fluencia R_{el} o límite convencional de elasticidad $R_{p0,2}$ N/mm ²				
5,6	300	270	230	215	195
8,8	640	590	540	510	480
10,9	940	875	790	745	705
12,9	1100	1020	925	875	825

2.1.3 Marcado de los bulones, tornillos y espárragos.

- El marcado de todas las clases de calidad es obligatorio para los bulones y los tornillos de cabeza hexagonal, de diámetro nominal $d \geq 5$ mm. de preferencia en la cara superior de la cabeza, ver fig. 1.

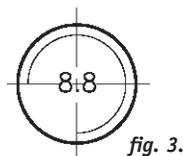


- El marcado de las clases de calidad ≥ 8.8 es obligatoria para los tornillos de cabeza con hexágono interior, tipo "Allen", de diámetro nominal $d \geq 5$ mm. de preferencia en la parte superior de la cabeza, ver fig. 2.



- Cuando el acero martensítico con bajo contenido en carbono es utilizado en la clase 10.9, el símbolo 10.9 debe de ser subrayado: 10.9.

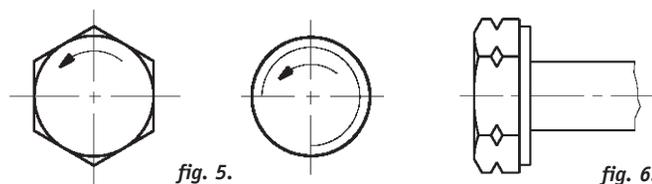
- Los espárragos, con un diámetro nominal $d \geq 5$ mm. , deben ser marcados para las clases de calidad ≥ 8.8 . Los espárragos con rosca para montaje fijo, deben ser marcados sobre el plano de la extremidad del lado de la tuerca, ver fig. 3. Está autorizado otro método de identificación, con símbolos, tal como de representa en la fig. 4.



Clase de calidad	8.8	9.8	10.9	12.9
Símbolo de marcado	○	+	□	△

fig. 4.

- El roscado a izquierdas, para un diámetro nominal $d \geq 5$ mm. , debe ser marcado con el símbolo indicado en la figura 5, ya sea en la cabeza del tornillo o en el extremo de la caña. Otra posibilidad de marcado, como la indicada en la figura 6, puede ser utilizada para los bulones y los tornillos de cabeza hexagonal.



- El símbolo de identificación del fabricante es necesario para todos los productos que deben ser marcados con las clases de calidad.

- Para los otros tipos de bulones y tornillos, debe ser efectuado el mismo sistema de marcado. El marcado de elementos especiales puede ser realizado después de acuerdo entre el cliente y el fabricante.

2.2 TUERCAS DIN, PASO GRUESO Y PASO FINO

NORMA

DIN ISO: 267 Parte 4

ISO: -

NF: -

Características mecánicas de las tuercas DIN en acero, con cargas de prueba según DIN 267 parte 4 de paso grueso y fino.

Las clases de calidad mencionadas, así como sus características mecánicas, se aplican a las tuercas con rosca métrica ISO de paso grueso y paso fino con tolerancias de roscado 6G, y 4H a 7H, de diámetro nominal hasta 39mm. inclusive; con entrecaras de sobremedida o diámetro exterior mínimo de 1,45 D, y altura mínima de 0,8 D, incluyendo el fresado normal del roscado; ya sean en acero al carbono, o en acero aleado ligeramente, y ensayadas a temperatura ambiente.

Además, estas clases de calidad, se aplican únicamente a las tuercas denominadas "DIN", cuando las características mecánicas se refieren a la DIN 267 Parte 4; ejemplo: tuerca hexagonal DIN 555 y DIN 934.

Es aconsejable, para los nuevos, utilizar las tuercas "ISO"; ejemplo: ISO 4032 o ISO 4034; ya que, éstas ofrecen una resistencia mejor a la carga de prueba de la ISO 898/2, y abandonar, en el futuro, la DIN 267 Parte 4 en favor de la ISO 898/2.

Esta norma no se aplica a las tuercas que tienen especificaciones particulares, tales como: soldabilidad, resistencia a la corrosión conforme a la DIN 276 Parte 11; resistencia a temperaturas por encima de +300°C., o por debajo de -50°C. conforme a la DIN 267 Parte 13; seguridad conforme a la DIN 267 Parte 15.

Las tuercas en acero dulce para decoletaje, no deben ser utilizadas a temperaturas por encima de +250°C.

Existe un riesgo incrementado de arrancamiento de la uniones, realizadas con roscas, con tolerancias por encima de 6g/6H. La utilización de esta norma para tuercas por encima de 39mm. será permitida, solo, si éstas cumplen con todos los requerimientos y características.

2.2.1 Nomenclatura de las clases de calidad.

El símbolo consiste en una cifra que indica, en N/mm², un 1/100 del esfuerzo de carga de prueba; ejemplo: la clase 8 tiene un esfuerzo de carga de prueba de: 8 x 100 = 800 N/mm². Este esfuerzo de carga de prueba es igual a la resistencia mínima a la tracción de un tornillo, que puede ser cargado sin arrancamiento, siempre que este unido a la tuerca correspondiente.

Las tuercas de una calidad superior, generalmente, pueden ser utilizadas en el lugar de otras de calidad inferior.

Para establecer una diferenciación clara entre las tuercas "ISO" y las tuercas "DIN", la clase de calidad debe de ser marcada con una barra vertical a cada lado del símbolo; ejemplo: | 8 |.

2.2.2 Características mecánicas de las tuercas.

Característ. mecánicas			4 *	5	6	8	10	12
Esfuerzo de carga de prueba Sp N/mm ²	Sp	N/mm ²	400	500	600	800	1000	1200
	Dureza Vickers	HV 5 máx.	302	302	302	302	353	353
Dureza Brinell	HB 30 máx.	290	290	290	290	335	335	
Dureza Rockwell	HRC máx.	30	30	30	30	36	36	

Ensayo de ensanchamiento

* Sólo por encima M 16

ver DIN 267 Parte 21

2.2.3 Marcado de las tuercas.

Las tuercas Hexagonales \geq M5, deben ser marcadas con el símbolo de la clase de calidad; una barra vertical a cada lado del símbolo, y la marca o símbolo de identificación del fabricante encima o al lado; ver fig. 1.

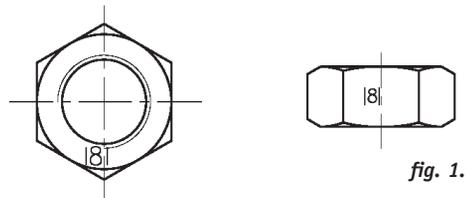


fig. 1.

Las tuercas hexagonales DIN 555 y DIN 934, y las tuercas almenadas DIN 935 en acero dulce de decoletaje deben, además, ser marcadas con una estría en una de las caras; ver fig. 2.

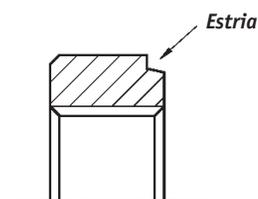


fig. 2.

Las tuercas con rosca a izquierda deben ser marcadas con una flecha, orientada hacia la izquierda, en una de sus caras, o con una muesca en los cantos de las caras situada a la mitad de la altura de la tuerca; ver fig. 3.

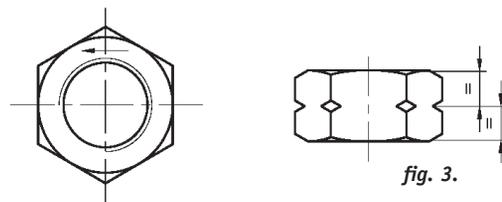


fig. 3.

2.3 TUERCAS ISO, PASO GRUESO

NORMA

DIN ISO: 898 Parte 2

ISO: 898 Parte 2

NF: E25 - 400

Características mecánicas de las tuercas "ISO" en acero, con cargas de prueba según ISO 898/2 y rosca métrica ISO de paso grueso.

Las clases de calidad mencionadas, así como sus características mecánicas, se aplican a las tuercas con rosca métrica ISO de paso grueso con tolerancias de roscado 6H, de diámetro nominal hasta 39 mm. inclusive; con entrecaras de sobremedida según ISO 272, y altura $\geq 0,5 D$; ya sean en acero al carbono, o en acero aleado ligeramente, y ensayadas a temperatura ambiente.

Además, estas clases de calidad, se aplican únicamente a las tuercas denominadas "ISO"; ejemplo: ISO 4032 o ISO 4034. Esta norma no se aplica a las tuercas que tienen especificaciones particulares, tales como: soldabilidad, resistencia a la corrosión conforme a la DIN 267 Parte 11; resistencia a temperaturas por encima de +300°C., o por debajo de -50°C. conforme a la DIN 267 Parte 13; seguridad conforme a la DIN 267 Parte 15.

Las tuercas en acero dulce para decoletaje, no deben ser utilizadas a temperaturas por encima de +250°C. Existe un riesgo incrementado de arrancamiento de las uniones, realizadas con roscas, con tolerancias por encima de 6g/6H. La utilización de esta norma para tuercas por encima de 39 mm. será permitida, solo, si éstas cumplen con todos los requerimientos y características.

2.3.1 Nomenclatura de las clases de calidad.

Para tuercas de altura nominal $\geq 0,8 D$, capacidad de carga máxima

Clases de calidad de la tuerca	Bulones y tornillos a montar	
	Clases de calidad	Gama de diámetros
4	3,6 4,6 4,8	> M 16
5	3,6 4,6 4,8 5,6 5,8	$\leq M 16$ todos
6	6,8	todos
8	8,8	todos
9	8,8 9,8	$> M 16 \leq M 39$ $\leq M 16$
10	10,9	todos
12	12,9	$\leq M 39$

La designación de las clases de calidad de estas tuercas consiste en una sola cifra, que corresponde a la primera cifra de la clase de calidad del bulón o del tornillo, con la cual, las tuercas pueden ser roscadas. La combinación conforme a lo indicado en la tabla, está destinada a obtener ensamblajes capaces de asegurar el esfuerzo bajo carga de prueba, sin que se produzca el arrancamiento de los hilos de rosca de la tuerca.

Por lo general, una tuerca de clase de calidad más alta puede remplazar a una de clase de calidad más baja.

Para tuercas de altura nominal $\geq 0,8 D$, capacidad de carga máxima

Clases de calidad de la tuerca	Esfuerzo bajo carga de prueba nominal N/mm ²	Esfuerzo bajo carga de prueba real N/mm ²
04	400	380
05	500	500

La designación de las clases de calidad de estas tuercas consiste en dos cifras. La primera cifra indica que la capacidad de carga es reducida en comparación con las tuercas de altura nominal $\geq 0,8 D$. La segunda cifra indica un 1/100 del esfuerzo bajo carga de prueba, nominal, en N/mm².; ejemplo: la clase de calidad 04 tiene un esfuerzo bajo carga de prueba, nominal, de $4 \times 100 = 400$ N/mm².

2.3.2 Características mecánicas de las tuercas.

Clases de calidad

\emptyset nominal	04						05						
	Esf. bajo carga de prueba		Dureza Vickers		Dureza Rockwell		Esf. bajo carga de prueba		Dureza Vickers		Dureza Rockwell		
	mm.	Sp	Hv	HRC	Hv	HRC	mm.	Sp	Hv	HRC	Hv	HRC	
desde	hasta	N/mm ²	mín.	máx.	mín.	máx.	N/mm ²	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
-	4												
4	7												
7	10	380	188	302	-	30	500	272	353	27,8	36		
10	16												
16	39												
39	100	-					-						

\emptyset nominal	4						5						
	Esf. bajo carga de prueba		Dureza Vickers		Dureza Rockwell		Esf. bajo carga de prueba		Dureza Vickers		Dureza Rockwell		
	mm.	Sp	Hv	HRC	Hv	HRC	mm.	Sp	Hv	HRC	Hv	HRC	
desde	hasta	N/mm ²	mín.	máx.	mín.	máx.	N/mm ²	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
-	4						520						
4	7						580						
7	10	-	-	-	-	-	590	130	302	-	30		
10	16						610						
16	39	510	117	302	-	30	630	146					
39	100	-					-	128	-				

\emptyset nominal	6						8						
	Esf. bajo carga de prueba		Dureza Vickers		Dureza Rockwell		Esf. bajo carga de prueba		Dureza Vickers		Dureza Rockwell		
	mm.	Sp	Hv	HRC	Hv	HRC	mm.	Sp	Hv	HRC	Hv	HRC	
desde	hasta	N/mm ²	mín.	máx.	mín.	máx.	N/mm ²	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
-	4	600					800	170					
4	7	670					810						
7	10	680	150	302	-	30	830	188	302	-	30		
10	16	700					840						
16	39	720	170				920	233	353	-	38		
39	100	-	142				-	207					

\emptyset nominal	9						10						
	Esf. bajo carga de prueba		Dureza Vickers		Dureza Rockwell		Esf. bajo carga de prueba		Dureza Vickers		Dureza Rockwell		
	mm.	Sp	Hv	HRC	Hv	HRC	mm.	Sp	Hv	HRC	Hv	HRC	
desde	hasta	N/mm ²	mín.	máx.	mín.	máx.	N/mm ²	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.
-	4	900	170				1040						
4	7	915					1040						
7	10	940					1040	272	353	28	38		
10	16	950	188	302		30	1050						
16	39	920					1060						
39	100	-	-	-	-	-	-						

2.3 TUERCAS ISO, PASO GRUESO

Clases de calidad

Ø nominal		12					
		Esf. bajo carga de prueba	Dureza Vickers		Dureza Rockwell		
mm.	Sp		Hv		HRC		
desde	hasta	N/mm ²	mín.	máx.	mín.	máx.	
-	4	1150					
4	7	1150					
7	10	1160	295 ¹⁾	272 ²⁾	353	31 ¹⁾ 28 ²⁾	
10	16	1190					
16	39	1200	-		-		
39	100	-	-	-	-	-	

1) para tuercas ISO 4032, tipo 1.

2) para tuercas ISO 4033, tipo 2.

- La dureza mínima es obligatoria únicamente para las tuercas tratadas térmicamente, y para las que no se puedan someter al ensayo de carga de prueba. Para todas las demás tuercas la dureza mínima se da a título de dato a tener en cuenta.

- Para las tuercas de diámetros, nominales, por encima de 39 mm. hasta 100 mm., la dureza se da a título informativo.

2.3.3 Marcado de las tuercas.

Las tuercas hexagonales $\geq M5$, de clases de calidad ≥ 8 , y las de clase 05, deben ser marcadas con el símbolo de la clase de calidad, y la marca o símbolo de identificación del fabricante encima o al lado; ver fig. 1. El marcado codificado, basado en el sistema de cuadrante horario, no ha encontrado aceptación general.

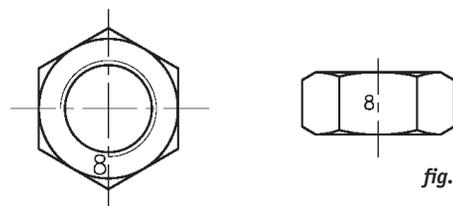


fig. 1.

Las tuercas con rosca a izquierda $\geq M6$ deben ser marcadas con una flecha, orientada hacia la izquierda, en una de sus caras, o con una muesca en los cantos de las caras situada a la mitad de la altura de la tuerca; ver fig. 2.

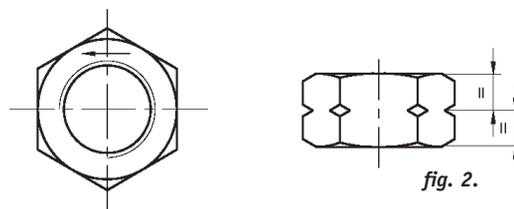


fig. 2.

2.4 TUERCAS ISO, PASO FINO

NORMA

DIN ISO: 898 Parte 6

ISO: 898 Parte 6

NF: -

Características mecánicas de las tuercas "ISO" en acero, con cargas de prueba según ISO 898/2 y rosca métrica ISO de paso fino.

Las clases de calidad mencionadas, así como sus características mecánicas, se aplican a las tuercas con rosca métrica ISO de paso fino con tolerancias de rosado 6H, de diámetro nominal hasta 39 mm. inclusive; con entrecaras de sobre-medida según ISO 272, y altura $\geq 0,5 D$; ya sean en acero al carbono, o en acero aleado ligeramente, y ensayadas a temperatura ambiente.

Además, estas clases de calidad, se aplican únicamente a las tuercas más altas, denominadas "ISO" de DIN 971 Parte 1 y 2 con rosca métrica de paso fino. Esta norma no se aplica a las tuercas que tienen especificaciones particulares, tales como: soldabilidad, resistencia a la corrosión conforme a la DIN 267 Parte 11; resistencia a temperaturas por encima de $+300^{\circ}\text{C}$. , o por debajo de -50°C . conforme a la DIN 267 Parte 13; seguridad conforme a la DIN 267 Parte 15.

Las tuercas en acero dulce para decoletaje, no deben ser utilizadas a temperaturas por encima de $+250^{\circ}\text{C}$.

Existe un riesgo incrementado de arrancamiento de las uniones, realizadas con roscas, con tolerancias por encima de 6g/6H.

2.4.1 Nomenclatura de las clases de calidad.

Para tuercas de altura nominal $\geq 0,8 D$, capacidad de carga máxima

Clases de calidad de la tuerca	Bulones y tornillos a montar		Tuercas	
	Clases de calidad	Gama de diámetros	Estilo 1	Estilo 2
			Gama de diámetros	
6	$\leq 6,8$	$d \geq 39$	$d \leq 39$	-
8	8,8	$d \leq 39$	$d \leq 39$	$d \leq 16$
10	10,9	$d \leq 39$	$d \leq 16$	$d \leq 39$
12	12,9	$d \leq 16$	-	$d \leq 16$

La designación de las clases de calidad de estas tuercas consiste en una sola cifra, que corresponde a la primera cifra de la clase de calidad del bulón o del tornillo, con la cual, las tuercas pueden ser roscadas. La combinación conforme a lo indicado en la tabla, está destinada a obtener ensamblajes capaces de asegurar el esfuerzo bajo carga de prueba, sin que se produzca el arrancamiento de los hilos de rosca de la tuerca.

Por lo general, una tuerca de clase de calidad más alta puede remplazar a una de clase de calidad más baja.

Para tuercas de altura nominal $\geq 0,5 D \leq 0,8 D$, capacidad de carga máxima

Clases de calidad de la tuerca	Esfuerzo bajo carga de prueba nominal N/mm^2	Esfuerzo bajo carga de prueba real N/mm^2
04	400	380
05	500	500

La designación de las clases de calidad de estas tuercas consiste en dos cifras. La primera cifra indica que la capacidad de carga es reducida en comparación con las tuercas de altura nominal $\geq 0,8 D$. La segunda cifra indica un 1/100 del esfuerzo bajo carga de prueba, nominal, en N/mm^2 .; ejemplo: la clase de calidad 04 tiene un esfuerzo bajo carga de prueba, nominal, de $4 \times 100 = 400 \text{ N/mm}^2$.

2.4.2 Características mecánicas de las tuercas.

Clases de calidad

\emptyset nominal d	04				05					
	Esfuerzo bajo carga de prueba		Dureza Vickers HV		Esfuerzo bajo carga de prueba		Dureza Vickers HV		Tuerca	
	Sp				Sp					
mm.	N/mm^2	mín.	máx.	estado	estilo	N/mm^2	mín.	máx.	estado	estilo
$8 \leq d \leq 39$	380	188	302	No temp. ni reven.	delg.	500	272	353	Templ. y reven.	delg.

Clases de calidad

\emptyset nominal d	6									
	Esfuerzo bajo carga de prueba		Dureza Vickers HV		Esfuerzo bajo carga de prueba		Dureza Vickers HV		Tuerca	
	Sp				Sp					
mm.	N/mm^2	mín.	máx.	estado	estilo	N/mm^2	mín.	máx.	estado	estilo
$8 \leq d \leq 10$	770	188	302	no templ. y revenido ¹⁾	1	955	250	353	templ. y revenido	1
$10 \leq d \leq 16$	780	233	302			955				
$16 \leq d \leq 33$	870					1030				
$33 \leq d \leq 39$	930					1090				

\emptyset nominal d	8					
	Esfuerzo bajo carga de prueba		Dureza Vickers HV		Tuerca	
	Sp					
mm.	N/mm^2	mín.	máx.	estado	estilo	
$8 \leq d \leq 10$	890	195	302	no templ. y revenido	2	
$10 \leq d \leq 16$	890					
$16 \leq d \leq 33$	-	-	-			
$33 \leq d \leq 39$	-	-	-			

1) Por encima de los 16 mm. el tratamiento térmico de las tuercas es a discreción del fabricante.

Clases de calidad

\emptyset nominal d	10											
	Esfuerzo bajo carga de prueba		Dureza Vickers HV		Tuerca		Esfuerzo bajo carga de prueba		Dureza Vickers HV		Tuerca	
	Sp						Sp					
mm.	N/mm^2	mín.	máx.	estado	estilo	N/mm^2	mín.	máx.	estado	estilo		
$8 \leq d \leq 10$	1100	295	353	templ. revenido	1	1055	250	353	templ. y revenido	2		
$10 \leq d \leq 16$	1110					1055						
$16 \leq d \leq 33$	-	-	-			1080	260					
$33 \leq d \leq 39$	-	-	-			1080						

2.4 TUERCAS ISO, PASO FINO

Clases de calidad

Ø nominal d	12				
	Esfuerzo bajo carga de prueba Sp N/mm ²	Dureza Vickers HV		Tuerca	
mm.		mín.	máx.	estado	estilo
8 ≤ d ≤ 10	1200	295	353	templado y revenido	2
10 ≤ d ≤ 16					
16 ≤ d ≤ 33					
33 ≤ d ≤ 39	-	-	-	-	-

- La dureza mínima es obligatoria únicamente para las tuercas tratadas térmicamente, y para las que no se puedan someter al ensayo de carga de prueba. Para todas las demás tuercas la dureza mínima se da a título de dato a tener en cuenta.

2.4.3 Marcado de las tuercas.

Las tuercas hexagonales $\geq M5$, de clases de calidad ≥ 8 , y las de clase 05, deben ser marcadas con el símbolo de la clase de calidad, y la marca o símbolo de identificación del fabricante encima o al lado; ver fig. 1. El marcado codificado, basado en el sistema de cuadrante horario, no ha encontrado aceptación general.

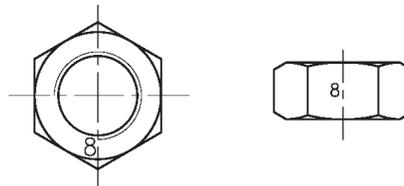


fig. 1.

Las tuercas con rosca a izquierda $\geq M6$ deben ser marcadas con una flecha, orientada hacia la izquierda, en una de sus caras, o con una muesca en los cantos de las caras situada a la mitad de la altura de la tuerca; ver fig. 2.

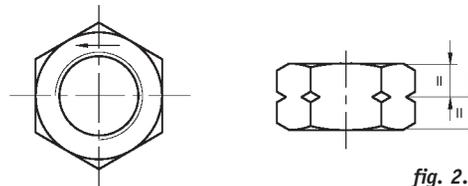


fig. 2.

2.5 TUERCAS, ESPECIFICACIONES DE CALIDAD SEGÚN DUREZA

NORMA

DIN ISO: 267 Parte 24

ISO: -

NF: -

Características mecánicas de las tuercas en acero. Especificadas en clases de calidad según la dureza.

Esta norma da las características mecánicas de las tuercas, que por geometría o dimensiones, no pueden ser sometidas al ensayo de esfuerzo bajo carga de prueba, y no pueden ser especificadas bajo esta característica.

Estas tuercas están designadas según la dureza mínima, por lo que no se pueden sacar conclusiones de sus capacidades de carga, ni de arranque de las roscas.

Las características funcionales dependen de las formas.

Esta norma no se aplica a las tuercas que tienen especificaciones particulares, tales como: soldabilidad, resistencia a la corrosión conforme a la DIN 267 Parte 11; resistencia a temperaturas por encima de $+300^{\circ}\text{C}$. , o por debajo de -50°C . conforme a la DIN 267 Parte 13; seguridad conforme a la DIN 267 Parte 15; ni a las tuercas que deben ser sometidas al ensayo de esfuerzo bajo carga de prueba conforme a la ISO 898/2, la DIN 267 Parte 4, y la ISO 898/6.

Las tuercas en acero dulce para decoletaje, no deben ser utilizadas a temperaturas por encima de $+250^{\circ}\text{C}$.

2.5.1 Nomenclatura de las clases de calidad.

Símbolo de clase de calidad	11 H	14 H	17 H	22 H
Dureza Vickers HV 5 mín.	110	140	170	220

La designación de las clases de calidad de estas tuercas consiste en una combinación de una cifra y de una letra.

La cifra indica 1/10 de la dureza Vickers mínima; ejemplo $14 \times 10 = 140$ HV.

La letra H es la designación para la palabra dureza, Hardness, en inglés.

2.5.2 Características mecánicas de las tuercas.

Características mecánicas		Clases de calidad			
		11 H	14 H	17 H	22 H
Dureza Vickers HV 5	mín.	110	140	170	220
	máx.	185	215	245	300
Dureza Brinell HB 30	mín.	105	133	162	209
	máx.	176	204	233	285

2.5.3 Marcado de las tuercas.

Solamente la clase de calidad 22H debe de ser marcada con el símbolo de la clase de calidad; ver fig. 1.

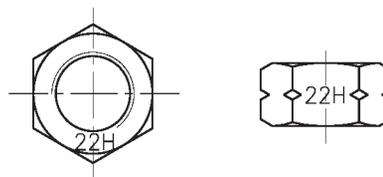
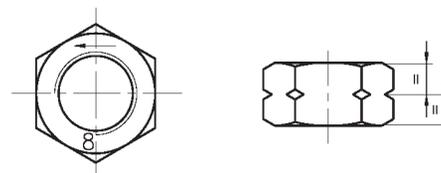


fig. 1.

Las tuercas con rosca a izquierda deben ser marcadas con una flecha, orientada hacia la izquierda, en una de sus caras, o con una muesca en los cantos de las caras situada a la mitad de la altura de la tuerca; ver fig. 2.



2.6 TUERCAS REMACHABLES

Gracias a la tuerca remachable, es posible proveer a una chapa fina de un punto de fijación, roscado, de una manera simple, fiable y rápida. Con la ayuda de una herramienta de remachar, la tuerca, ciega, se coloca en unos pocos segundos, por el lado exterior de la construcción.

Con la utilización de la tuerca remachable es posible la unión o ensamblaje de diferentes piezas entre ellas: perfiles huecos a chapas, chapas, perfiles estructurales, etc.. Y también proveerlas de agujeros roscados seguros, como puntos de fijación. Combinando la función de tuerca con la de remache de unión.

La naturaleza de la aplicación y el entorno en la que deberá trabajar la tuerca tienen, a menudo, un papel determinante en la selección del material de las mismas. Los materiales son, en principio, el acero, el aluminio, el acero inoxidable o el latón.

Ejemplos de aplicación.

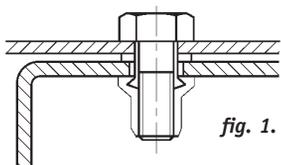


fig. 1.

- Fijación de paneles a soportes metálicos.
Montaje de pies regulables en muebles metálicos.

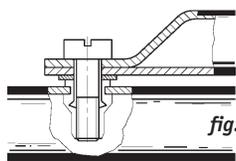


fig. 2.

- Muebles de camping y de jardín plegables.
Fijaciones de brazos articulados en parasoles.

2.6.1. Características mecánicas de las tuercas remachables.

Para asegurar un montaje con éxito, es necesario teladrar o punzonar el agujero de alojamiento con gran precisión.

d	Carga a tracción máxima N. Aplicada sobre la rosca de la tuerca		Par de apriete máximo N.m. ¹⁾ Con en elemento entre la cabeza del tornillo y la cabeza de la tuerca		
	Material	Acero Inox	Aluminio	Acero Inox	Aluminio
M3		4000	2500	1,2	0,7
M4		6800	4000	3,0	2,0
M5		10000	5500	6,0	4,0
M6		15000	8300	10,0	6,0
M8		27000	13000	24,0	15,0
M10		37000	20000	48,0	27,0
M12		54000	28000	82,0	45,0

1) después del control del par, verificar que le parte montada permanece inmóvil.

2.7 RELACIÓN ENTRE LA DUREZA Y LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE LOS ACEROS

Las tres propiedades fundamentales de los metales son: la cohesión, la elasticidad y la plasticidad.

La cohesión es la resistencia que oponen los átomos a separarse unos de otros.

La elasticidad es la capacidad de recobrar la forma primitiva que tienen los cuerpos elásticos, cuando cesa la causa que los deforma.

La plasticidad es la capacidad de adquirir deformaciones permanentes. Si esta capacidad para la deformación lo es especialmente para el adelgazamiento en

forma de láminas, la plasticidad se denomina maleabilidad, y si es en forma de hilos, ductilidad.

La dureza se define como la resistencia que ofrece el material a ser rayado o penetrado por otro, lo que nos da un valor de la cohesión del mismo y, por tanto, una idea de su resistencia a la tracción.

Es por ello que sabiendo la dureza de un acero, podemos saber con bastante seguridad su resistencia a la tracción.

2.7.1 Tablas de durezas con correspondencias.

Dureza						Resist. a la tracción
Brinell		Rockwell		Vickers	Shore HS	Kg. por mm ²
Bola 10 mm. con 3000 Kg.		C Carga de 150 Kg. y cono de diamante de 120°	B Carga de 100 Kg. y bola de 1/16"			
Ø de la huella en mm.	Dureza					
3,40	321	34	108	327	45	109
3,45	311	33	108	316	44	106
3,50	302	32	107	305	43	103
3,55	293	31	106	296	42	100
3,60	285	30	105	287	40	98
3,65	277	29	104	279	39	95
3,70	269	28	104	270	38	92
3,75	262	26	103	263	37	90
3,80	255	25	102	256	37	88
3,85	248	24	102	248	36	86
3,90	241	23	100	241	35	84
3,95	235	22	99	235	34	82
4,00	229	21	98	229	33	80
4,05	223	20	97	223	32	78
4,10	217	18	96	217	31	75
4,15	212	17	96	212	31	73
4,20	207	16	95	207	30	71
4,25	202	15	94	202	30	70
4,30	197	13	93	197	29	68
4,35	192	12	92	192	28	67
4,40	187	10	91	187	28	66
4,45	183	9	90	183	27	64
4,50	179	8	89	179	27	63
4,55	174	7	88	174	26	61
4,60	170	6	87	170	26	60
4,65	166	4	86	166	25	59

Dureza						Resist. a la tracción
Brinell		Rockwell		Vickers	Shore HS	Kg. por mm ²
Bola 10 mm. con 3000 Kg.		C Carga de 150 Kg. y cono de diamante de 120°	B Carga de 100 Kg. y bola de 1/16"			
Ø de la huella en mm.	Dureza					
4,70	163	3	85	163	25	58
4,75	159	2	84	159	24	56
4,80	156	1	83	156	24	55
4,85	153	—	82	153	23	54
4,90	149	—	81	149	23	53
4,95	146	—	80	146	22	52
5,00	143	—	79	143	22	51
5,05	140	—	78	140	21	50
5,10	137	—	77	137	21	49
5,15	134	—	76	134	21	48
5,20	131	—	74	131	20	47
5,25	128	—	73	128	20	46
5,30	126	—	72	126	—	45
5,35	124	—	71	124	—	44
5,40	121	—	70	121	—	44
5,45	118	—	69	118	—	43
5,50	116	—	68	116	—	42
5,55	114	—	67	114	—	41
5,60	112	—	66	112	—	40
5,65	109	—	65	109	—	39
5,70	107	—	64	107	—	38
5,75	105	—	62	105	—	37
5,80	103	—	61	103	—	37
5,85	101	—	60	101	—	36
5,90	99	—	59	99	—	36
5,95	97	—	57	97	—	35
6,00	95	—	56	95	—	34

2.8 PARES DE APRIETE

2.8.1 Tablas de pares de apriete.

Pares de apriete para tornillos tipo DIN-931 y DIN-933 con rosca métrica de paso grueso

Tamaño	Grado	Par de apriete M_A en Nm para $\mu_K=$						
		0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24
M4	8.8	2,2	2,5	2,8	3,1	3,3	3,7	4,0
	10.9	3,2	3,7	4,1	4,5	4,9	5,4	5,9
	12.9	3,8	4,3	4,8	5,3	5,7	6,4	6,9
M5	8.8	4,3	4,9	5,5	6,1	6,5	7,3	7,9
	10.9	6,3	7,3	8,1	8,9	9,6	10,7	11,6
	12.9	7,4	8,5	9,5	10,4	11,2	12,5	13,5
M6	8.8	7,4	8,5	9,5	10,4	11,2	12,5	13,5
	10.9	10,9	12,5	14,0	15,5	16,5	18,5	20,0
	12.9	12,5	14,5	16,5	18,0	19,5	21,5	23,5
M7	8.8	12,0	14,0	15,5	17,0	18,5	21,0	22,5
	10.9	17,5	20,5	23,0	25	27	31	33
	12.9	20,5	24,0	27	30	32	36	39
M8	8.8	18	20,5	23	25	27	31	33
	10.9	26	30	34	37	40	45	49
	12.9	31	35	40	43	47	53	57
M10	8.8	36	41	46	51	55	62	67
	10.9	52	60	68	75	80	90	98
	12.9	61	71	79	87	94	106	115
M12	8.8	61	71	79	87	94	106	115
	10.9	90	104	117	130	140	155	170
	12.9	105	121	135	150	160	180	195
M14	8.8	97	113	125	140	150	170	185
	10.9	145	165	185	205	220	250	270
	12.9	165	195	215	240	260	290	320
M16	8.8	145	170	195	215	230	260	280
	10.9	215	250	280	310	340	380	420
	12.9	250	300	330	370	400	450	490
M18	8.8	210	245	280	300	330	370	400
	10.9	300	350	390	430	470	530	570
	12.9	350	410	460	510	550	620	670
M20	8.8	300	350	390	430	470	530	570
	10.9	420	490	560	620	670	750	820
	12.9	500	580	650	720	780	880	960
M22	8.8	400	470	530	580	630	710	780
	10.9	570	670	750	830	900	1020	1110
	12.9	670	780	880	970	1050	1190	1300
M24	8.8	510	600	670	740	800	910	990
	10.9	730	850	960	1060	1140	1300	1400
	12.9	850	1000	1120	1240	1350	1500	1650
M27	8.8	750	880	1000	1100	1200	1350	1450
	10.9	1070	1250	1400	1550	1700	1900	2100
	12.9	1250	1450	1650	1850	2000	2250	2450
M30	8.8	1000	1190	1350	1500	1600	1800	2000
	10.9	1450	1700	1900	2100	2300	2600	2800
	12.9	1700	2000	2250	2500	2700	3000	3300
M33	8.8	1400	1600	1850	2000	2200	2500	2700
	10.9	1950	2300	2600	2800	3100	3500	3900
	12.9	2300	2700	3000	3400	3700	4100	4500
M36	8.8	1750	2100	2350	2600	2800	3200	3500
	10.9	2500	3000	3300	3700	4000	4500	4900
	12.9	3000	3500	3900	4300	4700	5300	5800
M39	8.8	2300	2700	3000	3400	3700	4100	4500
	10.9	3300	3800	4300	4800	5200	5900	6400
	12.9	3800	4500	5100	5600	6100	6900	7500

Pares de apriete para espárragos de caña reducida con rosca métrica de paso grueso

Tamaño	Grado	Par de apriete M_A en Nm para $\mu_K=$						
		0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24
M4	8.8							
	10.9							
	12.9							
M5	8.8	3,0	3,4	3,8	4,1	4,4	4,8	5,2
	10.9	4,4	5,0	5,5	6,0	6,4	7,1	7,6
	12.9	5,1	5,8	6,5	7,0	7,5	8,3	8,9
M6	8.8	5,1	5,8	6,5	7,0	7,5	8,2	8,8
	10.9	7,5	8,6	9,5	10,3	11,0	12,1	13,0
	12.9	8,8	10,0	11,1	12,0	13,0	14,0	15,0
M7	8.8	8,5	9,8	10,9	11,9	12,5	14,0	15,0
	10.9	12,5	14,5	16,0	17,5	18,5	20,5	22,0
	12.9	14,5	17,0	18,5	20,5	22,0	24,0	26,0
M8	8.8	12,4	14,0	16,0	17,0	18,5	20,5	21,5
	10.9	18,0	21,0	23,0	25,0	27,0	30,0	32,0
	12.9	21,5	24,5	27,1	30,0	32,0	35,0	37,0
M10	8.8	25	29	32	35	37	41	44
	10.9	37	42	47	51	55	60	65
	12.9	43	49	55	60	64	71	76
M12	8.8	43	49	55	60	64	71	76
	10.9	63	73	81	88	94	104	112
	12.9	74	85	95	103	110	122	130
M14	8.8	69	79	88	96	103	114	122
	10.9	101	116	130	140	150	165	180
	12.9	118	135	150	165	175	195	210
M16	8.8	106	123	135	150	160	180	195
	10.9	155	180	200	220	235	260	280
	12.9	185	210	235	280	280	310	330
M18	8.8	150	175	195	210	225	250	270
	10.9	215	245	280	300	320	360	380
	12.9	250	290	320	350	380	420	450
M20	8.8	215	250	280	300	330	360	390
	10.9	310	350	400	430	460	520	560
	12.9	360	410	460	510	540	610	650
M22	8.8	290	340	380	420	450	500	540
	10.9	420	480	540	590	640	710	770
	12.9	490	560	630	690	740	830	900
M24	8.8	370	430	480	520	560	620	670
	10.9	530	610	680	740	800	890	960
	12.9	620	710	800	870	940	1040	1120
M27	8.8	550	640	720	790	850	940	1020
	10.9	780	910	1020	1120	1200	1350	1450
	12.9	920	1060	1190	1300	1400	1550	1700
M30	8.8	740	860	970	1060	1140	1250	1350
	10.9	1060	1230	1400	1500	1600	1800	1950
	12.9	1240	1450	1600	1750	1900	2100	2300
M33	8.8	1010	1180	1300	1450	1550	1750	1900
	10.9	1450	1700	1900	2050	2250	2500	2700
	12.9	1700	1950	2200	2400	2600	2900	3100
M36	8.8	1300	1500	1700	1850	2000	2250	2400
	10.9	1850	2150	2400	2600	2800	3200	3400
	12.9	2150	2500	2800	3100	3300	3700	4000
M39	8.8	1700	1950	2200	2400	2600	2900	3200
	10.9	2400	2800	3100	3500	3700	4200	4500
	12.9	2800	3300	3700	4000	4400	4900	5300

2.8 PARES DE APRIETE

Pares de apriete para tornillos tipo DIN-931 y DIN-933 con rosca métrica de paso fino

Tamaño	Grado	Par de apriete M_A en Nm para $\mu_K=$						
		0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24
M8x1	8.8	19	22	24,5	27	30	33	36
	10.9	28	32	36	40	43	49	53
	12.9	32	38	43	47	51	57	62
M9x1	8.8	27	32	36	40	43	49	53
	10.9	40	46	53	58	63	71	78
	12.9	46	54	62	68	74	83	91
M10x1	8.8	39	45	52	57	62	70	77
	10.9	57	67	76	84	91	103	113
	12.9	66	78	89	98	107	121	130
M10x1,25	8.8	37	43	49	54	58	66	72
	10.9	55	64	72	79	86	97	105
	12.9	64	74	84	93	100	113	123
M12x1,25	8.8	65	77	87	96	104	118	130
	10.9	96	112	125	140	150	175	190
	12.9	112	130	150	165	180	205	225
M12x1,5	8.8	63	74	83	92	99	112	122
	10.9	93	108	122	135	145	165	180
	12.9	109	125	145	155	170	190	210
M14x1,5	8.8	103	121	135	150	165	185	205
	10.9	150	175	200	220	240	270	300
	12.9	175	205	235	260	280	320	350
M16x1,5	8.8	155	180	205	230	250	280	310
	10.9	225	270	300	340	370	420	450
	12.9	270	310	360	390	430	490	530
M18x1,5	8.8	230	270	310	350	380	430	470
	10.9	330	390	440	490	540	610	670
	12.9	380	450	520	580	630	710	780
M18x2	8.8	220	260	290	330	350	400	430
	10.9	320	370	420	460	500	570	620
	12.9	370	430	490	540	590	660	720
M20x1,5	8.8	320	380	430	480	530	600	660
	10.9	460	540	620	690	750	850	940
	12.9	530	630	720	800	880	1000	1090
M22x1,5	8.8	430	510	580	640	700	800	880
	10.9	610	720	820	920	1000	1140	1250
	12.9	710	840	960	1070	1170	1350	1450
M24x1,5	8.8	640	700	760	830	890	1020	1140
	10.9	900	990	1090	1180	1270	1450	1630
	12.9	1060	1170	1270	1380	1480	1690	1910
M24x2	8.8	540	640	730	810	890	1010	1100
	10.9	780	920	1040	1160	1250	1450	1550
	12.9	910	1070	1220	1350	1500	1700	1850
M27x1,5	8.8	920	1010	1110	1200	1290	1480	1670
	10.9	1310	1440	1580	1710	1840	2110	2380
	12.9	1530	1690	1850	2000	2160	2470	2780
M27x2	8.8	790	940	1070	1190	1300	1500	1600
	10.9	1130	1350	1500	1700	1850	2100	2300
	12.9	1300	1550	1800	2000	2150	2450	2700
M30x1,5	8.8	1280	1410	1540	1670	1800	2060	2320
	10.9	1820	2000	2190	2370	2560	2930	3300
	12.9	2130	2340	2560	2780	2990	3430	3860
M30x2	8.8	1240	1370	1490	1610	1740	1990	2240
	10.9	1770	1940	2120	2300	2480	2830	3190
	12.9	2070	2270	2480	2690	2900	3310	3730
M33x1,5	8.8	1700	1880	2050	2220	2400	2740	3090
	10.9	2430	2670	2920	3170	3410	3910	4400
	12.9	2840	3130	3420	3710	4000	4570	5150
M33x2	8.8	1450	1750	2000	2250	2450	2800	3100
	10.9	2100	2500	2800	3200	3500	4000	4300
	12.9	2450	2900	3300	3700	4100	4600	5100

Tamaño	Grado	Par de apriete M_A en Nm para $\mu_K=$						
		0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24
M36x1,5	8.8	2230	2450	2680	2910	3140	3590	4050
	10.9	3170	3490	3820	4140	4470	5110	5760
	12.9	3710	4090	4470	4850	5230	5980	6740
M36x3	8.8	1850	2200	2500	2800	3000	3400	3700
	10.9	2600	3100	3500	3900	4300	4900	5300
	12.9	3100	3600	4100	4600	5000	5700	6200
M39x1,5	8.8	2850	3140	3430	3720	4010	4600	5180
	10.9	4050	4470	4890	5300	5720	6550	7380
	12.9	4740	5230	5720	6200	6690	7670	8640
M39x3	8.8	2350	2800	3200	3600	3900	4400	4800
	10.9	3400	4000	4600	5100	5500	6300	6900
	12.9	3900	4700	5300	5900	6500	7400	8100

Pares de apriete para espárragos de caña reducida con rosca métrica de paso fino

Tamaño	Grado	Par de apriete M_A en Nm para $\mu_K=$						
		0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,20	0,24
M8x1	8.8	13,5	15,5	17,5	19	20,5	23	24,5
	10.9	20	23	26	28	30	34	36
	12.9	23,5	27	30	33	35	39	42
M9x1	8.8	19,5	23	26	28	30	34	37
	10.9	29	34	38	41	45	50	54
	12.9	34	39	44	49	52	58	63
M10x1	8.8	29	33	37	41	44	50	54
	10.9	42	49	55	61	65	73	79
	12.9	49	57	64	71	76	85	92
M10x1,25	8.8	27	31	35	38	41	45	49
	10.9	39	45	51	56	60	67	72
	12.9	46	53	60	65	70	78	84
M12x1,25	8.8	48	56	63	69	74	83	90
	10.9	71	82	92	101	109	122	130
	12.9	83	96	108	119	130	145	155
M12x1,5	8.8	46	53	59	64	69	77	83
	10.9	67	77	87	95	102	113	122
	12.9	78	91	101	111	119	130	145
M14x1,5	8.8	75	88	99	108	117	130	140
	10.9	111	130	145	160	170	190	205
	12.9	130	150	170	185	200	225	240
M16x1,5	8.8	115	135	150	165	180	200	220
	10.9	170	195	220	245	260	300	320
	12.9	195	230	260	290	310	350	370
M18x1,5	8.8	175	205	230	250	270	310	330
	10.9	245	290	330	360	390	440	470
	12.9	290	340	380	420	460	510	560
M18x2	8.8	160	190	210	230	250	280	300
	10.9	230	270	300	330	360	400	430
	12.9	270	310	350	390	420	460	500
M20x1,5	8.8	240	290	320	360	390	430	470
	10.9	350	410	460	510	550	620	670
	12.9	400	480	540	590	640	720	790
M22x1,5	8.8	320	380	430	480	520	590	640
	10.9	460	540	620	680	740	830	900
	12.9	540	640	720	800	870	980	1060

2.8 PARES DE APRIETE

μ_G	Superficie de rozamiento				Cabeza del tornillo										
	Superficie de rozamiento	Material			Acero										
		Material	Recubrim.	Fabr.	Óxido negro o fosfatado						Zincado (Zn6)		Cadmio (Cd6)		
					Fabricación	Forjado			Torneado		Basto	Forjado			
						Lubricac.	Seco	Engrasado	MoS ₂	Engrasado		MoS ₂	Engrasado	Seco	Engrasado
Superficie antagonista	Acero	Ninguno	Basto	Seco	-	0,16 a 0,22	-	0,10 a 0,18	-	0,16 a 0,22	0,10 a 0,18	-	0,08 a 0,16	-	
					0,12 a 0,18	0,10 a 0,18	0,08 a 0,12	0,10 a 0,18	0,08 a 0,12	-	0,10 a 0,18		0,08 a 0,16	0,08 a 0,14	
		Zincado	Mecanizado		0,10 a 0,16		-	0,10 a 0,16	-	0,10 a 0,18	0,16 a 0,20	0,10 a 0,18	-	-	
					0,08 a 0,16				-	-	0,12 a 0,20	0,12 a 0,14			
		Cadmio	Mecanizado		-	0,10 a 0,18	-	-	-	0,10 a 0,18			0,08 a 0,16	-	
					-	0,14 a 0,20	-	0,10 a 0,18	-	0,14 a 0,22	0,10 a 0,18	0,10 a 0,16	0,08 a 0,16	-	
	GG/GTS	Ninguno	Basto		-	0,08 a 0,20				-	-	-	-	-	
					-	0,08 a 0,20				-	-	-	-	-	
	Al / Mg	Ninguno	Mecanizado		-	0,08 a 0,20				-	-	-	-	-	
					-	0,08 a 0,20				-	-	-	-	-	

b) Coeficientes de fricción para tuercas y tornillos de acero inoxidable

Material de la superficie antagonista	Material del tornillo	Material de la tuerca	Lubricante		Elasticidad de la unión	Coeficiente de fricción	
			Sobre la rosca	Dentro la rosca		Sobre la rosca μ_G	Dentro la rosca μ_K
			A2	A2		A2	Ninguno
Lubricante especial (base de cloroparafina)		0,12 a 0,23			0,08 a 0,12		
Grasa para proteger la corrosión		0,26 a 0,45			0,25 a 0,35		
Ninguno	Ninguno	Baja			0,23 a 0,35		0,12 a 0,16
Lubricante especial (base de cloroparafina)					0,10 a 0,16	0,08 a 0,12	
AlMgSi	AlMgSi	Ninguno				Muy alta	0,32 a 0,43
		Lubricante especial (base de cloroparafina)		0,28 a 0,35	0,08 a 0,11		

2.9 DIMENSIONADO DE UNIONES ATORNILLADAS

2.9.1 Estimación de los diámetros de los tornillos.

Carga en N	1	2	3	4
	Diámetro nominal en mm.			
	Clase de calidad			
	12,9	10,9	8,8	
250				
400				
630				
1000				
1600	3	3		3
2500	3	3		4
4000	4	4		5
6300	4	5		5
10000	5	6		8
16000	6	8		8
25000	8	10		10
40000	10	12		14
63000	12	14		16
100000	16	16		20
160000	20	20		24
250000	24	27		30
400000	30	36		
630000	36			

Ejemplo:

Una unión está cargada dinámicamente y excéntricamente por la carga axial $F_A = 85000\text{N}$.

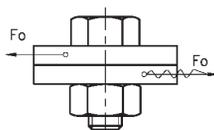
Un tornillo de calidad 12.9 debe de montarse empleando una llave dinamométrica.

- 10.000N es la carga próxima más grande respecto a F_A . En la columna 1.
- Subir dos niveles ya que la carga es axial excéntrica y dinámica; tenemos $F_{M\text{mín.}} = 25000\text{N}$.
- Subir un nivel, por el empleo de una llave dinamométrica; $F_{M\text{máx.}} = 40.000\text{N}$.
- Para $F_{M\text{máx.}} = 40.000\text{N}$. encontramos en la columna dos, clase de calidad 12.9 el tornillo M10.

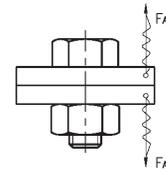
Pasos:

- Seleccionar la carga mas baja de la columna 1 que este por encima de la carga de trabajo F_{AQ} . que actúa sobre las uniones atornilladas.
- La carga mínima de presión (unión), necesaria $F_{M\text{mín.}}$ es determinada subiendo niveles en la columna 1 según sea la aplicación:

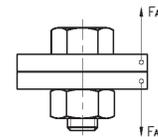
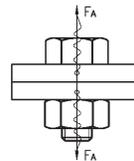
4 niveles o más para las cargas o dinámicas transversales, o,



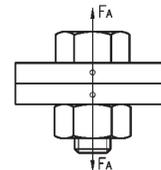
2 niveles para las cargas axiales aplicadas dinámicamente o excéntricamente, o,



1 nivel para cargas de trabajo aplicadas dinámicamente y concentricamente, o aplicadas estáticamente y excéntricamente, o,



0 niveles para cargas axiales aplicadas estáticamente y concentricamente.



- La carga máxima de presión (unión), $F_{M\text{máx.}}$ inicialmente necesaria, se determina incrementando:

2 niveles en el caso de apretar el tornillo con una herramienta normal, o,

1 nivel en el caso de apretar con una llave dinamométrica, o una herramienta que controle la medición del par dinámico o la medición de la elongación del tornillo, o,

0 niveles en el caso de apriete mediante el control de ángulo en la zona plástica o controlando el límite elástico mediante un ordenador.

- Para un nivel determinado las columnas 2 a 4 dan las dimensiones del necesarias del tornillo en mm. en función de la clase de calidad del tornillo seleccionado.

2.9.2 Longitud de roscado útil para agujeros ciegos.

Clase de calidad del tornillo	8.8	8.8	10.9	10.9
Finura de la rosca d/P	<9	≥9	<9	≥9
AlCuMg 1 F40	1,1 d		1,4 d	-
GG-22	1,0 d		1,2 d	1,4 d
St37	1,0 d		1,25 d	1,4 d
St50	0,9 d		1,0 d	1,2 d
C45V	0,8 d		0,9 d	1,0 d

2.9 DIMENSIONADO DE UNIONES ATORNILLADAS

2.9.3 Presión superficial máxima.

Material	Resistencia a la tracción R_m en N/mm ²	Presión de la superficie límite*) p_G en N/mm ²
St37	370	260
St50	500	420
C45	800	700
42 CrMo4	1000	850
30 CrNiMo8	1200	750
X5CrNiMo1810**)	500 a 700	210
X10CrNiMo189**)	500 a 750	220
Inoxidable, precipitación material endurecido	1200 a 1500	1000 a 1250
Titanio,	390 a 540	300
Ti-6Al-4V	1100	1000
GG 15	150	600
GG 25	250	800

*) Para roscado a máquina los valores de presión de superficie pueden reducirse hasta un 25%.

Material	Resistencia a la tracción R_m en N/mm ²	Presión de la superficie límite*) p_G en N/mm ²
GG 35	350	900
GG 40	400	1100
GGG 35,3	350	480
GD MgAl9	300 (200)	220 (140)
GK MgAl9	200 (300)	140 (220)
GK AlSi6 Cu4	-	200
AlZnMgCu 0,5	450	370
Al 99	160	140
GFK compuesto (plástico reforzado con vidrio)	-	120
CFK compuesto (carbono con fibra epoxi)	-	140

**) Para materiales trabajados en frío, el límite de presión de superficie puede ser considerablemente más alto.

2.9.4 Medidas para mejorar la fuerza de apriete en las uniones atornilladas.

Influencia sobre la fuerza de resistencia por:	Efectividad de esta medida para un incremento en la fuerza de resistencia.	Razón
1) Reducción del diámetro de la rosca d .	Posible mejora destacada dentro del rango $d < 40$ mm.	El incremento en la fuerza de resistencia con la reducción del diámetro de rosca está atribuida a la influencia de la medida del tornillo sobre las propiedades mecánicas, efecto micro-estructural.
2) Aumento de la precarga.	Mejora destacada debido indirectamente a la reducción de fuerzas en el tornillo. Ninguna mejora directa debida a una capacidad de carga incrementada.	Con una precarga creciente, las fuerzas de cohesión residuales de la unión también decrecen. Así, el peligro de apertura de una cara de dicha unión se reduce. Por lo tanto, el tornillo está sujeto a un esfuerzo adicional reducido. Para tornillos de rosca hecha por rodadura, después de un incremento de la temperatura, la fuerza de resistencia disminuye con un aumento de la precarga debido a la reducción de la tensión compresiva residual. No es posible en tornillos de rosca hecha por rodadura, antes del tratamiento de calor, porque no hay dependencia de la precarga.
3) Material del tornillo y fuerza del material del tornillo.	Mejora insignificante por selección del material del tornillo. Mejora directa insignificante por la resistencia del material del tornillo. Sólo indirecta para precargas más altas.	El efecto de entalla dominante suprime una influencia del material, una vez la capacidad de fluidez del material es suficientemente alta como para prevenir daños durante la instalación tirando de la capa de superficie altamente solicitada en el menor diámetro. Igualmente, el efecto beneficioso de una dureza más elevada es contrarrestado por una sensibilidad del efecto de entalla más elevada.
4) Lubricación en la rosca.	Posible mejora limitada.	Las resistencia al los repetidos movimientos provocada por el rozamiento entre la rosca del tornillo y los flancos de la tuerca son reducidos considerablemente con un buen lubricante.
5) Roscado por rodadura después del tratamiento de calor (R.T.A.H.T.)	Mejora destacada (hasta un 100%) especialmente para precargas bajas. Para precargas altas este efecto positivo se reduce.	La fuerza compresiva residual, inducida por la fabricación, tiene un efecto aumentador sobre la resistencia especialmente para precargas bajas. Con un incremento de la fuerza de precarga, la influencia de la fuerza compresiva residual se reduce: dependencia de la precarga de los tornillos RTAHT. Para precargas en el rango de las cargas de elasticidad de los tornillos, el efecto de la fuerza compresiva residual puede desaparecer casi totalmente.
6) Carburización de la superficie o descarbonización de la superficie.	Posible mejora limitada.	Una superficie carburizada y frágil, puede derivar en daños tempranos debido a la reducida capacidad de fluidez del metal. Una superficie descarbonizada de todos modos, no tiene ningún efecto sobre la fuerza de resistencia.
7) Incremento en el paso de rosca.	Posible mejoría limitada.	Es verdad que con un paso creciente, el efecto de entalla en la rosca se reduce, debido al mayor radio en la raíz de los hilos de rosca. Por otra parte, el diámetro menor de los hilos de rosca decrece. Por lo tanto, la influencia del efecto de entalla es compensado. Para roscas relativamente buenas ($d/P > 12$) y para una resistencia alta del material ($\leq 12,9$), el efecto de entalla domina. Aquí, un incremento del paso causa una mejora en la resistencia.

2.9 DIMENSIONADO DE UNIONES ATORNILLADAS

Influencia sobre la fuerza de resistencia por:	Efectividad de esta medida para un incremento en la fuerza de resistencia.	Razón
8) Incremento de la holgura de rosca.	Mejora posible; por ejemplo: selección de tolerancias, e.	Un incremento de la holgura de la rosca conlleva una mejor resiliencia de flexión de los hilos de rosca. Por lo tanto la distribución de carga en la tuerca se hace más homogénea.
9) Diferencia en el paso entre la rosca de la tuerca y la rosca del tornillo.	Posible mejora considerable.	Un paso reducido en la rosca del tornillo, comparado con el de la rosca de la tuerca, modifica la distribución de la carga sobre los hilos de la unión de los hilos. Con un cambio de paso, controlado con cuidado, la carga del primer hilo de rosca en la tuerca puede ser reducida sustancialmente y, por lo tanto, la fuerza de resistencia puede ser incrementada.
10) Incremento del radio R en la raíz de la rosca.	No hay mejora significativa posible.	Una mejora en la fuerza de resistencia se podría esperar reduciendo la concentración de tensiones, en la raíz de los hilos de rosca, utilizando un mayor radio, y por lo tanto, aumentando el diámetro interior. De todos modos, esta mejora es contrarrestada por el efecto simultáneo de una distribución menos homogénea de los esfuerzos en zona de unión entre roscas.
11) Reducción del módulo de elasticidad del material de la tuerca.	Posible mejora destacada.	Con una disminución en los módulos de elasticidad del material de la tuerca, se incrementa la resiliencia de flexión de los hilos de rosca de la tuerca. Por lo tanto, la distribución de cargas se hace más homogénea, apareciendo una reducción de la carga en el primer hilo de rosca de la tuerca, el más solicitado.
12) Tratamiento de Nitruración.	Mejora posible sólo para precargas bajas.	La mejora de la resistencia causada por un incremento en la fuerza/resistencia de la capa superficial y especialmente por la fuerza compresiva residual no tiene ningún efecto en el caso de precargas altas, porque allí, las capas de superficie relativamente frágiles empezarían a fracturarse.
13) Galvanizado o zincado en caliente.	No hay mejora posible, si embargo podría haber un deterioro.	Ningún deterioro debido a capas de galvanizadas de cadmio o zinc, relativamente blandas. La resistencia se puede reducir para capas de níquel o cromo, si se produce una tensión de tracción residual, en la capa, causada por condiciones de deposición. También, capas relativamente frágiles de aleaciones de hierro-zinc, que son producidas durante la galvanización en caliente, reducen la resistencia del orden del 15%.
14) Técnica de fabricación: con o sin arranque de viruta.	Mejora obtenida por el método de fabricación sin cortar.	Una superficie suave, lisa, como es típica en las roscas fabricadas con un proceso sin arranque de viruta, no puede conseguirse, generalmente, mediante técnicas de corte del metal: torneado, fresado, (sin efecto de entalla). Además, es posible que, por ejemplo, se produzcan fuerzas de tracción residual, que son perjudiciales para la resistencia.
15) Incremento del contacto entre las roscas.	Mejora de la resistencia, con incremento de la zona de contacto de las roscas.	Con un incremento, creciente, de la superficie de contacto entre las roscas, la distribución de la fuerza total del tornillo sobre los hilos de rosca de la tuerca se ve modificada ventajosamente. Así sí la carga del primer hilo de rosca en la tuerca se ve reducida.
16) Forma de la tuerca.	Posible mejora destacada.	La distribución de la carga puede ser influenciada, de manera efectiva, por la forma de la tuerca. Por ejemplo, la llamada tuerca de tensión de forma cónica.
17) Reducción de la fuerza/resistencia del material de la tuerca.	Posible mejora destacada.	Con una disminución de la fuerza del material de la tuerca, aumenta la deformación plástica de los hilos de rosca de la tuerca. Por lo tanto la distribución de la carga en los hilos de rosca se vuelve más repartida y homogénea. Una altura superior a la "crítica" es una condición para la capacidad de carga de la unión.
18) Resiliencia del tornillo y partes de unión.	Posible mejora destacada para δ_s altas y δ_p bajas.	Una reducción de las fuerzas del tornillo adicionales se consigue mediante una resiliencia del tornillo altamente elástica y una resiliencia de las partes a unir poco elástica.
19) Excentricidad de la componente de carga de trabajo, F_A .	Posible mejora destacada mediante una reducción de ' α '.	Bajo las suposiciones echas en la sección 3.2.2.2.1, la F_{SA} disminuye cuando la ' α ' disminuye de acuerdo con la ecuación (3.40). Además, con una ' α ' que disminuye, el apertura de uno de los lados de la unión se reduce. En el caso de apertura de un lado, se produce un aumento drástico de fuerza adicional en el tornillo, de acuerdo con las leyes de la palanca.
20) Nivel de introducción de carga del componente de carga de trabajo F_A .	Posible mejora destacada cambiando el nivel de introducción de la carga, hacia la interfase.	Una cambio del nivel de introducción de carga hacia el interfase causa una disminución del factor n . Por lo tanto, la fuerza de adicional del tornillo es reducida.

3. ELEMENTOS DE FIJACIÓN EN ACERO INOXIDABLE

3.1 Objeto y alcance.

3.1.1 Tipos de aleaciones y selección	402
3.1.2 Composición química del acero inoxidable de tipo austenítico	402
3.1.3 Propiedades magnéticas	402
3.1.4 Resistencia a la temperatura	402

3.2 Características mecánicas.

3.2.1 Sistema de designación de las propiedades de las clases	403
3.2.2 Materiales, clasificación	403
3.2.3 Características mecánicas del acero inoxidable austenítico	403
3.2.4 Características mecánicas de los aceros inoxidables ferríticos y martensíticos	403
3.2.5 Marcado	404

3.3. Directrices para el ensamblado. Generalidades.

3.3.1 Valor de presión máxima admisible	405
3.3.2 Coeficientes de rozamiento del acero inoxidable	405
3.3.3 Evaluación de la dimensión del bulón de tornillo	405
3.3.4 El "gripado" de acero inoxidable	405
3.3.5 Precargas y pares de apriete	406

3.1 OBJETO Y ALCANCE

NORMA

DIN: 267 Parte 11
ISO: 3506
NF: E 25 - 100/400

Acero Inoxidable. Características de las aleaciones A1 - A2 - A4.

Estas especificaciones están destinadas a los elementos de fijación, principalmente a los bulones tornillos y tuercas, realizados en aleaciones de acero inoxidable austenítico, de diámetro nominal entre 1,6 mm. y 39 mm. ambos inclusive, con rosca métrica ISO; y también para las tuercas con entrecaras de sobremedida, $\phi \geq 1,45$ y una longitud de rosca útil igual, al menos, a 0,6 d.

3.1.1 Tipos de aleaciones y selección.

El acero inoxidable posee una gran cantidad de variedades, cada una con menos de un 12% de Cr y, a menudo, también otros elementos de aleación, de los cuales el Ni y el Mo son los más importantes. Este campo tan amplio se ha dividido, para los elementos de fijación, y conforme a la norma DIN 267 Parte 11, en tres grupos de composición basados en su estructura metalúrgica.

Austenítico A

Martensítico C

Ferrítico F

Los grupos martensítico y ferrítico no son importantes para los elementos de fijación. No están disponibles en stock para estos materiales; solamente bajo pedido y en grandes cantidades.

El grupo de composición Austenítico, también llamado acero al cromo-níquel, es el más utilizado para los elementos de fijación, y está subdividido en 3 IDENTIFICACIONES DE ALEACIONES DE ACERO. Cada una de ellas con una resistencia a la corrosión diferente y un campo de aplicación específico.

A1

Se trata de una aleación para decoletaje debido a su contenido alto en fósforo y azufre. A consecuencia de ello, la capacidad contra la corrosión general se ve disminuida. Este tipo de acero raramente se utiliza para la fabricación en masa de elementos de fijación.

A2

Es la aleación más utilizada; también se la denomina 18/8 (18% de Cr y 8% de Ni). Posee una resistencia a la corrosión excelente, bajo condiciones atmosféricas normales, en medios húmedos, ácidos oxidantes y orgánicos, muchas soluciones alcalinas y salinas, etc.

A4

Se trata de la aleación con la mejor resistencia a la oxidación, también denominada "ácido-resistente". Posee un mayor porcentaje de níquel y adición de molibdeno. Presenta una mejor resistencia a la corrosión en medios agresivos como: el clima marino, atmósferas industriales con presencia de anhídrido sulfuroso, ácidos oxidantes, o aplicaciones en aquellos sitios donde la corrosión por picaduras se puede producir.

Salvo especificación contraria, los elementos de fijación en acero inoxidable se deben entregar limpios y brillantes. Para una resistencia óptima contra la corrosión, se recomienda la pasivación.

3.1.2 Composición química del acero inoxidable de tipo austenítico.

Los límites tan amplios en porcentajes de contenido de los elementos de aleación, según DIN267 Parte 11, permiten una gran selección de tipos de aceros austeníticos especiales dentro de cada tipo de acero. La selección final es a discreción del fabricante, dependiendo de las exigencias y del método de fabricación. Si dentro de un tipo se pide una aleación especial, se deberá indicar el número AISI o ISO o el del Werkstoffnummer alemán.

Los tipos más corrientes están resumidos en la **tabla inferior**.

3.1.3 Propiedades magnéticas.

Los elementos de fijación en acero inoxidable son, normalmente, no magnéticos. La elección justa del acero puede limitar su permeabilidad, es decir: el grado de penetración en un campo magnético, por debajo de 1,05G/Oe. Sin embargo después de un estirado o laminado pueden aparecer ciertas propiedades magnéticas. A este respecto el A4 es menos sensible que el A2, y el A1 es el más desfavorable. Algunas aplicaciones especiales, como ciertos aparatos electrónicos, y en la industria marítima y nuclear, exigen una permeabilidad lo más cerca de 1,0. Los elementos de fijación en stock no son apropiados para este tipo de usos, y para ellos se debe de utilizar un acero no magnético especial.

3.1.4 Resistencia a la temperatura.

Resistente al calor hasta los +400° C. , de acuerdo con AD-Merkblatt W2, y TRD 106 para calderas de vapor, resistente a la oxidación hasta los +800° C. , de acuerdo con DIN 267 Parte 11.

Para temperaturas bajas, los apropiados son: A2, hasta -196°C., y A4, hasta -60°C., de acuerdo con AD-Merkblatt W10, para vasijas de presión, y DIN 267 Parte 13.

Acero inoxidable		Composición química en % ¹⁾								Tipo de acero inoxidable			
Grupo de compos.	Tipo de aleación	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo ⁸⁾	Ni	DIN Werkstoffnr	Tipos AISI	ISO 683/XII	Notas
Austenítico	A1	0,12	1,0	2,0	0,20	0,15-0,35	17,0-19,0	0,6	8,0-10,0	1,4305 ⁹⁾	303	17	2) 3)
	A2	0,08	1,0	2,0	0,05	0,03	17,0-20,0		8,0-13,0	1,4303 ⁹⁾	305	13	4) 6) 7)
										1,4301 ⁹⁾	304	-	4) 5) 7)
										1,4541	321	15	5)
A	A4	0,08	1,0	2,0	0,05	0,03	16,0-18,5	2,0-3,0	10,0-14,0	1,4401 ⁹⁾	316	20	4) 6)
										1,4571	316 Ti	21	5)

1) Valores máximos salvo especificación contraria.

2) El azufre puede ser reemplazado por el selenio.

3) Puede contener titanio en cantidad $\geq 5 \times C$, hasta el 0,8%.

4) Puede contener niobio y/o tantalio en cantidad $\geq 10 \times C$, hasta el 1%.

5) Contiene titanio en cantidad $\geq 5 \times C$, hasta el 0,8%.

6) Puede contener cobre hasta el 4%

7) Puede contener igualmente molibdeno; a discreción del fabricante.

8) Si por algunas aplicaciones, es esencial un contenido máximo en molibdeno, éste tendrá que ser especificado, por el cliente, a la realización del pedido.

9) Los tipos de acero inoxidable más utilizados en Europa.

3.2 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

NORMA

DIN: 267 Parte 11

ISO: ≈3506

NF: E 25 - 100/400

Acero Inoxidable. Características mecánicas. Clases de calidad 50, 70 y 80.

3.2.1 Sistema de designación de las propiedades de las clases.

Una propiedad fundamental de los aceros inoxidable, en comparación a los aceros al carbono, utilizados para la fabricación de las clases de calidad 8.8, 10.9 y 12.9, es que estos se pueden templar y revenir, y aquellos no. Normalmente la mayor parte de aceros inoxidable no se pueden tratar térmicamente. La única manera de endurecer, y aumentar así, considerablemente, sus propiedades mecánicas, es someter al acero inoxidable a un proceso de estirado o forjado en frío.

Las tres aleaciones de acero inoxidable austenítico: A1, A2 y A4; están divididas, a su vez, en tres clases de calidad: 50, 70 y 80, dependiendo ello del método de fabricación y las dimensiones. La cifra de la clase de calidad indica, en N/mm²., un 1/10 de la resistencia a la tracción; ejemplo: una clase 80 tiene una resistencia a la tracción de: 80 x 10 = 800 N/mm².

3.2.2 Materiales. Clasificación.

50 Es la clase más débil, usada para elementos de fijación fabricados por decoletaje o forjados en caliente. Esta clase raramente se utiliza para los elementos de fijación comerciales.

70 Es la clase de calidad más utilizada comúnmente, y es la aplicada para la fabricación de elementos de fijación estampados en frío. Este tipo de clase es la considerada "clase estándar" y es la entregada, por defecto, si en el pedido no se especifica calidad alguna.

80 Es la clase de calidad con la resistencia a la tracción más elevada. Se obtiene por una deformación en frío muy fuerte, hasta conseguir una calidad, más o menos, equivalente a la 8.8, de los tornillos tratados térmicamente, por lo que se refiere a su resistencia a la tracción. La sustitución de un tornillo de calidad 8.8, por uno de inoxidable clase 80, no requiere ningún tipo de recálculo o adaptación de la construcción existente.

3.2.3 Características del acero inoxidable austenítico.

Para dimensiones por encima de M5

Acero inoxidable		Clase de calidad	Gama de \varnothing d	Bulones y tornillos			Tuercas
Grupo de composic.	Tipo de aleación			Resisten. a la tracción Rm ³⁾ N/mm ² , min.	Límite conv. de elasticid. al 0,2% Rp _{0,2} ³⁾ N/mm ² , min.	Alargam. A _L ⁴⁾ en mm, min.	Resisten. a la carga de prueba Sp N/mm ²
Austenítico.	A1, A2 y A4	50	≤M39	500	210	0,6d	500
		70 1)	≤M20	700	450	0,4d	700
			>M20≤M30	500	250	0,4d	500
80 2)	≤M20	800	600	0,3d	800		

- Estos valores se aplican solo, a las longitudes máximas de 8 x d. La clase 70 es la más corriente a las aleaciones A2 y A4.
- Todo programa total, de nuestro stock de clase 80, posee estas características.
- Todos los valores están calculados y experimentados en función de la sección resistente, nominal, del roscado.
- Las medidas de alojamiento están determinadas sobre la longitud real del tornillo o del bulón con una longitud ³ 3 x d y no sobre una probeta preparada en la que la longitud de control sea de 5d.

Pares de rotura para diámetros hasta M5 inclusive

Diámetros nominales de rosca	Par de rotura mínimo en Nm		
	Clase de calidad 50	Clase de calidad 70	Clase de calidad 80
M 1,6	0,15	0,2	0,24
M 2	0,3	0,4	0,48
M 2,5	0,6	0,9	0,96
M 3	1,1	1,6	1,76
M 4	2,7	3,8	4,32
M 5	5,5	7,8	8,8

Límite convencional de elasticidad R_p 0,2 y límite inferior de fluencia R_{el} a temperaturas muy elevadas en % de los valores de la temperatura ambiente. Ver apartado 3.2.3

Aleación de acero	+ 100°C	+ 200°C	+ 300°C	+ 400°C
A2, A4 ²⁾	85 ¹⁾	80 ¹⁾	75 ¹⁾	70 ¹⁾

1) Estos valores solo se aplican a elementos de fijación de clase 70. Para la clase 50 es necesario considerar los normalizados en DIN 17440

2) La aleación A1, generalmente no es utilizada a temperaturas elevadas.

3.2.4 Características de los aceros inoxidable ferríticos y martensíticos.

Aceros ferríticos.

Los aceros ferríticos son esencialmente aleaciones hierro-cromo-carbono. La ausencia de puntos de transformación tiene como consecuencia, la imposibilidad práctica de mejorar sus características mecánicas mediante tratamientos térmicos. Tales características se pueden potenciar, practicando en estos aceros trabajos de deformación en frío, como: el trefilado, la laminación, etc., capaces de producir acritud.

Los aceros inoxidable ferríticos son magnéticos en todas las condiciones.

Con estos tipos de acero se construyen tornillos y pernos que tengan que trabajar sometidos a temperaturas muy altas como por ejemplo: calderas de vapor, intercambiadores de calor, reactores, quemadores de hornos, etc., o en ambientes de temperatura alta juntamente con gases oxidantes o corrosivos.

3.2 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Aceros martensíticos.

Los aceros martensíticos son esencialmente aceros al cromo. Los aceros martensíticos pueden elevar sus características mecánicas de resistencia y dureza, mediante un tratamiento térmico de temple. Las diferentes aleaciones existentes de estos tipos de aceros permiten llegar, tras un tratamiento térmico, a durezas muy diferentes entre sí.

La permeabilidad magnética de los aceros inoxidables martensíticos los clasifica entre los materiales ferromagnéticos.

Son aceros que tienen buena resistencia en caliente hasta temperaturas de 650°C.

Con aceros inoxidables martensíticos se construyen tornillos autorroscantes, tornillos y pernos prisioneros de alta resistencia, etc.

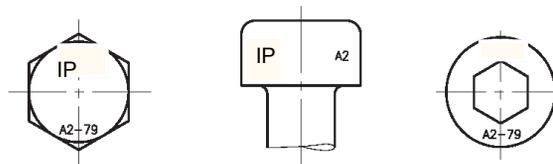
3.2.5 Marcado.

Los tornillos y bulones de cabeza hexagonal, las tuercas, y los tornillos de cabeza con hexágono interior tipo "Allen", en acero inoxidable y que sean de diámetro de rosca igual o superior a M5 deberán ir marcados, al igual que los embalajes que los contengan.

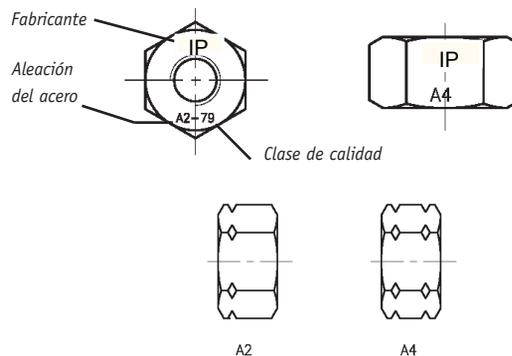
El marcado contará de: la marca de identificación del fabricante, y la aleación seguida por las dos cifras indicativas de la clase de calidad. En el caso de las tuercas de decoletaje se admite una variante en el marcado tal como se indica en la figura.

El marcado de los espárragos y otros tipos de piezas se realizará de mutuo acuerdo entre el utilizador y el fabricante.

Bulón y tornillo de cabeza hexagonal, tornillo de hexágono interior



Tuerca hexagonal



3.3 DIRECTRICES PARA EL MONTAJE. GENERALIDADES

NORMA

DIN: --

ISO: --

NF: --

Acero Inoxidable. Directrices para el montaje. Generalidades.

En la mayoría de los casos, la corrosión, sigue siendo aun el único criterio para la aplicación o uso de elementos de fijación en acero inoxidable. Sin embargo, cada vez más, los elementos de fijación en inoxidable están siendo utilizados como elementos de unión en montajes mecánicos, teniendo que satisfacer las exigencias de seguridad de funcionamiento de un montaje atornillado. Por ello, es necesario conocer un poco el comportamiento que tiene un acero inoxidable durante el ensamblado, sobretodo por lo que respecta a los factores de precarga y par de apriete.

3.3.1 Valor de presión máximo admisible.

El valor de presión máximo admisible, es de una importancia primordial para una unión correcta, y no debe de ser sobrepasado después de la precarga, bajo los esfuerzos de las superficies de apoyo de la cabeza del bulón o tornillo, la tuerca y el material del montaje. De lo contrario la precarga se reduciría con el consecuente peligro de aflojamiento de la unión.

Valores indicativos de carga de presión de los materiales atornillados, en N/mm²

acero inoxid. austenítico	aleación de aluminio	acero St 37	acero St 50	fundición
400*	200	260	420	700

* Este valor es válido para el estado recocido. Puede llegar hasta 700 N/mm², dependiendo del grado de deformación en frío del acero.

Superficie de contacto en mm²

diámetro nominal entreteclas en mm.	M3 5,5	M4 7	M5 8	M6 10	M8 13	M10 16*	M10 17	M12 18*	M12 19
Tornillos hexag. DIN 931/933 Tuercas hexag. DIN 934	7,54	11,4	13,6	28,0	42,0	72,3	96,1	73,2	94,6
Tornillos de hexágono interior DIN 912	11,1	17,6	26,9	34,9	55,8	89,5	-	90,0	-

Superficie de contacto en mm²

diámetro nominal entreteclas en mm.	M14 21*	M14 22	M16 24	M18 27	M20 30	M22 32	M22 34*	M24 36	M27 41	M30 46
Tornillos hexag. DIN 931/933 Tuercas hexag. DIN 934	113	141	157	188	244	254	337	356	427	576
Tornillos de hexágono inter. DIN 912	131	-	181	211	274	342	-	421	464	638

Las superficies pueden ser aumentadas por aplicación de una arandela sobre las caras de apoyo.

* Nuevas entreteclas ISO.

3.3.2 Coeficientes de rozamiento del acero inoxidable.

La ductilidad elevada del acero inoxidable implica que los coeficientes de rozamiento u_G , en los filetes de rosca, y u_K , debajo la cabeza, no sean solamente más altos, si no que también presenten una dispersión más grande respecto de los de los aceros normales. Esto significa que, con el mismo par de apriete, la precarga generada en el interior del tornillo es menor. Un lubricante adecuado puede disminuir la fricción, pero no así la dispersión, que permanecerá invariable.

A causa de los numerosos factores variables que intervienen, se recomienda hacer ensayos para cada aplicación con un instrumento que mida la relación precarga / par de apriete.

Valores indicativos de los coeficientes de fricción u_G y u_K

Material de contrucc. de	Bulón o tornillo en	Tuerca en	lubricante		elasticid. de la unión	coeficiente de fricción	
			en la rosca	debajo de la cabeza		en la rosca u_G	debajo de la cabeza u_K
A2	A2	A2	sin	sin	muy grande	0,26-0,50	0,35-0,50
			lubricante esp. Molykote grasa anti-corrosiva			0,12-0,23	0,08-0,12
		sin	sin	pequeña	0,23-0,35	0,12-0,16	
		lubricante esp. Molykote			0,10-0,16	0,08-0,12	
Al Mg Si		sin		muy grande	0,32-0,43	0,08-0,11	
			lubricante esp. Molykote		grande	0,28-0,35	0,08-0,11

3.3.3 Evaluación de la dimensión del bulón o tornillo.

Para dimensionar un bulón o tornillo, se puede hacer una comparación aproximada entre con los aceros normales en base al límite de elasticidad.

- Clase de calidad 50, situada un 10% por debajo respecto a la clase 4.6. La sustitución, es pues, imposible en todos los casos.
- La clase 70 en las dimensiones hasta M20, inclusive, puede reemplazar la clase de calidad 8.8, si para el acero inoxidable tomamos un diámetro normalizado más grande; por ejemplo: M10 A2-70 en lugar de M8 8.8. Un esfuerzo hasta un 30% más elevado puede ser aceptado.
- La clase 80 es un 7% mas baja que la clase de calidad 8.8. generalmente la sustitución será posible sin problemas. En determinados casos críticos de debe de tener en cuenta esta diferencia y, particularmente, se debe de verificar la carga de presión.

3.3.4 El "gripado" del acero inoxidable.

La ductilidad del acero inoxidable hace también, que éste tenga una tendencia muy grande a griparse respecto de los aceros normales. Sin embargo la experiencia práctica de muchos años nos muestra que este riesgo raramente aparece con los tornillos y los bulones, que hoy en día están fabricados, mayormente, por estampación en frío, lo que les da una superficie más dura y una rosca laminada más lisa. También la tolerancia positiva de la rosca ISO ejerce un efecto favorable contra el gripado. Sin embargo de requieren unas condiciones óptimas para el montaje: material limpio, sin golpes ni melladuras, sin rebabas, arena, etc..al igual que un bloqueo de un solo lado provocado por un filete o montaje inclinado.

3.3 DIRECTRICES PARA EL ENSAMBLADO. GENERALIDADES

Los montajes rígidos se comportan mejor que los montajes elásticos.

Se recomienda enroscar de manera continua y con un número de vueltas reducido, no usar atornilladoras automáticas de impacto. Hace falta remarcar que para obtener una precarga específica, no solamente los coeficientes de rozamiento, sino también la precisión del método de apriete (coeficiente de apriete) es de importancia esencial.

La combinación de dos aleaciones diferentes de acero inoxidable como por ejemplo: A2 y A4 no ofrece ninguna ventaja contra el gripado. En estas circunstancias particulares y para satisfacer ciertas exigencias, se debe de utilizar un lubricante particular, como por ejemplo: cloruro de parafina, Molykote antiadhesivo, aceite de alta precisión, grasa anticorrosiva, etc...

3.3.5 Precargas y pares de apriete.

Los valores son validos para los tornillos hexagonales DIN 931 /933 y para las tuercas DIN 934 en acero inoxidable austenítico.

Los pares de apriete son valores calculados dependiendo del coeficiente de rozamiento seleccionado, y basados sobre una precarga, utilizando el90% del limite convencional de elasticidad durante el apriete.

Las cifras son solo orientativas, por lo que declinamos cualquier responsabilidad del uso que se pudiera hacer de esta tabla (ver tabla inferior).

		Par de apriete M_A en Nm							
Coeficiente de fricción		0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,30	0,40
Ø nominal	Clase								
M4	50	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6
	70	1,7	2,0	2,2	2,3	2,5	2,6	3,0	3,3
	80	2,3	2,6	2,9	3,1	3,3	3,5	4,1	4,4
M5	50	1,6	1,8	2,0	2,1	2,2	2,4	2,8	3,2
	70	3,4	3,8	4,2	4,6	4,9	5,1	6,1	6,6
	80	4,6	5,1	5,6	6,1	6,5	6,9	8,0	8,8
M6	50	2,8	3,1	3,5	3,7	4,0	4,1	4,8	5,3
	70	5,9	6,7	7,4	7,9	8,4	8,8	10,4	11,3
	80	8,0	9,1	9,9	10,5	11,2	11,8	13,9	15,0
M8	50	6,8	7,6	8,4	9,0	9,6	10,1	11,9	12,9
	70	14,5	16,3	17,8	19,3	20,4	21,5	25,5	27,6
	80	19,3	21,7	23,8	25,7	27,3	28,7	33,9	36,8
M10	50	13,7	15,4	16,7	18,1	19,3	20,3	24,0	26,2
	70	30	33	36	39	41	44	51	56
	80	39,4	44	47,8	51,6	55,3	58	69	75
M12	50	23,3	26,0	28,9	30,8	32,8	34,8	41,0	44,6
	70	50	56	62	66	70	74	88	96
	80	67	74	82	88	94	100	117	128
M14	50	37,1	41,7	45,6	49	52	56	66	71
	70	79	89	98	105	112	119	141	152
	80	106	119	131	140	150	159	188	204
M16	50	56	63	70	75	81	86	102	110
	70	121	136	150	162	173	183	218	237
	80	161	181	198	217	231	245	291	316
M18	50	81	91	100	108	115	122	144	156
	70	174	196	213	232	246	260	308	334
	80	232	261	285	310	329	346	411	447
M20	50	114	128	142	153	164	173	205	223
	70	244	274	303	328	351	370	439	479
	80	325	366	404	438	467	494	586	639
M22	50	154	174	191	208	222	234	279	303
	70	182	206	227	247	263	279	332	361
	80	437	494	545	593	613	670	797	866
M24	50	197	222	243	264	282	298	354	385
	70	234	264	290	314	336	355	421	458
	80	561	634	696	754	806	852	1010	1099
M27	50	275	311	344	377	399	421	503	548
	70	328	371	410	444	475	502	599	652
M30	50	374	423	467	506	540	571	680	740
	70	445	503	556	602	643	680	809	881
M33	50	506	573	634	688	763	779	929	1013
M36	50	651	737	814	882	944	998	1189	1296
M39	50	842	955	1057	1147	1228	1300	1553	1694

4. OTROS MATERIALES

4.1 Cobre y sus aleaciones.

4.1.1 Materiales	408
4.1.2 Propiedades mecánicas	409
4.1.3 Pares de rotura mínimos y de apriete	409
4.1.4 Marcado	409
4.1.5 Kuprodur (CU 5)	409

4.2 Aleaciones de aluminio Sopral.

4.2.1 Materiales	410
4.2.2 Propiedades mecánicas	411
4.2.3 Precargas y pares de apriete	411
4.2.4 Marcado	411
4.2.5 Acabado	411
4.2.6 Resistencia a la corrosión y soldado	411

4.1 COBRE Y SUS ALEACIONES

NORMA

DIN: 8839

ISO: 28839

NF: 267 Parte 18 (W)

Cobre y sus aleaciones. Latón y Kuprodur.

Estas especificaciones se aplican a fijaciones mecánicas (principalmente bulones, tornillos y arandelas) hechas de cobre y aleaciones de cobre con diámetros de rosca hasta 39 mm. inclusive; con rosca métrica (ISO), autorroscantes, y rosca para madera.

Otras fijaciones, como por ejemplo: los remaches, pueden tener propiedades diferentes.

La aleación de cobre de mayor aplicación es el latón cuyas características más interesantes son: alta conductividad eléctrica de 15.106 S/m., y una no magneticidad de $3 \div 10 \cdot 10^{-6} \text{ cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$.

Por tanto, las fijaciones de latón son muy populares en la industria electrotécnica para cajas de interruptores, transformadores, radio y televisión, antenas, electrodomésticos, etc.

Gracias a su respetable resistencia a la corrosión, este material se utiliza muy a menudo en la fabricación de muebles y trabajos de metal, construcción de barcos, en la industria de bombas y equipos sanitarios, relojería y las industrias ópticas y de equipos médicos. También puede hacerse una selección por

el color decorativo el cual puede mejorarse todavía más mediante un cromado o niquelado.

4.1.1 Materiales.

Para las fijaciones mecánicas, la selección puede ser hecha entre 7 tipos de materiales (**ver tabla inferior**).

Debe tomarse nota que las aleaciones de cobre con un contenido de menos del 85% de cobre y también las de latón, son altamente susceptibles a la corrosión por tensión, que puede producirse bajo trabajo a tracción, particularmente, en una atmósfera conteniendo amoníaco o álcali nitrato.

Este tipo selectivo de corrosión también se llama "enfermedad de maduración", o "dezincado" y puede causar grietas inesperadas en el material, sin deformación.

Para los productos de extrusión en frío frecuentemente es necesario rebajar el coeficiente de resistencia a la tracción si se trabaja entre +250°C y -300°C.

Para evitar cualquier riesgo, el acero inoxidable sería técnicamente una alternativa mejor.

Símbolo de identif.	Símbolo de material.		Werkstoff-nummer	Composición química %										de acuerdo con			Designac. comunes
	Nuevo	Viejo		Cu	Zn	Al	Fe	Ni	Pb	Sn	Mn	Si	DIN	ISO	Sistema de numeración unific. (U.S.A.)		
¹⁾ CU 1	Cu-ETPorCu-FRHC	E-Cu	2.0060	99,90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1787	1337	C 11000	cobre
²⁾ CU 2	Cu Zn 37	Ms63	2.0321	62,0 - 64,0	rem.	-	-	-	-	-	-	-	-	17660	426/1	C27400	latón (conformado en frío)
³⁾ CU 3	Cu Zn39 Pb3	Ms58	2.0401	57,2 - 59,0	rem.	-	-	-	2,5- 3,5	-	-	-	-	17660	426/2	C38500	latón (torneado)
CU 4	Cu Sn6	Sn Bz6	2.1020	resto	-	-	-	-	-	5,5- 7,0	-	-	-	17662	427	C51900	bronce al estaño
⁴⁾ CU 5	Cu Ni1Si	-	2.0853	resto	-	-	-	1,0- 1,6	-	-	-	0,4 -0,7	-	17666	1187	-	kuprodur
³⁾ CU6	Cu Zn40 Mn1 Pb	Ms 58 Pb	2.0580	57,0 - 59,0	rem.	-	-	-	1,0- 2,0	-	0,4- 1,8	-	-	17660	-	C67130	latón (torneado)
CU7	Cu Al10 Ni5 Fe4	Cu Al10 Ni	2.0966	resto	-	8,5 - 11,0	2,0 - 5,0	4,0 - 6,0	-	-	-	-	-	17665	428	C63000	bronce al aluminio

1) Conductividad eléctrica específica en condiciones suaves 57 · 106 S/m.

2) Fase simple homogénea a-latón. Excelente extrusión en frío, difícil para forja en caliente o mecanizado.

3) Dos fases heterogéneas (a + b) latón. Buena mecanizabilidad; adecuado para forja en caliente, pero difícil para extrusión en frío.

4) ver apartado 4.1.5.

4.1 OBJETO Y ALCANCE

4.1.2 Propiedades mecánicas.

Símbolo de identificac.	Tamaño nominal		Resistencia a la tracción N/mm ² mín.	0,2% del lím. elástico N/mm ² mín.	Alargamiento en % mín.
	por encima de	hasta, inclusive			
CU 1	-	M39	240	160	14
CU 2	-	M6	440	340	11
	M6	M39	370	250	19
CU 3	-	M6	440	340	11
	M6	M39	370	250	19
CU 4	-	M12	470	340	22
	M12	M39	400	200	33
CU 5	-	M39	590	540	12
CU 6	M6	M39	440	180	18
CU 7	M12	M39	640	270	15

Las propiedades mecánicas de bulones y tornillos son comparables con la clase de calidad 4.6 de las fijaciones de acero, y en este respecto son directamente intercambiables. Sin embargo, la elongación y la fuerza al impacto son considerablemente más bajas debido a su conformación en frío; causando roturas, incluso bajo sobrecargas pequeñas y de corta duración. Debido a ello se recomienda emplear acero inoxidable en lugar de latón para cargas dinámicas y de choque.

El latón puede emplearse hasta +175°C, 200°C, disminuyendo el límite de elasticidad en aprox. 10%.

El latón no puede reforzarse mediante un tratamiento térmico.

4.1.3 Pares de rotura mínimos, y pares de apriete.

Par de rotura mín., en Nm para diámetros hasta el M5, inclusive

Símbolo de identif.	Diámetro nominal						
	M1,6	M2	M2,5	M3	M3,5	M4	M5
CU 1	0,06	0,12	0,24	0,4	0,7	1	2,1
CU 2	0,10	0,21	0,45	0,8	1,3	1,9	3,8
CU 3	0,10	0,21	0,45	0,8	1,3	1,9	3,8
CU 4	0,11	0,23	0,5	0,9	1,4	2	4,1
CU 5	0,14	0,28	0,6	1,1	1,7	2,5	5,1

Los pares de rotura se han calculado de acuerdo con:

$$M_d = \tau \frac{d_s^3}{16}$$

$$\tau = \frac{R_m}{3} \quad d_s = \frac{d_2 + d_3}{2}$$

M_d = par de rotura Nm.

τ = tensión de torsión máxima admisible, N/mm².

d_s = diámetro de la sección resistente, mm..

d_2 = diámetro nominal efectivo, mm.

d_3 = diámetro nominal menor, mm.

R_m = resistencia a la tracción, N/mm².

Pares de apriete en Nm para el CU 2 (latón Ms 63)

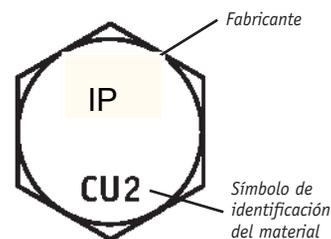
Diámetro nominal	M2	M2,5	M3	M3,5	M4	M5	M6	M8	M10
Par de apriete	0,14	0,29	0,5	0,79	1,2	2,2	3,9	9	17

Estos valores solo son para referencia.

Se deben verificar, si es necesario, en base a ensayos prácticos.

4.1.4 Marcado.

El marcado es garantía de calidad.



Los tornillos de cabeza hexagonal, las tuercas, y tornillos de cabeza ranurada hechos de cobre o aleaciones de cobre con rosca métrica desde M5, deben marcarse con el símbolo de identificación del material y la marca de origen tal como consta en el dibujo a la izquierda.

En esta categoría de metal, una indicación de clase de calidades, como es habitual para los tornillos de acero y acero inoxidable, no existe.

Las tuercas pueden marcarse en una de sus caras y en los planos del hexagonal.

Todas las demás fijaciones no se marcarán generalmente a no ser que exista un acuerdo para hacerlo.

4.1.5 Kuprodur (CU 5).

Para la composición química y las propiedades mecánicas ver apartados anteriores.

El Kuprodur es una aleación de cobre, níquel, silicona con un 98% de cobre y las siguientes propiedades:

- Esta aleación puede someterse a un tratamiento térmico obteniendo buenas propiedades mecánicas, las cuales, incluso, aumentan a bajas temperaturas, es decir la resistencia a la elongación e impacto a -60°C es un 25% mayor aprox.
- Resistente a la temperatura hasta +250°C. Bajo una carga constante debe tenerse en cuenta una considerable relajación respecto al flujo.
- Alta conductibilidad eléctrica = $18 \cdot 10^{-6}$ S/m.
- No magnetizable = $0,066 \cdot 10^{-6}$ cm³ · g-1.
- No susceptible a la corrosión por estrés y muy resistente a muchos ácidos, álcalis, agua del mar e influencias atmosféricas. Comparables con el cobre puro.

El Kuprodur, por tanto, es muchas veces empleado en centrales nucleares, en tratamientos con agua, construcción de barcos, técnicas de bajas temperaturas, industrias electrotécnicas y de equipos químicos.

Precargas en N, y pares de apriete en Nm, con un coeficiente de rozamiento medio de 0,125

Diámetro nominal	M5	M6	M8	M10	M12	M16
Precarga N	5550	7800	14300	22800	33400	63000
Par de apriete Nm	4,7	8	19	39	67	165

Estos valores son aplicables a fijaciones hechas en cobre.

4.2 ALEACIONES DE ALUMINIO SOPRAL

Estas especificaciones son aplicables a fijaciones mecánicas (principalmente pernos, tornillos, tuercas y arandelas hechas de aleaciones de aluminio de la marca comercial del fabricante SOPRAL.

Esta información contiene datos del fabricante no teniendo relación con DIN 267, parte 18.

El muy extenso campo de aplicaciones puede derivarse de las siguientes características específicas:

- Altas propiedades mecánicas; el SOPRAL 60 es aproximadamente comparable con la clase de propiedades de acero 5.8 y la clase de propiedades de acero inoxidable 50 y aproximadamente 35% más fuerte que el latón. Por lo tanto, es muy adecuado para las uniones estructurales de aluminio.
- Peso ligero, una tercera parte del peso de acero y acero inoxidable, que aparte de su uso en la industria de la aviación y espacio adquiere cada vez más importancia en la industria del vehículo y transporte, construcción de barcos, etc.
- Resistencia a la corrosión; adecuado entre otros en ambientes de mar y por tanto adecuado para muchas aplicaciones marítimas.
- Muy resistente a temperaturas extremadamente bajas. Las propiedades mecánicas incluso aumentan a -196°C lo cual es muy atractivo en la industria criogénica.
- Buena conductividad térmica (13 veces mayor que el acero inoxidable, 4 veces mayor que el acero y 60% de cobre). Aplicable en la industria de intercambiadores térmicos, aire acondicionado, radiadores, etc.
- La conductibilidad eléctrica en base de pesos iguales es el doble de cobre. También por su no-magnetizabilidad este material se utiliza muy frecuentemente en la industria eléctrica.
- Color decorativo que puede variarse mediante capas anódicas. Junto con una alta reflectividad estas propiedades encuentran aplicación en edificios y en alumbrados, telecomunicaciones y en la industria de decoración en general.

- Atóxico y por tanto idóneo en instalaciones y equipos en las industrias agrarias y alimenticias.

4.2.1 Materiales.

En nuestro programa de suministros tenemos 6 tipos de SOPRAL en almacén.

SOPRAL P40. Esta es una aleación aluminio-magnesio-silicona para pernos, tornillos y tuercas para aplicaciones generales que no requiere altas propiedades mecánicas pero sí una óptima resistencia a la corrosión.

SOPRAL P60. Esta aleación de aluminio-zinc-magnesio para pernos, tornillos, tuercas y arandelas de muelle; tiene mayores propiedades mecánicas con una bien equilibrada resistencia a la corrosión. Es el tipo preferido para pernos y tuercas que transmiten cargas en uniones estructurales de aluminio.

Se emplea este tipo, frecuentemente, en centrales eléctricas y sistemas eléctricos de transporte, y cumple con el reglamento estricto de la especificación técnica francesa No. 15-Se-565 (1983) de EDF (Electricité de France).

SOPRAL P65. Es similar a la aleación P60 pero algo más fuerte, se usa exclusivamente para tornillos.

SOPRAL A-G3M. Es una aleación de aluminio-magnesio para arandelas que en combinación con P60 debe usarse para tuercas.

SOPRAL A5. Aluminio puro con un 99% de aluminio se emplea para arandelas de uso general.

2030 (Dural). Es una calidad de aluminio para las dimensiones pequeñas de tuercas M3, M4 y M5.

Composición química

Tipo de aleación	Tratamiento térmico	Composición química %								Designaciones correspondientes				
		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Al	Alemania		Sistema de numeración unificado (U.S.A.)	Francia	
										nº Material	DIN		Nuevo	Viejo
SOPRAL P40	T8	0,3-0,7	0,5	0,1	0,03	0,35-0,8	-	0,1	rem.	3.3207	Al Mg Si 0,5	6101		A-GS
SOPRAL P60	T73	0,4	0,5	1,2-2	0,3	2,1-2,9	-	5,1-6,1	rem.	3.4365	Al Zn Mg Cu 1,5	7075		A-Z5GU
SOPRAL P65	T6													
SOPRAL A-G3M	H26	0,4	0,5	0,1	0,1-0,5	2,6-3,6	0,1	0,2	rem.	3.3535	Al Mg3	5754		A-G3M
SOPRAL A5	-	0,25	0,4	0,05	0,05	0,05	-	0,05	rem.	3.0255	AAL 99,5	1050A		A5
2030 (Dural)	-	-	-	3,5-4,5	-	0,5-1,3		Pb 0,8-1,5	rem.	3.1645	AlCuMgPb	2030		A-U4Pb

4.2 ALEACIONES DE ALUMINIO SOPRAL

4.2.2 Propiedades mecánicas.

Las propiedades mecánicas pueden variar según la talla.

Tipo de aleación	Resistencia a la tracción N/mm ²	0,2% límite elástico N/mm ²	Alargam. %	Dureza Brinell ¹⁾ HB	Módulo ²⁾ de elastic. N/mm ²
SOPRAL P40	300-350	260-300	8-10	95-105	67.000
SOPRAL P60	490-560	420-480	11-15	154-169	72.000
SOPRAL P65	550-600	490-530	12-15	160-180	72.000
SOPRAL A-G3M	min. 200	-	-	-	71.000
SOPRAL A5	min. 100	-	-	-	69.000
2030 (Dural)	min. 390	-	-	-	-

- 1) La dureza Brinell es solo como referencia y se utiliza como una manera fácil para distinguir entre dos tipos de aleaciones de aluminio.
- 2) Estos valores son el promedio entre el módulo de resistencia y el de compresión.

4.2.2.1 Propiedades físicas.

Tipo de aleación	Peso especif. g/cm ³	Resistencia eléctrica a 20°C Ohm mm ² /m	Conductividad térmica a 20°C th cm ² /ms °C	Coefficiente de dilatac. lineal entre 20°C y 100°C	Punto de fusión °C
SOPRAL P40	2,7	0,0325	0,44	23 x 10-6	615-655
SOPRAL P60	2,8	0,055	0,29	27,5 x 10-6	475-635
SOPRAL P65	2,8	0,61	0,29	23,5 x 10-6	475-635

4.2.3 Precargas y pares de apriete.

(Ver tabla inferior). Estos pares de apriete están basados en un coeficiente de rozamiento de 0,05.

Es preferible ajustar el par sobre el valor mínimo con una llave dinamométrica. No deben sobrepasarse nunca los valores máx.

Esta tabla solamente sirve de referencia y no supone ninguna garantía.

4.2.4 Marcado.

El tornillo hexagonal - calidad SOPRAL P60 - está marcado en la parte superior con la marca del fabricante S para SOPRAL y la combinación de dígitos: 3.7. El primer dígito, 3, identifica el tratamiento térmico especial T 73. El segundo dígito, 7, identifica que la calidad P60 está fabricada de la aleación de aluminio 7075.

Este marcado corresponde a las especificaciones de la EDF (Electricité de France).

Todas las demás fijaciones de aluminio no están marcadas.

4.2.5 Acabado.

Tratamiento de superficie y color

El SOPRAL P40, para uso normal, se suministra sin tratamiento. El color es plata-blanco.

A petición, estas fijaciones pueden ser decapadas y engrasadas con lanolina para un montaje y desmontaje más fácil, o anodizadas y engrasadas con lanolina para condiciones difíciles de uso, o anodizarse de color para la decoración.

El SOPRAL P60 es anodizado (espesor de capa: 8-12 micras), bicromado e impregnado de grasa de acuerdo con las especificaciones de la EDF. En estas condiciones se obtiene una resistencia óptima a la corrosión y un fácil montaje. En caso de fuertes cargas dinámicas se aconseja pedir el P60 sin la impregnación de grasa. El color es amarillo.

El SOPRAL 65 se suministra anodizado sin color. Para fines decorativos los tornillos se aclaran químicamente y/o anodizan con colores.

4.2.6 Resistencia a la corrosión y soldadura.

Debido a la restauración automática de una capa fina de autoprotección de óxido de aluminio, las calidades SOPRAL ofrecen una resistencia efectiva, hasta excelente, al ataque por la atmósfera, ambiente industrial y agua del mar. En este sentido la P40 es la más favorable.

La mayoría de productos químicos no tienen ningún efecto. Sin embargo, las bases fuertes con un pH >10, es decir sodio y potasio, y ácidos concentrados con un pH <4, es decir ácidos clorhídricos y sulfúricos, deben evitarse.

El SORAL P60 ha sido sometido a un tratamiento térmico especial T 73, proporcionando una resistencia óptima a la corrosión intergranular y estrés en ambientes agresivos y haciéndolo inmune a la exfoliación, tipo corrosión.

Cuando el aluminio, en presencia de un líquido conductor, entra en contacto con otro metal más electropositivo, es decir, acero, acero inoxidable, cobre, éste corroerá. Por otro lado, cuando está en contacto con metales más electronegativos, es decir magnesio, zinc, etc. entonces estos corroerán y protegerán así el aluminio.

Para evitar una corrosión de contacto se recomienda emplear fijaciones de aluminio en construcciones de aluminio.

Soldadura

Les aconsejamos, estrictamente, no efectuar soldaduras en pernos y tuercas P60 y P65. La generación de calor durante la soldadura tiene el efecto de desmenuzarse total o parcialmente las propiedades mecánicas adquiridas durante el tratamiento térmico.

El SOPRAL P40 puede soldarse empleando todos los métodos normales.

Diámetro nominal		M3	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24	M27	
Precarga N	SOPRAL P60					8000	14000	21000	40000	62000	100.000	130.000	
Par de apriete Nm	SOPRAL P40	mín.	-	0,9	1,6	2,7	7,5	14	28	-	-	-	
		máx.	-	1,1	1,9	3,3	8	17	32	-	-	-	
	SOPRAL P60	mín.	-	-	-	-	8	15	30	65	110	200	300
		máx.	-	-	-	-	10	20	40	90	150	280	400
	SOPRAL P65	mín.	0,5	1,3	2,5	4,4	11	-	-	-	-	-	-
		máx.	0,6	3,16	3	5	12,5	-	-	-	-	-	-

5. PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN

5.1 ¿Qué es la corrosión?

5.1.1 Corrosión por ataque directo	414
5.1.2 Corrosión por electroquímica	414

5.2 Revestimientos de protección

5.2.1 Tipos de revestimiento	414
5.2.2 Modificaciones dimensionales	415
5.2.3 Términos y definiciones	415

5.3 Eficacia protectora

5.3.1 Revestimientos finales o de acabado	415
5.3.2 Requerimientos particulares del cliente	415

5.4 Revestimientos electrolíticos

5.4.1 Objeto y alcance	416
5.4.2 Sistema de designación	416
5.4.3 Espesores aplicables	417
5.4.4 Tolerancias de roscado	417
5.4.5 Fragilización por el hidrógeno	417
5.4.6 Pasivado de cromatización	417

5.5 Revestimientos en caliente; galvanización

5.5.1 Objeto y alcance	419
5.5.2 Galvanización en caliente	419
5.5.3 Sistema de designación	419
5.5.4 Espesor: puntos y métodos de medición	419
5.5.5 Tolerancias de roscado	419
5.5.6 Fragilización por el hidrógeno	419
5.5.7 Acabado	419
5.5.8 Color	419
5.5.9 Capacidad de carga	419
5.5.10 Protección contra la corrosión	419

5.6 Otros revestimientos

5.1 ¿QUÉ ES LA CORROSIÓN?

La corrosión es el consumo o la alteración del metal debido a la reacción galvánica (electroquímica), o al ataque químico directo.

La mayor parte de los metales son estables a la atmósfera, y tienden a formar, en presencia de la humedad y del oxígeno, soluciones químicas estables como el óxido sobre el acero.

5.1.1 Corrosión por ataque directo.

La corrosión por ataque químico directo más común es la corrosión atmosférica, debida al oxígeno, dióxido de carbono, vapor de agua, azufre y compuestos de cloro.

La presencia de humedad o de agua en el aire es determinante para el fenómeno de ataque directo.

La rapidez de la corrosión, es tanto mayor, cuanto mayor es la concentración de los productos anteriormente mencionados, presentes en la atmósfera. Las atmósferas industriales son las más corrosivas, o los ambientes salinos, como el clima del litoral. También las corrientes parásitas pueden acelerar la corrosión.

5.1.2 Corrosión electroquímica.

La corrosión electroquímica es un fenómeno de corrosión acelerada, que se verifica, cuando se unen materiales diferentes.

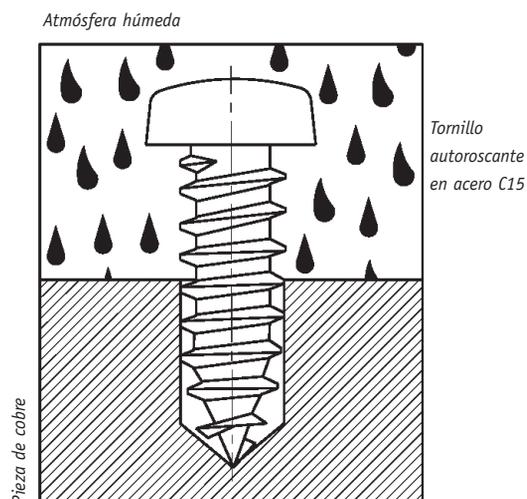
Es del máximo interés, ya que en la práctica, a menudo se verifica que, el tornillo es de material diferente respecto del alojamiento o de la pieza atornillada.

Conviene por ello recordar el fenómeno químico: cuando dos metales de diverso potencial eléctrico se unen en presencia de un tercer elemento (electrolito), se genera un ligero flujo de electrones que van del metal menos noble, poseedor de menor potencial (ánodo o polo positivo), al material más noble, de mayor potencial (cátodo o polo negativo).

Los electrones que abandonan el material menos noble para dirigirse, más o menos rápidamente, dependiendo del electrolito, hacia el material más noble, erosionando así el material, del cual parten, de manera irreparable.

Veamos que sucede en un ejemplo, como el ilustrado en la figura.

Cuando se usa un tornillo autorroscante de acero, en una chapa de cobre, y con presencia de la humedad atmosférica, que ejerce de electrolito, ocurre lo siguiente: las partículas positivas del acero migran hacia la atmósfera, absorbiendo oxígeno e hidrógeno transformándose en iones de hierro; los electrones, partículas negativas, pasan a través del acero al cobre y luego a la atmósfera, donde se combinan con el oxígeno y el agua, transformándose en iones hidroxilo. Éstos últimos, combinándose con los iones de hierro, producen el óxido de hierro, mejor conocido como herrumbre u óxido. Así nace, de esta forma, por un mala combinación de distintos metales, la corrosión.



5.2 REVESTIMIENTO DE PROTECCIÓN

La aplicación de revestimientos de protección a las fijaciones viene dada, esencialmente, para obtener una protección contra los fenómenos de la oxidación, o para dar unas características determinadas a la superficie tratada como: disminución del coeficiente de rozamiento o elevación de la conductividad eléctrica. Otra razón para la aplicación del revestimiento, sería la función decorativa.

5.2.1 Tipos de revestimientos.

Normalmente los revestimientos se clasifican de la siguiente manera:

- Revestimientos electrolíticos (galvánicos).
- Revestimientos químicos.
- Revestimientos mecánicos.
- Revestimientos en caliente.

5.2.1.1 Revestimientos electrolíticos.

Los metales más comúnmente usados son:

Nombre	símbolo	
Zinc	Zn	para todas las clases de resistencia.
Cobre	Cu	usado particularmente en electrónica.
Níquel	Ni	
Níquel-cromo	Ni-Cr	
Cobre-níquel-cromo	Cu-Ni-Cr	
Estaño	Sn	
Plata	Ag	usado en electrónica, y para alta temperatura.
Cobre-plata	Cu-Ag	usado en electrónica, y para alta temperatura.

A efectos de protección, el revestimiento de Zinc es el más usado. El cadmio, Cd, no se utiliza por ser tóxico.

5.2 REVESTIMIENTO DE PROTECCIÓN

5.2.1.2 Revestimientos químicos.

Los revestimientos químicos usados son de dos tipos:

- fosfatados
- de zinc con elementos orgánicos.

Los revestimientos fosfatados, con o sin post-tratamiento, son diferentes en función del estrato utilizado: a base de fosfato de zinc, para aplicaciones anticorrosivas; y a base de fosfato de manganeso, para aplicaciones antidesgaste.

Los revestimientos a base de zinc, cromados y sustancias orgánicas aleadas están caracterizados por la particular composición del estrato resultante y por las metodologías empleadas para su aplicación, siendo recomendados para tornillería de alta resistencia.

5.2.1.3 Revestimientos mecánicos.

Los revestimientos mecánicos se denominan así por su particular metodología de aplicación.

Generalmente, se trata de aplicaciones de zinc, estaño, y aluminio y sus aleaciones. Éstos, en estado de polvo son aplicados sobre las piezas tratadas mediante una acción de impacto mecánico. Este tipo de revestimientos son recomendados para tornillería de alta resistencia.

5.2.1.4 Revestimientos en caliente.

Por revestimiento en caliente, solo se considera la aplicación de zinc fundido. Este tipo de tratamiento no es recomendado para tornillería de dimensión pequeña o con tolerancias de ajuste muy estrechas, debido al espesor de la capa de zinc aportada.

Los revestimientos en caliente son adecuados para tornillería que deba de estar en medios de alto nivel corrosivo.

5.2.2 Modificaciones dimensionales.

El aporte del revestimiento sobre el metal base modifica las dimensiones de la tornillería y, en particular, de la rosca. Dicha modificación dimensional variará según sea la naturaleza del tratamiento dado: electrolítica, química, mecánica o por inmersión en caliente.

Es importante pues, que la tolerancia dimensional de la rosca antes de tratamiento, sea aquella que permita el aporte del espesor adecuado de tratamiento protector.

5.2.3 Términos y definiciones.

5.2.3.1 Lote.

Es la cantidad de elementos del mismo tipo, fabricados con el mismo procedimiento productivo y enviada del productor al control en una sola entrega.

5.2.3.2 Espesor local del revestimiento.

Es el espesor de revestimiento medido en un punto prefijado para el control del mismo.

5.2.3.3 Superficie significativa del revestimiento.

Es la superficie, tratada, sobre la cual viene realizada la medición del espesor local y la valoración de la eficacia de protección del revestimiento.

5.2.3.4 Espesor mínimo de revestimiento.

Es el espesor, local, mínimo del revestimiento.

5.2.3.5 Espesor medio del revestimiento.

Es el espesor teórico que se debe de obtener si el revestimiento queda distribuido, uniformemente, sobre toda la superficie de la pieza considerada.

5.2.3.6 Espesor medio del lote.

Es la media de los espesores medios de todas las piezas constituyentes de un muestreo.

5.3 EFICACIA PROTECTORA

5.3.1 Revestimientos finales o de acabado.

Todos los revestimientos considerados, excluyendo los realizados por inmersión en caliente en baño de zinc, después de la aplicación del espesor requerido, pueden ser sometidos a uno o más tratamientos finales o de acabado, para conferir, así, al metal de aporte, según el tipo de tratamiento, características particulares de resistencia a la corrosión.

En algunos casos, para revestimientos galvánicos o de fosfatación es necesario hacer un tratamiento térmico de deshidrogenización para evitar la fragilización, previo al tratamiento de acabado.

5.3.2 Requerimientos particulares del cliente.

Si por exigencias de empleo, se requiere una eficacia protectora contra la corrosión de toda la superficie del tornillo, incluso de superficies no significativas, el cliente debe prescribir la posición de tolerancia de la rosca antes del tratamiento galvánico, ya que, en relación a la protección requerida y a la longitud del tornillo, no siempre es posible satisfacer la resistencia a la corrosión prevista con la simple evaluación del espesor medio máximo permitido en las varias posiciones de tolerancia referidas en la tabla (página 416).

5.4 REVESTIMIENTOS ELECTROLÍTICOS

NORMA

DIN: 267 Parte 9

ISO: 4042

NF: E 27-016

REVESTIMIENTOS. Revestimientos electrolíticos.

5.4.1 Objeto y alcance.

Estas condiciones técnicas están destinadas principalmente a elementos roscados, tornillos, y tuercas; pero también son de aplicación a todos los elementos de fijación mecánica.

Un revestimiento electrolítico se define como una capa metálica de protección, depositada sobre la superficie de los elementos de metal, por inmersión en una solución acuosa por la que circula una corriente eléctrica. La utilización del término "galvanizado" para referirse a este proceso no es adecuado.

5.4.2 Sistema de designación.

Los revestimientos electrolíticos aplicados a los elementos de fijación son designados por un código compuesto por dos letras mayúsculas y una cifra.

El código se construye como sigue:

- una letra mayúscula para el constituyente del revestimiento, tabla 1.
- una cifra para el espesor mínimo de la capa de revestimiento, tabla 2.
- una letra mayúscula para el acabado y tratamiento final, tabla 3.

Tabla 1. Metal de revestimiento.

Letra de código	Metal de revestimiento	Símbolo
A	Zinc	Zn
B	Cadmio	Cd
C	Cobre	Cu
D	Latón	CuZn
E	Níquel	Ni
F	Níquel-cromo ¹⁾	NiCr
G	Cobre-níquel	CuNi
H	Cobre-níquel-cromo ¹⁾	CuNiCr
J	Estaño	Sn
K	Cobre-estaño	CuSn
L	Plata	Ag
N	Cobre-plata	CuAg

¹⁾ Espesor de la capa de cromo = 0,3 mm

Tabla 2. Espesor mínimo de capa (construcción de revestimiento)

Cifra de código	Espesor μm	
	1 metal de revestimiento	2 metales de revestimiento
0 ¹⁾	–	–
1	3	–
2	5	2 + 3
3	8	3 + 5
4	12	4 + 8
5	15	5 + 10
6	20	8 + 12
7 ²⁾	25	10 + 15
8 ²⁾	32	12 + 20
9 ²⁾	40	16 + 24

¹⁾ La cifra de código 0 se aplica en roscas por debajo de M 1,6, para las que un espesor específico no puede ser dado.

²⁾ No es aplicable en piezas roscadas.

Tabla 3. Acabado y tratamiento final.

Letra de código	Acabado	Cromación en concordancia con DIN 50 941. Método	Color de la capa de cromado
A	mate	ninguno ¹⁾	ninguno
B		B	azulado hasta ligera irisación ²⁾
C		C	amarillo irisado hasta un amarillo oscuro
D		D	verde oliva hasta un oliva oscuro
E	blanqueado	ninguno ¹⁾	ninguno
F		B	azulado hasta ligera irisación ²⁾
G		C	amarillo irisado hasta un amarillo oscuro
H		D	verde oliva hasta un oliva oscuro
J	brillante	ninguno ¹⁾	ninguno
K		B	azulado hasta ligera irisación ²⁾
L		C	amarillo irisado hasta un amarillo oscuro
M		D	verde oliva hasta un oliva oscuro
N	pulido	ninguno	–
P	arbitrario	B, C o D ³⁾ a discreción del fabricante	como métodos B, C o D
R	mate	F	oscuro-negro hasta negro
S	blanqueado	F	
T	brillante	F	

¹⁾ Sin embargo para el Zn y el Cd, método A en conc. con DIN 50941 (cromac. transparente).

²⁾ Solo se aplica para el Zn.

³⁾ Los métodos B, C o D en concordancia con DIN 50 941 se aplican solo para los revestimientos de cadmio y zinc. En caso de otros revestimientos el código "P" significa "acabado arbitrario".

5.4 REVESTIMIENTOS ELECTROLÍTICOS

Código de pedido de los revestimientos electrolíticos para los elementos de fijación corrientes de comercio

Diámetro nominal	Revest.	Zinc-cromatado				Níquel	Cobre níquel	
	Acabad.	Brillante						
	Pulgada	Color	Ninguno	Azulado	Amarillo	Negro	-	-
<5	<3/16"		A1J	A1K	A1L	A1T	E1J	G2J
≥5 <10	≥3/16" <3/8"		A2J	A2K	A2L	A2T	E2J	G2J
≥10	≥3/8"		A3J	A3K	A3L	A3T	E3J	G3J

Ejemplo de codificación:

A3L significa revestimiento electrolítico de zinc (A en la tabla 1), con un espesor nominal de 8 µm (3 en la tabla 2), y cromatado amarillo con un acabado brillante (L en la tabla 3).

Ejemplo de designación:

Tornillo de cabeza hexagonal DIN 961 - M16 x 60 - 8.8 - A3L.

5.4.3 Espesores aplicables.

5.4.3.1 Relación entre espesores.

La relación corriente entre espesores nominales del lote y espesor medio del lote, están indicados en la siguiente tabla.

Espesor nominal prescribible en designación µm	Espesor local mínimo ¹⁾ µm	Espesor medio del lote ²⁾	
		Mínimo µm	Máximo µm
3	3	3	5
5	5	4	6
8	8	7	10
10	10	9	12
12	12	11	15
15	15	14	18
20	20	18	23

¹⁾ Medido sobre la superficie de medición con método magnético o equivalente.

²⁾ Medido con método gravimétrico.

Se pueden suministrar espesores nominales de revestimiento superiores al prescrito, que no vengán especificados en el pedido, siempre que no impidan la verificación con el calibre de control.

5.4.3.2 Espesor del revestimiento para el tornillo.

En la tabla siguiente vienen indicados los valores de espesor de revestimiento para cada paso y relativos a la holgura fundamental, correspondientes a las posiciones de tolerancia **6g**, **6f**, y **6e**; los espesores máximos admitidos y los espesores nominales máximos prescribibles medidos sobre superficies significativas.

Teniendo en cuenta lo dicho en el apartado 5.2.3, y sabiendo que el aporte de depósito es favorecido en el extremo del tornillo, y que la diferencia de espesor entre la extremidad de la pieza y la parte central es influenciada por la longitud del tornillo; en la columna correspondiente a cada una de las posiciones de tolerancia y para diversas relaciones longitud/diámetro, vienen los valores correspondientes a los espesores nominales máximos prescribibles, y los espesores mínimos predecibles a mitad de longitud nominal de la rosca al variar la relación longitud/diámetro. Tales espesores son a título indicativo. *(Ver tabla página siguiente)*

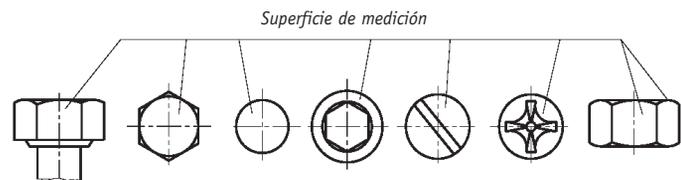
5.4.3.3 Espesor del revestimiento para la tuerca.

Si se prescriben espesores de revestimiento menores o iguales a 12µm. se puede adoptar, de manera indistinta, la posición de tolerancia **H** o **G**.

En el caso de que se prescriban espesores superiores a 12µm., se recomienda adoptar la posición de tolerancia **G**.

Conviene recordar que el aporte electrolítico de materia sobre la rosca de una tuerca es menor.

5.4.3.4 Superficies de medición de los espesores de revestimiento.



El espesor local medido no debe ser inferior al valor del espesor nominal indicado en la prescripción.

El espesor del revestimiento en la rosca deberá ser de una magnitud que permita el roscado con un calibre de anillo para roscas PASA (AP) **6h** para los tornillos, y con un calibre tampón roscado PASA (TP) **6H** para las tuercas; con un par de apriete, expresado en N m, no mayor de 0.001 d³, donde d es el diámetro nominal en milímetros de la rosca.

5.4.4 Tolerancias de roscado.

La base del espesor de los revestimientos electrolíticos viene dada por las tolerancias de la rosca métrica (ISO) de acuerdo con DIN -13 y para roscas en pulgadas (ISO) de acuerdo con ISO 5864 (ANSI B 1.1); siempre ANTES del revestimiento, lo que significa la tolerancia **g** o **2A** para los bulones y tornillos, y **H** o **2B** para las tuercas.

El revestimiento no debe en ningún caso sobrepasar el valor del roscado (línea cero) Así pues, los pernos y los tornillos permitir la entrada del "anillo-pasa" con la tolerancia **h** o **3A**. Las tuercas pueden tener un espesor medible con la condición que la tolerancia **H** o **2B** no sea utilizada completamente hasta la línea cero.

5.4.5 Fragilización por el hidrógeno.

Debido a la fragilización provocada por el hidrógeno, los pernos y los tornillos con una resistencia a la tracción Rm ≥ 1000 N/mm² o una dureza ≥ 300 HV (F ≥ 98N.), deben ser desgasados a 200° C ± 10°C a partir de unas 4 horas después del revestimiento electrolítico.

Este tratamiento es también obligatorio para las piezas y accesorios elásticos con una dureza ≥ 400 HV (F ≥ 98N.).

A pesar de esta precaución el riesgo de rotura no puede ser eliminado totalmente con los métodos electrolíticos usados actualmente. Así pues, se desaconseja usar revestimientos electrolíticos para pernos y tornillos de calidad ≥ 12.9.

5.4.6 Pasivado por cromatación.

La formación de una capa de conversión al cromo debe ser efectuada de acuerdo con la norma DIN - 50941, y después del tratamiento de desgasado. Los procesos de cromatación aumentan considerablemente la protección contra la corrosión.

De entre todos los colores, desde el azulado (transparente) hasta negro, un pasivado de color amarillo será el preferente.

5.4 REVESTIMIENTOS ELECTROLÍTICOS

Espesor del revestimiento para tornillo

Paso P		mm.	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,7 0,75	0,8	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3	3,5	4
Posición de tolerancia g	Holgura fundamental	μm	-19	-19	-20	-20	-21	-22	-24	-26	-28	-32	-34	-38	-42	-48	-53	-60
	Espesor máximo admitido	μm	5	5	5	5	5	6	6	6	7	8	9	10	11	12	13	15
	Espesor nominal máximo prescribible	μm	3			5			8			10			12			
	4d < l ≤ 6d	μm	2			3			5			6			7			
	6d < l ≤ 10d	μm	1			2			4			4			5			
	10d < l ≤ 16d	μm	1			2			3			3			4			
Posición de tolerancia f	Holgura fundamental	μm	-34	-34	-35	-36	-36	-38	-38	-40	-42	-45	-48	-52	-58	-63	-70	-75
	Espesor máximo admitido	μm	9	9	9	9	9	10	10	10	11	11	12	13	14	16	18	19
	Espesor nominal máximo prescribible	μm	8			10			12			15						
	4d < l ≤ 6d	μm	5			6			7			9						
	6d < l ≤ 10d	μm	4			4			5			7						
	10d < l ≤ 16d	μm	3			3			4			5						
Posición de tolerancia e	Holgura fundamental	μm	-	-48	-48	-50	-53	-56	-60	-60	-63	-67	-71	-71	-80	-85	-90	-95
	Espesor máximo admitido	μm	-	12	12	13	13	14	15	15	16	17	18	18	20	21	23	24
	Espesor nominal máximo prescribible	μm	-	10		12			15			20						
	4d < l ≤ 6d	μm	-	6		7			9			12						
	6d < l ≤ 10d	μm	-	4		5			7			9						
	10d < l ≤ 16d	μm	-	3		4			5			6						

5.5 REVESTIMIENTOS EN CALIENTE. GALVANIZACIÓN

5.5.1 Objeto y alcance.

Los revestimientos en caliente son procedimientos destinados principalmente a elementos roscados, pernos tornillos y tuercas, de rosca M 6 hasta M 36 inclusive y de paso grueso, de clases de calidad hasta 10.9 para pernos y tornillos, y clase de calidad 10 para tuercas.

El espesor mínimo de revestimiento se aplica también a otros elementos tales, como las arandelas.

5.5.2 Galvanización en caliente.

La galvanización en caliente es definida como una capa de Zinc de protección contra la corrosión, depositada sobre la superficie de los elementos de metal, por inmersión de los mismos en un baño de Zinc en estado de fusión.

Esta información sobre la galvanización en caliente se refiere a la norma DIN - 267 parte 10.

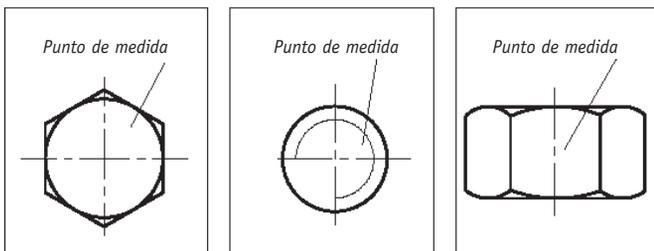
5.5.3 Sistema de designación.

Los elementos de fijación galvanizados en caliente son designados con t Zn; por ejemplo: pernos de alta resistencia HR DIN 6914 - M20 x 100 - t Zn.

5.5.4 Espesor, puntos y métodos de medición.

El espesor mínimo en el punto de medición será de 40 μm .

El punto de medida es un punto específico, representativo, de una manera significativa, de la resistencia funcional a la corrosión tal como se indica en los dibujos.



El espesor de revestimiento puede ser medido por:

- la determinación directa de acuerdo con DIN 50933.
- el método magnético de acuerdo con DIN 50981.

Para comparar el espesor con la masa de la unidad de superficie se puede utilizar 100 μm y 700gr/ m^2 .

Las tuercas son repasadas de rosca después de la galvanización en caliente.

El mecanizado de las roscas en pernos y tornillos, después de la galvanización, no está permitido.

5.5.5 Tolerancias de roscado.

Las tolerancias de roscado métrico ISO de acuerdo con DIN-13, y en pulgadas de acuerdo con ISO 5864 ANSI B1.1, para los elementos de fijación corrientes no son suficientes para depositar un revestimiento con el espesor mínimo especificado.

Para asegurar una unión sin interferencias de los filetes de las roscas, después de la galvanización en caliente, uno de los métodos siguientes puede ser seleccionado:

- Los pernos y los tornillos normales son galvanizados obteniendo un rosca "sobremedida". Estos pernos y tornillos deben ser combinados con tuercas que hayan sido roscadas con "sobremedida" alrededor de 0,3mm más grandes después de la galvanización. No están de acuerdo con la calidad media 6H/6g de la rosca usual. Estos pernos tornillos y tuercas deben ser

utilizados formando conjunto. Este método es el más utilizado, siendo recomendado.

- Los pernos y los tornillos son fabricados según una holgura de tolerancia "a" de acuerdo con DIN - 13 Parte15, antes de la galvanización.

Estos pernos y tornillos deben ser fabricados a "bajo medida".

Puesto que el perfil de la rosca no debe, en ningún caso, sobrepasar la línea de cero, esto significa que los pernos y los tornillos deben admitir el calibre de anillo PASA con la tolerancia "h" después de la galvanización. Los pernos y los tornillos galvanizados en caliente, de rosca métrica ISO, deben de combinarse con tuercas que han sido roscadas normalmente después de de la galvanización t admiten el calibre también PASA con una tolerancia "H" .

Este método está de acuerdo con la calidad media del roscado normal, y puede ser utilizado con tuercas o en agujeros roscados con la rosca métrica normal ISO.

5.5.6 Fragilización por hidrógeno.

La galvanización en caliente no produce fragilización por hidrógeno.

Las operaciones previas, como el decapado, deben ser realizadas de una manera profesional, ya que, un tratamiento hecho a la ligera podría causar fragilización por el hidrógeno.

5.5.7 Acabado.

Si para las uniones de alta resistencia se pide una mejor relación entre el par de apriete y la precarga, será necesario suministrar los pernos, tornillos y las tuercas con un lubricante adecuado, como por ejemplo el bisulfuro de molibdeno MoS₂ .

5.5.8 Color.

El color del revestimiento de Zinc puede variar de brillante a un gris dependiendo del tratamiento dado. Sin embargo, el color no es una indicación de la calidad de protección contra la corrosión y no puede ser usado como criterio de comprobación, aunque se debe de conseguir una apariencia lo mas blanca y brillante posible.

5.5.9 Capacidad de carga.

Generalmente se puede decir que las características mecánicas de los pernos y tornillos de acuerdo con DIN ISO 898/1y de las tuercas de acuerdo con ISO 898/2 o DIN 267 Parte 4 no son influenciadas por una galvanización en caliente. Sin embargo debido a una reducción de la sección de soporte del roscado de los bulones y tuercas, la capacidad de carga de la combinación perno / tuerca se ve reducida alrededor de un 5% para el diámetro más grande y aumenta gradualmente hasta un 20% para el diámetro más pequeño M6. Para valores específicos ver DIN 267 Parte 10.

A causa de las desviaciones fundamentales de las tolerancias, está permitido que la rosca del perno y el tornillo pueda ser arrancada a la mínima resistencia a la tracción.

5.5.10 Protección contra la corrosión.

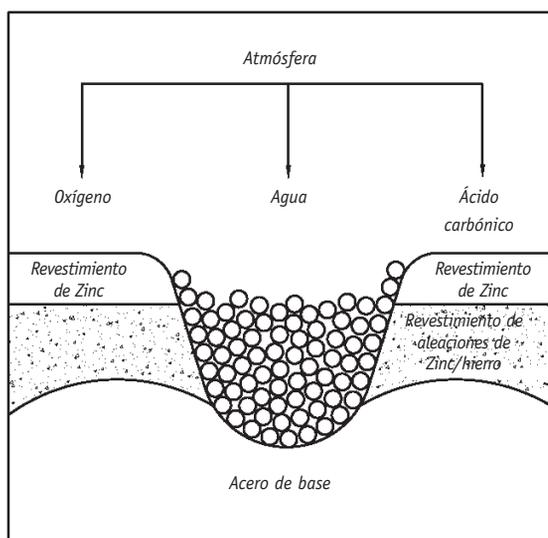
Debido a que el Zinc es un metal más noble que el hierro (acero), El Zinc se corroera el primero, protegiendo así el acero contra el óxido, hasta que todo el Zinc quede disuelto.

Además, en los puntos donde el revestimiento de Zinc tenga agujeros a una distancia de 1,5mm. a 2mm. o una superficie de 10mm². el acero queda protegido por un proceso electroquímico denominado protección catódica . El Zinc se sacrifica por el acero y el punto sin protecciones cubierto por las sales de Zinc creadas.

Un buen ejemplo de este fenómeno se presenta en la rosca de las tuercas galvanizadas en caliente, que son roscadas después de la galvanización. El revestimiento de la rosca del tornillo toma el relevo de la protección de la rosca, no completamente revestida, de la tuerca.

Otro aspecto importante de la protección catódica es la ausencia de óxido sobre el revestimiento, y la formación de éste solo se limita a las partes no recubiertas

5.5 REVESTIMIENTOS EN CALIENTE. GALVANIZACIÓN



5.5.10.1 Corrosión atmosférica.

Durante el ataque atmosférico se construye una capa de productos de corrosión "pátina de zinc", principalmente constituida por carbonato de zinc, casi insoluble y que ralentiza la corrosión aun más.

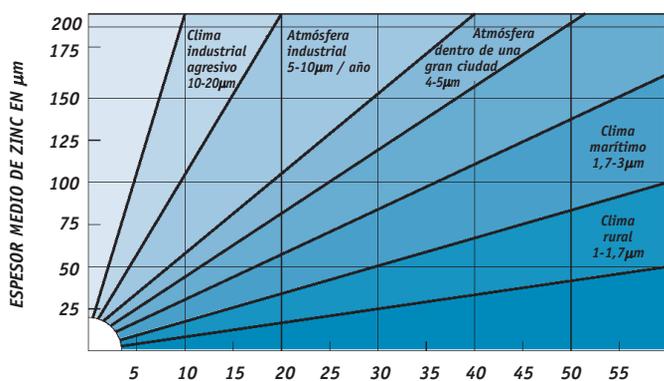
Si el acero galvanizado en caliente permanece húmedo mucho tiempo y si la circulación del aire es insuficiente, se puede desarrollar un óxido blanco y voluminoso llamado "óxido blanco", producto de la corrosión del zinc, siendo menos deseable por la estética y la pintura.

La formación del óxido blanco puede ser suprimida por un estocaje y embalaje de los productos de una manera adecuada o si es necesario por la pasivación por ácido de cromo o lubricación aceitosa.

El tiempo de duración de la protección es directamente proporcional al espesor del revestimiento y depende de las circunstancias climatológicas, como se muestra en el gráfico adjunto.

Generalmente la duración de la protección esta definida como el tiempo de exposición hasta que la superficie de acero no muestra un 5% de óxido.

Influencia del clima sobre la duración de la protección del acero galvanizado en caliente.



DURACIÓN DE PROTECCIÓN EN AÑOS HASTA APROXIMADAMENTE UN 5% DE ÓXIDO

5.5.10.2 Corrosión por contacto.

Este tipo de corrosión se presenta cuando dos materiales metálicos hacen contacto conductivo en presencia de un electrolito corrosivo. La razón es la diferencia de potencial electroquímico de los metales en cuestión: el metal menos noble se disuelve. Este proceso también depende de las superficies relativas en contacto de los metales.

La tabla adjunta muestra un resumen práctico de la validez de la combinación de elementos de fijación galvanizados en caliente, donde la superficie es más pequeña (segunda columna), y donde la superficie es más grande (tercera columna), respecto a la superficie del material antagonista.

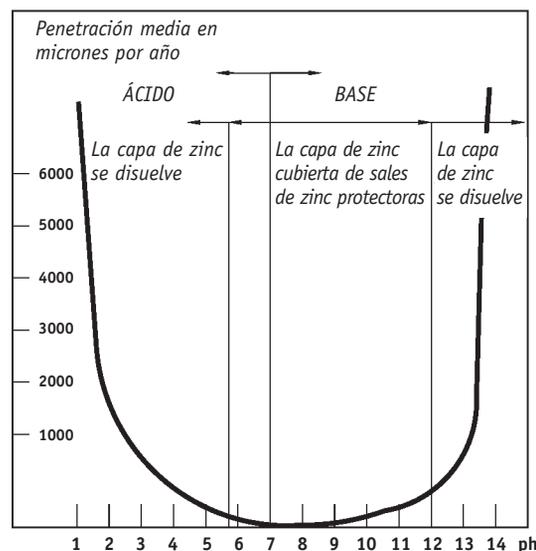
Por ejemplo: el montaje de tornillos galvanizados en caliente en una construcción muy ancha en acero inoxidable, no será un montaje seguro en el tiempo.

Acero galvanizado en caliente en contacto con	Validez de la combinación	
	superficie de zinc más pequeña que la superficie del metal en contacto	superficie de zinc más grande que la superficie del material en contacto
aleaciones de magnesio	buena	limitada
acero galvanizado en caliente	buena	buena
aleaciones de aluminio	limitada	buena
cadmio	mala	limitada
acero no aleado	limitada	limitada/mala*
acero colado	limitada	limitada/mala*
acero aleado	limitada	limitada/mala*
acero inoxidable	mala	buena
plomo	limitada	buena
estaño	limitada	buena
cobre	mala	mala
aleaciones de níquel	mala	buena

La velocidad de corrosión del acero no revestido en contacto con el zinc es pequeña. Sin embargo una pequeña cantidad de agua de óxido la acelerará rápidamente y causará las manchas de óxido, las cuales no son aceptables desde un punto de vista estético. Es por esto que esta combinación es rechazada casi siempre.

5.5.10.3 Corrosión química.

El zinc no es resistente a los ácidos concentrados ni a las bases concentradas (productos caústicos). De una manera general, el zinc no debe ser expuesto a soluciones con un valor de pH inferior a 6 y más alto que 12,5. La aplicación más favorable se sitúa entre pH 8 y pH 11.



5.5.10.4 Sistema Duplex.

El sistema Duplex es una combinación de galvanización en caliente y pintura. Este sistema puede ofrecer una buena solución contra una atmósfera muy agresiva, como por ejemplo: al lado del mar, o en un medio ácido, o donde un mantenimiento adecuado se hace más que imposible, o en el caso de desear un acabado con un color especial. La duración de la protección es de 1 ½ a 2 ½ veces más larga que la suma de los dos sistemas separados.

5.5 REVESTIMIENTOS EN CALIENTE. GALVANIZACIÓN

Resistencia del acero galvanizado en caliente contra los productos químicos

Productos químicos	Resistencia	Consideraciones
cemento mojado	buena	bajo ataque, muy bueno en condiciones secas
agua de yeso	bastante buena	no es resistente al tiempo
agua de bisulfito	poca	-
soluciones fosfóricas	buena	baja reacción neutra
extracciones acuosas de roble y haya	moderada-poca	bajo ataque permanente
amoníaco	poca	bajo ataque permanente
agua salada	buena	-
soluciones de cloruro de calcio	buena	-
soluciones de jabón	buena	-
detergentes en solución	poca-buena	depende de la composición
productos pesticidas	buena	salvo fenoles libres
esencias	buena	-
mazut	moderada	sobretudo en presencia de ácidos naftenos, de agua y/o de compuestos sulfurosos

Productos químicos	Resistencia	Consideraciones
benceno/tolueno/xileno	buena	sin agua
naftas solventes y pesadas	buena	sin agua
metanol y etanol	poca	bajo ataque permanente
glicerina	buena	sin agua
hidrocarburos clorados	buena	sin agua
éters/sales orgánicas	bastante buena-buena	sin agua sin reacción como ácido concentrado
sustitutos de fenoles	buena	sin agua
compuestos amino	buena	sin agua
glucosas líquidas	buena	-
sulfonatos	buena	-
soluciones de gomas-resina	buena	-
productos de cuero, bitumes	buena	sin ácido

5.6 OTROS REVESTIMIENTOS

DACROMET®

El DACROMET® es un revestimiento inorgánico compuesto de laminillas de zinc y de aluminio dentro de una matriz mineral a base de óxidos de cromo. Las prestaciones anticorrosión del DACROMET® son particularmente altas con bajo espesor (de 5 a 10 µm). El DACROMET® es la referencia tecnológica en el campo de piezas de fijación roscadas para el sector de automoción.

GEOMET®

El GEOMET es un revestimiento sin cromo, con base acuosa e inorgánica, fue desarrollado para responder a las exigencias reglamentarias más recientes como es el caso de la Directiva Europea 2000/53 sobre el reciclaje de los vehículos en fin de vida útil.

Igual que para el DACROMET®, las prestaciones anticorrosión y de lubricación del GEOMET® son particularmente altas.

Prestaciones de los diferentes tipos de revestimientos

	Color	Nº de capas	Espesor	Coefficiente de rozamiento	Ensayo niebla salina ISO 9227
DACROMET 500	Gris aluminio	2 / 3	Grado A de 5 a 7 µm. Grado B de 8 a 10 µm.	0,08 a 0,12	Grado A + de 600 horas sin óxido rojo. Grado B + de 1000 horas sin óxido rojo.
DACROMET 320	Gris aluminio	2 / 3	Grado A de 5 a 7 µm. Grado B de 8 a 10 µm.	0,12 a 0,18	Grado A + de 600 horas sin óxido rojo. Grado B + de 1000 horas sin óxido rojo.
DACROBLAC 15	Negro	1 + 1 + 1	12 µm.	0,08 a 0,14	+ de 1000 horas sin óxido rojo.
GEOBLACK	Negro	1 + 1	de 10 a 12 µm.	0,10 a 0,16	+ de 1000 horas sin óxido rojo. + de 1000 horas sin óxido rojo.
GEOMET D / 360	Gris aluminio	1	de 3 a 15 µm.		+ de 240 horas para un espesor de 8 mm.
GEOMET 500	Gris aluminio	2	Grado A de 5 a 8 µm. Grado B de 8 a 10 µm.	0,08 a 0,12 adición de PTFE.	Grado A + de 600 horas sin óxido rojo. Grado B + de 1000 horas sin óxido rojo.
GEOMET 321	Gris aluminio	2	Grado A de 5 a 8 µm. Grado B de 8 a 10 µm.		Grado A + de 600 horas sin óxido rojo. Grado B + de 1000 horas sin óxido rojo.

6. NORMAS BÁSICAS, INFORMACIÓN DE MONTAJE, DETALLES CONSTRUCTIVOS

6.1 Diámetros de agujeros, previos al roscado, de tornillos de rosca para chapa DIN 7970.

6.1.1 Normativas referentes al empleo	424
6.1.2 Posibilidades de aplicación	424
6.1.3 Normativas para los diámetros de los taladros (tablas)	424
6.1.4 Normativas para los agujeros pasantes	427

6.2 Diámetros de agujeros, previos al roscado, para tornillos autoroscantes Trilobulares.

6.2.1 Normativas referentes al empleo (tabla)	428
---	-----

6.3. Diámetros de taladros previos al roscado.

6.3.1 Observaciones generales	429
6.3.2 Para rosca métrica ISO, paso grueso	429
6.3.3 Para rosca métrica ISO, paso fino	429
6.3.4 Para rosca en pulgadas, paso grueso UNC	429
6.3.5 Para rosca en pulgadas, paso fino UNF	429

6.4. Dimensiones de agujeros pasantes para roscas.

6.4.1 Observaciones generales	430
6.4.2 Para rosca métrica ISO, paso grueso y fino	430
6.4.3 Para rosca en pulgadas ISO y Whitworth	431

6.5. Dimensiones de las nuevas entrecaras de cabezas hexagonales, de acuerdo con la norma ISO.

6.5.1 Nuevas entrecaras (tabla)	431
6.5.2 Comparativa entre normas DIN y normas ISO	431

6.1 DIÁMETROS DE AGUJEROS, PREVIOS AL ROSCADO, DE TORNILLOS DE ROSCA PARA CHAPA DIN7970

NORMA

DIN: 7975

ISO: -

NF: E 27-042

Norma de base. Diámetros de los agujeros previos al roscado par tornillos rosca chapa. Rosca según DIN-7970

6.1.1 Normativas referentes al empleo.

La característica esencial de la rosca, para los tornillos para chapa, es la capacidad de deformar la rosca interior, en el agujero previo practicado en la chapa, sin producir las típicas virutas de un roscado.

Estos valores de diámetros para los agujeros previos al roscado, estan calculados teóricamente y basados en ensayos prácticos, y solo son válidos para tornillos de rosca para chapa según DIN-7970 y para el empleo solo en materiales con una resistencia a la tracción según se indica en las tablas de las páginas siguientes.

Estos valores de diámetros no son aplicables a los plásticos. Para este tipo de aplicación se han desarrollado diferentes tipos de perfiles de rosca .

Así mismo, estos valores de diámetros no son válidos para el acero inoxidable. Para todos estos casos es imposible dar recomendaciones generales; se deberían realizar ensayos.

El coeficiente de rozamiento puede variar debido a los revestimientos de los tornillos, siendo necesario, en estos casos, un retoque de las dimensiones del agujero. El par de apriete depende, principalmente, del rozamiento debajo de la cabeza del tornillo.

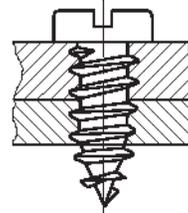
Los agujeros realizados en las chapas con espesores hasta los 2 mm. no son taladrados sino estampados. A causa del endurecimiento del material en el borde el agujero, los agujeros previos al roscado hechos por estampación deberán aumentarse entre 0,1 y 0, 3 mm. según el espesor de la chapa. El roscado del tornillo se realizará en el mismo sentido del estampado.

La tornillos de rosca para chapa con extremo puntiagudo, tipo C, son los más empleados, en particular para el roscado de varias chapas, en los que los agujeros se deben de centrar.

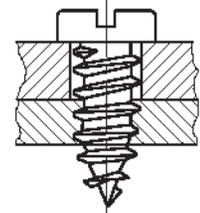
La tornillos de rosca para chapa con extremo plano, tipo B, se recomiendan en el caso en que los de acabado en punta puedan causar problemas.

6.1.2 Posibilidades de aplicación.

1. El espesor de la chapa es superior al paso de la rosca del tornillo.

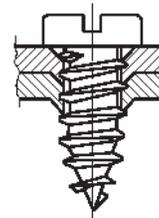


Las dos chapas están agujereadas con el diámetro d_b de agujero de roscado

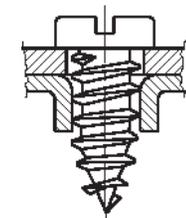


La chapa inferior está agujereada o estampada con el diámetro d_b de agujero de roscado. La chapa superior está agujereada con diámetro d_p de agujero pasante.

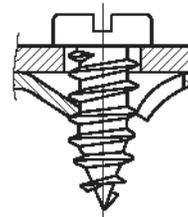
2. El espesor de la chapa es más delgado que el paso de la rosca del tornillo.



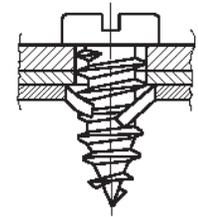
Agujero de roscado embutido



Agujero de roscado estirado



Agujero de roscado de compresión, necesidad de útil especial



Ensamblado con "Speed nuts" -tuercas rápidas- y agujeros pasantes

6.1.3 Normativas para los diámetros de los taladros (tablas).

Normativas para los diámetros de los agujeros previos al roscado d_b ¹⁾

Diámetros de los agujeros previos al roscado para roscas de tornillos ST 2,2

Espesor de la chapa s ²⁾	Resistencia a la tracción del material R_m N/mm ²								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
0,8	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
0,9	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7
1,0	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8
1,1	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8
1,2	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8
1,3	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8
1,4	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9
1,5	1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9
1,6	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9
1,7	1,7	1,7	1,7	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9
1,8	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	1,9	1,9

6.1 DIÁMETROS DE AGUJEROS, PREVIOS AL ROSCADO, DE TORNILLOS DE ROSCA PARA CHAPA DIN7970

Normativas para los diámetros de los agujeros previos al roscado $d_b^{1)}$

Diámetros de los agujeros previos al roscado para roscas de tornillos ST 2,9

Espesor de la chapa $s^{2)}$	Resistencia a la tracción del material R_m N/mm ²								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
1,1	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3
1,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3
1,3	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3
1,4	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4
1,5	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4
1,6	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4
1,7	2,2	2,2	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4	2,4	2,4
1,8	2,2	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5
1,9	2,2	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4	2,4	2,5	2,5
2,0	2,2	2,2	2,3	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5
2,2	2,2	2,2	2,3	2,4	2,4	2,5	2,5	2,5	2,5

Diámetros de los agujeros previos al roscado para roscas de tornillos ST 3,5

Espesor de la chapa $s^{2)}$	Resistencia a la tracción del material R_m N/mm ²								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
1,3	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	2,8
1,4	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8
1,5	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9
1,6	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9
1,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9
1,8	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	2,9	2,9
1,9	2,7	2,7	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0
2,0	2,7	2,7	2,7	2,8	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0
2,2	2,7	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	3,0	3,0	3,0
2,5	2,7	2,7	2,9	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1
2,8	2,7	2,8	2,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,1

Diámetros de los agujeros previos al roscado para roscas de tornillos ST 3,9

Espesor de la chapa $s^{2)}$	Resistencia a la tracción del material R_m N/mm ²								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
1,3	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	3,0	3,0	3,1
1,4	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	3,0	3,1	3,1
1,5	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2
1,6	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2
1,7	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,1	3,2	3,2	3,3
1,8	3,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3
1,9	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3
2,0	3,0	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3
2,2	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2	3,3	3,3	3,3	3,4
2,5	3,0	3,0	3,2	3,3	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4
2,8	3,0	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
3,0	3,0	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4	3,5

6.1 DIÁMETROS DE AGUJEROS, PREVIOS AL ROSCADO, DE TORNILLOS DE ROSCA PARA CHAPA DIN7970

Normativas para los diámetros de los agujeros previos al roscado $d_b^{1)}$

Diámetros de los agujeros previos al roscado para roscas de tornillos ST 4,2

Espesor de la chapa $s^{2)}$	Resistencia a la tracción del material R_m N/mm ²								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
1,4	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,1	3,2	3,3	3,4
1,5	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,4
1,6	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,4	3,4
1,7	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4
1,8	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,3	3,4	3,4	3,5
1,9	3,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,4	3,4	3,4	3,5
2,0	3,2	3,2	3,2	3,3	3,4	3,4	3,5	3,5	3,5
2,2	3,2	3,2	3,2	3,3	3,4	3,5	3,5	3,5	3,6
2,5	3,2	3,2	3,4	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6
2,8	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
3,0	3,2	3,4	3,5	3,5	3,6	3,6	3,6	3,6	3,7
3,5	3,3	3,5	3,6	3,6	3,6	3,7	3,7	3,7	3,7

Diámetros de los agujeros previos al roscado para roscas de tornillos ST 4,8

Espesor de la chapa $s^{2)}$	Resistencia a la tracción del material R_m N/mm ²								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
1,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,7	3,8	3,9	3,9
1,7	3,6	3,6	3,6	3,6	3,7	3,8	3,9	3,9	4,0
1,8	3,6	3,6	3,6	3,6	3,8	3,8	3,9	4,0	4,0
1,9	3,6	3,6	3,6	3,7	3,8	3,9	3,9	4,0	4,0
2,0	3,6	3,6	3,6	3,8	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1
2,2	3,6	3,6	3,7	3,9	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1
2,5	3,6	3,7	3,9	4,0	4,0	4,1	4,1	4,1	4,2
2,8	3,6	3,8	4,0	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,2
3,0	3,7	3,9	4,0	4,1	4,1	4,2	4,2	4,2	4,2
3,5	3,8	4,0	4,1	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2	4,3
4,0	4,0	4,1	4,2	4,2	4,2	4,2	4,3	4,3	4,3

Diámetros de los agujeros previos al roscado para roscas de tornillos ST 5,5

Espesor de la chapa $s^{2)}$	Resistencia a la tracción del material R_m N/mm ²								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
1,8	4,2	4,2	4,2	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,6
1,9	4,2	4,2	4,2	4,2	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7
2,0	4,2	4,2	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,6	4,7
2,2	4,2	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6	4,7	4,7	4,8
2,5	4,2	4,2	4,4	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,8
2,8	4,2	4,4	4,6	4,7	4,7	4,8	4,8	4,8	4,9
3,0	4,2	4,5	4,6	4,7	4,8	4,8	4,8	4,9	4,9
3,5	4,4	4,6	4,7	4,8	4,8	4,9	4,9	4,9	4,9
4,0	4,6	4,7	4,8	4,9	4,9	4,9	4,9	5,0	5,0
4,5	4,7	4,8	4,9	4,9	4,9	4,9	5,0	5,0	5,0

6.1 DIÁMETROS DE AGUJEROS, PREVIOS AL ROSCADO, DE TORNILLOS DE ROSCA PARA CHAPA DIN7970

Normativas para los diámetros de los agujeros previos al roscado d_b ¹⁾

Diámetros de los agujeros previos al roscado para roscas de tornillos ST 6,3

Espesor de la chapa s ²⁾	Resistencia a la tracción del material R_m N/mm ²								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
1,8	4,9	4,9	4,9	4,9	5,0	5,2	5,3	5,3	5,4
1,9	4,9	4,9	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3	5,4	5,4
2,0	4,9	4,9	4,9	5,1	5,2	5,3	5,4	5,4	5,5
2,2	4,9	4,9	5,0	5,2	5,3	5,4	5,5	5,5	5,6
2,5	4,9	5,0	5,2	5,4	5,4	5,5	5,6	5,6	5,6
2,8	4,9	5,2	5,3	5,5	5,5	5,6	5,6	5,7	5,7
3,0	4,9	5,3	5,4	5,5	5,6	5,6	5,7	5,7	5,7
3,5	5,2	5,4	5,5	5,6	5,7	5,7	5,7	5,7	5,8
4,0	5,3	5,5	5,6	5,7	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8
4,5	5,5	5,6	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8
5,0	5,5	5,7	5,7	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8	5,8

Diámetros de los agujeros previos al roscado para roscas de tornillos ST 8

Espesor de la chapa s ²⁾	Resistencia a la tracción del material R_m N/mm ²								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
2,1	6,3	6,3	6,3	6,3	6,5	6,6	6,7	6,8	6,9
2,2	6,3	6,3	6,3	6,5	6,6	6,8	6,8	6,9	7,0
2,5	6,3	6,3	6,5	6,7	6,8	6,9	7,0	7,0	7,1
2,8	6,3	6,4	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,1	7,2
3,0	6,3	6,5	6,8	6,9	7,0	7,1	7,1	7,2	7,2
3,5	6,4	6,8	7,0	7,1	7,1	7,2	7,2	7,3	7,3
4,0	6,7	6,9	7,1	7,2	7,2	7,3	7,3	7,3	7,3
4,5	6,8	7,1	7,2	7,2	7,3	7,3	7,3	7,3	7,4
5,0	7,0	7,1	7,2	7,3	7,3	7,3	7,4	7,4	7,4
5,5	7,1	7,2	7,3	7,3	7,3	7,4	7,4	7,4	7,4
6,0	7,1	7,2	7,3	7,3	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
6,5	7,2	7,3	7,3	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4

¹⁾ Estas dimensiones de los agujeros previos al roscado solo son válidas para el ensamblado de simple con tornillos de rosca para chapa, en la que la chapa superior tenga un agujero pasante y la chapa inferior un agujero preparado para tornillo de rosca chapa no revestido.

²⁾ El espesor mínimo de la capa deberá ser igual al paso del tornillo a fin de asegurar un par de apriete lo suficientemente alto. Con el espesor máximo de chapa, los pares de apriete no deberán sobrepasar el 50% del par de rotura mínimo del tornillo, de acuerdo con DIN-267 parte 12. Este límite máximo viene a ser un 0,8 del diámetro nominal del tornillo. Ejemplo: un ST 4,2 puede ser roscado en un espesor máximo de $0,8 \times 4,2 = 3,5$ mm.

6.1.4 Normativas para los agujeros pasantes.

El diámetro mínimo de los agujeros pasantes puede ser calculado según:

$$d_0 = d_1 + \frac{1}{3} (d_1 - d_b) \text{ mm}$$

en la que:

$$\begin{aligned} d_0 &= \text{diámetro del agujero de paso} \\ d_1 &= \text{diámetro nominal de la rosca del tornillo} \\ d_b &= \text{diámetro del agujero previo} \end{aligned}$$

Ejemplo: el diámetro mínimo del agujero pasante para un tornillo de rosca para chapa ST8, espesor de chapa de 4 mm. y una resistencia a la tracción del material de 350N/mm² es de $d_0 = 8 + \frac{1}{3} (8 - 7,3) = 8,23$ mm.

6.3 DIÁMETROS DE TALADROS, PREVIOS AL ROSCADO

NORMA

DIN: -

ISO: 2306

NF: -

Norma base. Diámetros de los agujeros previos al roscado.

6.3.1 Observaciones generales.

Estas dimensiones solo son a título indicativo para hacer los taladros previos al roscado. Su ejecución puede ser hecha por taladrado o por otro procedimiento.

Los límites de las dimensiones de roscado no deben sobrepasarse. En función del material, de los útiles y del método de fabricación, dichos valores podrían variar y sería conveniente realizar algún ensayo.

La siguiente fórmula es, generalmente viable, para roscado métrico y en pulgadas (ISO): Dimensión del agujero = dimensión nominal de la rosca menos el paso, redondear si procede.

6.3.2 Rosca métrica (ISO), paso grueso M.

Diámetro nominal	Diámetro del agujero	Diámetro nominal	Diámetro del agujero	Diámetro nominal	Diámetro del agujero
M1	0,75	M2,2	1,75	M 6	5
M1,1	0,85	M2,5	2,05	M 7	6
M1,2	0,95	M3	2,5	M 8	6,8
M1,4	1,1	M3,5	2,9	M 9	7,8
M1,6	1,25	M4	3,3	M10	8,5
M1,8	1,45	M4,5	3,7	M11	9,5
M2	1,6	M5	4,2	M12	10,2

Diámetro nominal	Diámetro del agujero	Diámetro nominal	Diámetro del agujero	Diámetro nominal	Diámetro del agujero
M14	12	M30	26,5	M52	47
M16	14	M33	29,5	M56	50,5
M18	15,5	M36	32	M60	54,5
M20	17,5	M39	35	M64	58
M22	19,5	M42	37,5	M68	62
M24	21	M45	40,5		
M27	24	M48	43		

6.3.3 Rosca métrica (ISO), paso fino MF.

Diámetro nominal x paso	Diámetro del agujero	Diámetro nominal x paso	Diámetro del agujero	Diámetro nominal x paso	Diámetro del agujero
M3 x 0,35	2,65	M 5 x 0,5	4,5	M10 x 1,25	8,8
M3,5 x 0,35	3,15	M 6 x 0,75	5,2	M12 x 1	11
M4 x 0,5	3,5	M 8 x 1	7	M12 x 1,25	10,8
M4,5 x 0,5	4	M10 x 1	9	M12 x 1,5	10,5

Diámetro nominal x paso	Diámetro del agujero	Diámetro nominal x paso	Diámetro del agujero	Diámetro nominal x paso	Diámetro del agujero
M14 x 1,5	12,5	M20 x 1,5	18,5	M24 x 1,5	22,5
M16 x 1,5	14,5	M20 x 2	18	M24 x 2	22
M18 x 1,5	16,5	M22 x 1,5	20,5	M27 x 1,5	25,5
M18 x 2	16	M22 x 2	20	M27 x 2	25

6.3.4 Rosca en pulgadas (ISO), paso grueso UNC.

Diámetro nominal x número de hilos por pulgada	Diámetro del agujero	Diámetro nominal x número de hilos por pulgada	Diámetro del agujero	Diámetro nominal x número de hilos por pulgada	Diámetro del agujero
1/4 x 20	5,1	7/16 x 14	9,4	5/8 x 11	13,5
5/16 x 18	6,6	1/2 x 13	10,8	3/4 x 10	16,5
3/8 x 16	8	9/16 x 12	12,2	7/8 x 9	19,5

Diámetro nominal x número de hilos por pulgada	Diámetro del agujero	Diámetro nominal x número de hilos por pulgada	Diámetro del agujero	Diámetro nominal x número de hilos por pulgada	Diámetro del agujero
1 x 8	22,25	1 3/8 x 6	30,75	2 x 4 1/2	45
1 1/8 x 7	25	1 1/2 x 6	34	2 1/4 x 4 1/2	51,5
1 1/4 x 7	28	1 3/4 x 5	39,5	2 1/2 x 4	57

6.3.5 Rosca en pulgadas (ISO), paso fino UNF.

Diámetro nominal x número de hilos por pulgada	Diámetro del agujero	Diámetro nominal x número de hilos por pulgada	Diámetro del agujero	Diámetro nominal x número de hilos por pulgada	Diámetro del agujero
1/4 x 28	5,5	7/16 x 20	9,9	5/8 x 18	14,5
5/16 x 24	6,9	1/2 x 20	11,5	3/4 x 16	17,5
3/8 x 24	8,5	9/16 x 18	12,9	7/8 x 14	20,4

Diámetro nominal x número de hilos por pulgada	Diámetro del agujero	Diámetro nominal x número de hilos por pulgada	Diámetro del agujero
1 x 12	23,25	1 3/8 x 12	32,75
1 1/8 x 12	26,5	1 1/2 x 12	36
1 1/4 x 12	29,5		

6.4 DIMENSIONES DE AGUJEROS PASANTES PARA ROSCA

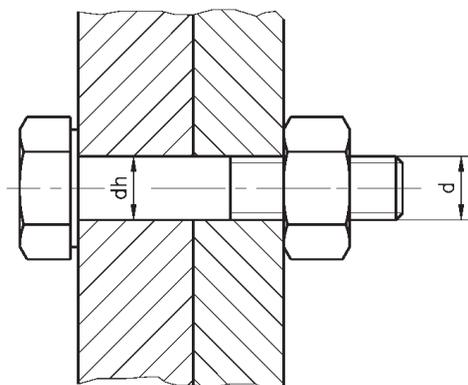
NORMA

DIN: 273

ISO: 273

NF: E 25 - 017

Norma de base. Agujeros pasantes para pernos y tornillos



Las siguientes tolerancias son recomendadas para los agujeros:

Serie fina: H12
 Serie media: H13
 Serie basta: H14

} de acuerdo con el sistema ISO de tolerancias

En el caso de que sea necesario evitar una interferencia entre el borde del agujero y la caña del tornillo, justo debajo de la cabeza, se practicará un chaflán al tornillo.

6.4.2 Para rosca métrica ISO, paso grueso y fino.

Agujeros pasantes para rosca métrica. Dimensiones en mm.

Diámetro de rosca d	Agujero pasante d_h		
	Serie		
	Fina	Media	Basta
1	1,1	1,2	1,3
1,2	1,3	1,4	1,5
1,4	1,5	1,6	1,8
1,6	1,7	1,8	2
1,8	2	2,1	2,2
2	2,2	2,4	2,6
2,5	2,7	2,9	3,1
3	3,2	3,4	3,6

Agujeros pasantes para rosca métrica. Dimensiones en mm.

Diámetro de rosca d	Agujero pasante d_h		
	Serie		
	Fina	Media	Basta
3,5	3,7	3,9	4,2
4	4,3	4,5	4,8
4,5	4,8	5	5,3
5	5,3	5,5	5,8
6	6,4	6,6	7
7	7,4	7,6	8
8	8,4	9	10
10	10,5	11	12
12	13	13,5	14,5
14	15	15,5	16,5
16	17	17,5	18,5
18	19	20	21
20	21	22	24
22	23	24	26
24	25	26	28
27	28	30	32
30	31	33	35
33	34	36	38
36	37	39	42
39	40	42	45
42	43	45	48
45	46	48	52
48	50	52	56
52	54	56	62
56	58	62	66
60	62	66	70
64	66	70	74
68	70	74	78
72	74	78	82
76	78	82	86
80	82	86	91
85	87	91	96
90	93	96	101
95	98	101	107
100	104	107	112
105	109	112	117
110	114	117	122
115	119	122	127
120	124	127	132
125	129	132	137
130	134	137	144
140	144	147	155
150	155	158	165

6.4 DIMENSIONES DE AGUJEROS PASANTES PARA ROSCA

6.4.3 Para rosca en pulgadas ISO y Whitworth.

Agujeros pasantes para rosca en pulgadas ISO y Whitworth Dimensiones en mm, salvo si datos en pulgadas.

Diámetro de rosca d	Agujero pasante d _h		
	Serie		
	Fina	Media	Basta
1/8	3,4	3,6	3,8
5/32	4,3	4,5	4,8
3/16	5,1	5,3	5,6
1/4	6,7	7	7,4
5/16	8,3	8,8	9,5
3/8	10	10,5	11,5
7/16	12	13	14
1/2	13,5	15	16
9/16	15	16	17
5/8	17	18	19
3/4	20	22	23
7/8	23	25	26
1	27	28	30
1 ¹ / ₈	30	32	34
1 ¹ / ₄	33	35	37
1 ³ / ₈	36	38	40

Agujeros pasantes para rosca en pulgadas ISO y Whitworth Dimensiones en mm, salvo si datos en pulgadas.

Diámetro de rosca d	Agujero pasante d _h		
	Serie		
	Fina	Media	Basta
1 ¹ / ₂	39	41	44
1 ³ / ₄	46	48	52
2	53	55	
2 ¹ / ₄	60	62	67
2 ¹ / ₂	66	69	74
2 ³ / ₄	72	76	80
3	78	82	
3 ¹ / ₄	85	88	95
3 ¹ / ₂	92	95	103
3 ³ / ₄	98	101	110
4	105	108	115
4 ¹ / ₂	118	121	128
5	130	133	141
5 ¹ / ₂	144	147	155
6	157	160	168

6.5 DIMENSIONES DE LAS NUEVAS ENTRECARAS DE CABEZAS HEXAG. DE ACUERDO CON LA NORMA ISO

NORMA

DIN: 272

ISO: 272

NF: E 25 - 016

Norma base. Dimensiones de las nuevas entrecaras según ISO.

Entrecaras

Las entrecaras de algunos tornillos pernos y tuercas hexagonales serán modificadas en delante de acuerdo con la norma ISO.

Dicha modificación se hará de forma progresiva y solo afectará a las medidas M-10, M-12, M-14, y M-22.

6.5.1 Nuevas entrecaras (tabla).

Comparación de las entrecaras antiguas y nuevas

Diámetro nominal		M10	M12	M14	M22
Entrecaras actuales (antiguas)	mm.	17	19	22	32
Entrecaras nuevas de acuerdo con DIN ISO 272	mm.	16	18	21	34

6.5.2 Comparativa entre normas DIN y normas ISO.

Comparación entre normas DIN y normas ISO (DIN ISO)

	DIN	ISO y IN/ISO
Pernos y tornillos hexagonales	931 Parte 1	4014
	601	4016
	933	4017
	558	4018
Tuercas hexagonales de paso grueso	934	4032
	555	4034
	439B	4035
Tuercas hexagonales de paso fino	934	8673
	439B	8675

7. CONTROLES Y CERTIFICADOS

7.1 Objeto y dominio.

7.1.1 Normativa y división principal	434
7.1.2 Documentos de control de los ensayos realizados por el productor	434
7.1.3 Documentos de control de los ensayos realizados por expertos ajenos o independientes de los departamentos de producción del proveedor	434
7.1.4 Documentos de control a suministrar por un transformador o un intermediario	434
7.1.5 Validación de los documentos de control	434
7.1.6 Nomenclatura en diferentes lenguas de los documentos de control	435
7.1.7 Cuadro resumen de los documentos de inspección	435

7.1 OBJETO Y DOMINIO

7.1.1 Normativa, y división principal.

La norma europea EN 10204/2004 da un resumen y una descripción de los tipos de documentos que pueden ser exigidos en el pedido de productos metálicos y no metálicos.

División principal.

Todos los documentos de control pueden ser divididos en dos grupos principales, dependiendo del método de control.

Basado sobre un control no específico.

Este control es efectuado por el productor siguiendo las modalidades que a él le son propias, a fin de examinar si los productos resultantes del mismo proceso de producción responden correctamente a las especificaciones del pedido. Los productos controlados no tienen que ser necesariamente del mismo lote suministrado.

Basado sobre un control específico.

Este control es efectuado antes de la entrega y siguiendo las especificaciones técnicas del pedido sobre los productos a entregar o sobre las unidades de recepción de productos a entregar, con el fin de verificar si estos productos corresponden correctamente a las especificaciones de pedido.

7.1.2 Certificados de control en base a controles no específicos.

Documentos de control establecidos sobre base de controles de ensayos realizados por el personal autorizado por el productor y pudiendo ser implicado en los servicios de fabricación.

Certificado de conformidad al pedido "2.1".

Documento por el cual el productor certifica que los productos entregados son conformes a las especificaciones del pedido, sin mencionar los resultados de los ensayos.

El certificado de control al pedido "2.1" es un documento establecido sobre base de controles no específicos.

Certificado de control "2.2".

Documento por el cual el productor certifica que los productos entregados son conformes a las especificaciones del pedido y en el cual provee los resultados de los ensayos basados sobre controles no específicos.

7.1.3 Certificado en base a controles específicos.

Documentos de control establecidos sobre base de controles de ensayos realizados o supervisados por personal autorizado jerárquicamente independiente de los servicios de fabricación y basados sobre controles específicos.

Certificado de recepción "3.1".

Certificado emitido por el fabricante en el cual confirma que los productos suministrados cumplen con las exigencias fijadas en el pedido con indicación de los resultados del control.

La unidad del control y la realización del control están fijadas en la especificación del producto, el reglamento oficial y en las reglas técnicas y/o en el pedido.

El certificado es conformado por un encargado de recepción del fabricante independiente del departamento de fabricación.

Un fabricante puede incluir los resultados de control en el certificado 3.1 que se han obtenido en base de controles específicos de la materia prima o componentes empleados por el, con la condición de aplicar procesos para asegurar la trazabilidad presentando los correspondientes certificados de control.

Certificado de recepción "3.2".

Certificado en el cual se confirma por un encargado de recepción del fabricante, independiente del departamento de fabricación así como también por un encargado del cliente, o por el encargado mencionado en el reglamento oficial, que los productos suministrados cumplen con las exigencias fijadas en el pedido con indicación de los resultados de control.

Un fabricante puede incluir los resultados de control en el certificado 3.2 que se han obtenido en base de controles específicos de la materia prima o bien de componentes empleados por el, con la condición de aplicar procesos para asegurar la trazabilidad presentando los correspondientes certificados de control.

7.1.4 Documentos de control a suministrar por un transformador o un intermediario.

El intermediario solamente puede entregar originales o copias de los certificados de control facilitados por el fabricante sin ninguna modificación. Este certificado debe de ir acompañado por un medio adecuado de identificación del producto, para asegurar una clara relación entre el producto y el certificado.

Son admisibles las copias del certificado original siempre y cuando

- puedan aplicarse procesos para asegurar la trazabilidad,
- el certificado original esté disponible a petición

Al emitir copias es admisible sustituir la indicación de la cantidad de suministro original por la cantidad parcial suministrada.

7.1.5 Validación de los documentos de control.

Los certificados deben ser confirmados por la persona o personas responsables (nombre y cargo).

La conservación y entrega de certificado puede efectuarse en formato electrónico, o en forma de papel.

7.1 OBJETO Y DOMINIO

7.1.6 Nomenclatura en diferentes lenguas de los documentos de control.

Español	Inglés	Francés	Alemán
Testificación de conformidad (con el pedido)	Certificate of compliance with the order	Attestation de conformité à la commande	Werkbescheinigung
Testificación de inspección	Test report	Relevé de controle	Werkzeugnis
Testificación de inspección específica	Specific test report	Relevé de controle spécifique	Werkprüfzeugnis
Certificado de inspección	Inspection certificate	Certificat de réception	Abnahmeprüfzeugnis
Acta de inspección	Inspection report	Procès-verbal de réception	Abnahmeprüfprotokoll

7.1.7 Cuadro resumen de los documentos de inspección.

Designación convencional normalizada	Documento	Tipo de inspección	Contenido del documento	Contenido del suministro	Documento validado por
2.1	Certificado de conformidad con el pedido	No específica	No se recogen los resultados de los ensayos	De acuerdo con las especificaciones del pedido y, si procede, con los reglamentos oficiales y con las reglas técnicas que sean aplicables	El fabricante
2.2	Certificado de inspección	No específica	Se incluyen los resultados de ensayos realizados sobre la base de una inspección no específica		
3.1	Certificado de recepción 3.1	Específica	Se incluyen los resultados de ensayos realizados sobre la base de una inspección específica	De acuerdo con los reglamentos oficiales o con las reglas técnicas aplicables	Responsables del control del fabricante, independientes del departamento de fabricación
3.2.	Certificado 3.2			De acuerdo con las especificaciones del pedido	El responsable del control del fabricante, independiente del departamento de fabricación, un representante asignado por el cliente o el responsable indicado en el reglamento oficial

8. TABLAS

8.1 Tablas de compatibilidad con diferentes medios.

Tablas	438
--------------	-----

8.1 TABLAS DE COMPATIBILIDAD CON DIFERENTES MEDIOS

PRODUCTOS	METALES									PLÁSTICOS									ELASTÓMEROS				CERÁMICA			
	ALUMINIO	BRONCE FUNDIDO	CERAMAGNET "A"	HASTELOY C	HIERRO FUNDIDO	INOXIDABLE (304)	INOXIDABLE (316)	INOXIDABLE (440)	TITANIO	TYGON (E-3603)	CYCOLAC (ABS)	EPOXY	NORYL	NYLON	POLIACETAL	POLIETILENO	POLIPROPILENO	PVC (Tipo 1)	RYTON 93°C	PTFE	BUNA N	FPM VITON®	GOMA (Nat.)	NEOPRENO	CERÁMICA	SELLO CERÁMICO DE CARBONO
Aceite de Anilina	C	A	-	D	A	A	A	-	A	-	D	A	D	C	D	-	A	D	-	A	D	A	D	D	A	A
Aceite de Anís	-	-	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	D	A	A
Aceite de Cacahuete ³	A	A	-	-	A	A	A	-	-	-	-	A	-	-	A	-	D	A	-	-	A	A	D	D	A	A
Aceite de Canela	-	-	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	D	A	A
Aceite de Castor	A	A	A	-	A	A	A	-	-	-	-	A	-	-	A	-	-	A	-	-	A	A	A	A	A	A
Aceite de Cítrico	-	D	-	-	D	A	A	-	-	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	-	A	A	-	D	A	A
Aceite de Clavo	-	-	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	-	A	A	-	B	-	-	-	A	-	-	-	A	A
Aceite de Coco	B	A	-	-	A	A	A	-	-	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	-	A	A	D	A	A	A
Aceite de Colza	-	A	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	-	-	A	-	-	A	-	-	B	A	D	D	A	A
Aceite de Combustible (1, 2, 3, 5A, 5B, 6)	A	A	-	A	-	A	A	-	A	-	-	A	D	-	A	-	B	A	-	A	B	A	D	D	A	A
Aceite de Combustible Diesel (2D, 3D, 4D, 5D)	A	A	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	D	A	A	-	A	-	A	-	A	A	D	D	A	A
Aceite de Creosota ²	A	-	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	-	-	D	-	D	-	-	-	A	A	D	B	A	A
Aceite de Curtido	-	-	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	-	-	A	-	-	-	-	-	A	A	-	D	A	A
Aceite de Esperma	-	A	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	-	-	A	-	-	A	-	-	A	A	-	D	A	A
Aceite de Hidráulico (ver Hidráulico)																										
Aceite de Hígado de Bacalao	B	-	-	-	-	A	A	-	-	-	C	A	-	A	A	-	A	-	-	-	A	A	D	B	A	A
Aceite de Hueso	-	A	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	-	-	A	-	-	-	-	-	A	A	-	D	A	A
Aceite de Jengibre	-	-	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	-	-	A	-	-	-	-	-	A	A	-	A	A	A
Aceite de Laurel	-	-	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	-	-	A	-	-	-	-	-	-	A	-	D	A	A
Aceite de Limón	-	-	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	-	-	A	-	D	-	-	-	-	A	-	D	A	A
Aceite de Linaza	A	A	A	-	A	A	A	A	-	B	C	A	-	A	A	-	A	A	-	-	A	A	D	D	A	A
Aceite de Maíz	B	B	-	-	A	A	A	A	-	-	C	A	-	A	A	-	A	-	-	-	A	A	D	D	A	A
Aceite de Menta ²	-	A	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	-	-	A	-	D	-	-	-	D	A	-	D	A	A
Aceite de Mineral	A	A	A	-	A	A	A	A	-	-	-	A	B	A	A	-	B	A	A	-	A	A	D	B	A	A
Aceite de Naranja	-	-	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	-	A	A	-	D	A	A
Aceite de Oliva	A	B	-	-	-	A	A	A	-	-	-	A	-	A	A	-	A	A	-	-	A	A	D	B	A	A
Aceite de Palma	A	B	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	-	A	A	-	-	A	-	-	A	A	-	D	A	A
Aceite de Pino	A	D	-	-	C	A	A	-	-	-	-	A	-	-	A	-	-	A	-	-	A	A	D	D	A	A
Aceite de Semilla de Algodón	B	B	-	-	A	A	A	A	-	-	C	A	-	A	A	-	A	A	A	-	A	A	D	D	A	A
Aceite de Semilla de Sésamo	A	A	-	-	A	A	A	-	-	-	-	A	-	-	A	-	-	A	-	-	A	A	-	D	A	A
Aceite de Silicona	-	A	A	-	A	A	A	-	-	-	-	A	A	A	A	-	A	-	-	-	A	A	A	A	A	A
Aceite de Soja	A	B	-	-	-	A	A	A	-	-	-	A	-	A	A	-	A	A	-	-	A	A	D	D	A	A
Aceite de Trementina	A	-	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	-	A	A	-	-	A	A
Aceite de Turbina	A	A	-	-	-	A	A	A	-	-	C	A	-	-	A	-	-	A	-	-	A	A	D	D	A	A
Aceites Cítricos	C	B	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	A	-	B	-	A	-	-	-	A	A	-	D	A	A
Aceites Combustibles	A	B	-	A	-	A	A	-	A	-	-	A	A	A	A	D	B	A	A	A	A	A	D	B	A	A
Aceites Hidráulicos (Petróleo) ¹	A	B	-	-	A	A	A	-	-	-	-	A	-	A	A	-	D	-	-	-	A	A	D	B	A	A
Aceites Hidráulicos (Sintéticos) ¹	A	A	-	-	A	A	A	-	-	-	-	A	-	A	A	-	D	-	-	-	C	A	-	-	A	A
Acetaldehído ⁵	B	D	-	A	-	A	A	-	A	D	D	A	-	A	A	C	B	D	A	A	B	A	C	D	A	A
Acetamida	-	-	-	-	-	B	A	-	-	-	-	A	-	-	B	-	-	-	-	-	A	A	D	A	A	-
Acetato de Amilo	B	C	-	A	-	A	A	-	A	D	-	A	D	B	A	D	D	D	A	A	D	D	D	D	A	A
Acetato de Butilo ¹	A	A	-	A	-	-	C	-	-	D	-	A	D	-	A	C	D	D	A	A	B	D	D	D	A	A
Acetato de Etilo ²	B	B	-	B	-	A	A	-	-	D	D	A	D	A	A	C	C	D	A	A	D	D	D	D	A	A
Acetato de Metilo	A	A	-	A	-	-	A	-	-	-	D	-	-	-	A	-	-	-	-	-	D	D	D	B	A	A
Acetato de Plomo	D	C	-	A	-	A	A	-	A	B	-	A	A	A	A	B	A	A	-	A	B	D	A	D	A	A
Acetato Isopropílico	C	-	-	-	-	-	B	-	-	-	-	A	-	-	A	-	-	-	-	-	D	D	D	D	A	A
Acetato Sódico	B	B	-	B	-	A	A	A	A	-	-	A	A	A	B	B	A	A	-	A	D	D	A	C	A	A
Acetato Solv. ²	B	A	-	-	-	B	A	B	-	D	-	A	-	A	-	B	D	B	-	-	D	-	-	D	A	A
Acetileno ²	A	B	-	-	-	A	A	A	-	-	-	A	-	A	A	-	D	B	A	-	A	A	C	B	A	A
Acetona ⁶	A	A	A	A	-	A	A	B	A	D	D	B	D	A	B	C	B	D	A	A	D	D	D	C	A	A

8.1 TABLAS DE COMPATIBILIDAD CON DIFERENTES MEDIOS

PRODUCTOS	METALES										PLÁSTICOS										ELASTÓMEROS				CERÁMICA	
	ALUMINIO	BRONCE FUNDIDO	CERAMAGNET "A"	HASTELOY C	HIERRO FUNDIDO	INOXIDABLE (304)	INOXIDABLE (316)	INOXIDABLE (440)	TITANIO	TYGON (E-3603)	CYCOLAC (ABS)	EPOXY	NORYL	NYLON	POLIACETAL	POLIETILENO	POLIPROPILENO	PVC (Tipo 1)	RYTON 93°C	PTFE	BUNA N	FPM VITON®	GOMA (Nat.)	NEOPRENO	CERÁMICA	SELLO CERÁMICO DE CARBONO
Acetonas	B	A	-	A	-	A	A	-	A	D	-	C	D	A	B	D	D	A	A	A	D	D	C	D	A	C
Ácido Acético	B	C	-	A	D	B	A	B	A	B	C	A	A	D	D	B	A	A	A	A	C	C	C	C	A	A
Ácido Acético 20%	-	-	-	A	-	-	A	-	A	-	-	B	A	D	-	-	A	B	A	A	C	D	-	C	A	-
Ácido Acético 80%	-	-	-	A	-	-	A	-	A	-	-	B	B	D	-	-	B	D	-	A	C	D	-	D	A	-
Ácido Acético, Glacial ¹	B	C	-	A	D	B	A	A	A	B	D	B	C	D	D	B	B	C	A	A	D	D	C	C	A	A
Ácido Arsénico	D	D	-	-	-	A	A	-	-	B	-	A	A	A	D	B	A	A	-	A	A	A	C	A	A	A
Ácido Benzoico ²	B	B	-	A	-	A	A	A	A	B	-	A	A	D	B	B	D	A	-	A	D	A	D	D	B	A
Ácido Bórico	B	B	A	A	D	A	A	A	A	B	-	A	A	A	A	B	A	A	-	A	A	A	A	A	A	A
Ácido Bromhídrico 20%	-	-	-	A	-	-	D	-	A	-	-	B	A	D	-	-	A	A	-	A	D	A	-	C	B	-
Ácido Bromhídrico ⁴	D	D	-	A	D	D	D	D	A	B	-	A	C	D	D	B	B	A	-	A	D	A	A	D	A	A
Ácido Butírico ¹	B	C	-	A	D	B	A	A	A	-	D	A	A	D	C	-	A	B	-	A	D	D	-	D	D	A
Ácido Carbónico	A	B	-	A	D	A	B	A	-	-	-	A	A	A	A	B	A	A	-	A	B	A	A	A	A	A
Ácido Cianhídrico (Gas 10%)	-	-	-	-	-	D	D	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	A	-	A	-	-	C	C	-	-
Ácido Cianico	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	A	-	-	D	-	-	-	-	-	C	-	-	D	-	-
Ácido Cítrico	C	D	B	A	D	A	A	A	A	-	C	A	A	C	B	B	B	A	-	A	D	A	A	A	A	A
Ácido Cloracético ²	C	D	-	A	D	D	D	D	A	D	-	B	-	D	D	D	A	-	A	D	A	D	D	D	A	A
Ácido Clorhídrico	A	D	-	A	-	A	A	C	-	B	-	A	A	A	B	B	A	A	-	A	C	A	A	B	A	A
Ácido Clorhídrico (20%) ⁴	D	D	D	B	D	D	D	D	C	B	B	A	A	D	D	A	A	A	A	A	C	A	C	C	A	A
Ácido Clorhídrico (37%) ⁴	D	D	D	B	D	D	D	D	C	B	C	A	A	D	D	A	A	A	A	A	C	A	D	C	A	A
Ácido Clorhídrico (Gas Seco)	D	-	-	A	-	C	A	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	A	-	A	-	-	-	-	-	A
Ácido Clorhídrico 100%	D	D	-	C	D	D	D	-	D	A	-	A	-	D	-	A	-	A	-	A	D	C	A	C	A	A
Ácido Clórico	-	-	-	-	-	D	D	-	-	-	-	D	-	-	-	-	-	D	-	A	D	-	-	D	-	-
Ácido Clorosulfónico ¹	D	D	-	B	-	-	D	D	A	C	-	C	D	D	D	D	C	D	A	D	D	D	D	D	C	-
Ácido Cresílico	C	C	-	B	-	A	A	-	A	D	-	A	-	D	D	C	-	B	-	A	D	A	D	D	A	A
Ácido Crómico 10%	-	-	-	A	-	-	B	-	A	-	-	C	A	D	-	-	A	A	-	A	D	A	-	D	A	-
Ácido Crómico 30%	-	-	-	A	-	-	B	-	A	-	-	D	D	D	-	-	A	A	-	A	D	A	-	D	A	-
Ácido Crómico 5%	C	D	-	A	D	A	A	B	A	B	B	B	C	D	D	B	A	A	A	-	D	A	B	D	C	D
Ácido Crómico 50%	C	D	-	A	D	B	B	-	A	B	C	C	D	D	D	C	B	B	B	A	D	A	D	D	A	D
Ácido Esteárico ²	B	C	A	A	C	A	A	A	A	B	-	A	A	A	A	B	D	A	-	A	C	A	C	B	A	A
Ácido Fénic (ver Fenol)																										
Ácido Flubórico	-	-	-	A	D	D	B	-	D	B	-	A	B	C	B	B	A	A	-	A	B	A	-	A	D	A
Ácido Fluorhídrico (100%)	D	D	-	B	D	D	D	-	D	D	-	A	-	-	-	A	-	C	-	A	D	-	D	D	D	D
Ácido Fluorhídrico (20%) ¹	D	D	D	B	D	D	D	D	D	B	-	B	A	D	D	C	A	D	A	A	D	A	C	C	C	B
Ácido Fluorhídrico (50%) ^{1 2}	D	D	D	B	D	D	D	-	D	B	-	C	C	D	D	C	D	C	A	A	D	A	C	C	D	D
Ácido Fluorhídrico (75%) ^{1 2}	D	D	-	B	D	D	D	-	D	C	-	C	D	D	D	D	D	A	A	D	A	D	D	D	D	D
Ácido Fluosilícico	D	-	-	B	D	-	B	-	D	B	-	C	A	D	B	B	A	A	-	A	A	B	-	A	D	A
Ácido Fordfórico (Crudo)	D	D	-	A	D	D	C	C	C	-	D	A	-	D	D	C	-	-	A	-	D	A	-	D	D	C
Ácido Fórmico ⁶	D	C	B	A	D	A	B	B	C	B	-	B	A	D	D	B	A	D	A	A	D	B	C	D	A	A
Ácido Fosfórico (40%-100% Solución)	D	D	D	A	D	C	B	B	B	B	D	C	A	D	D	C	A	A	A	A	D	A	C	D	D	B

A—Ningún efecto—Excelente
 B—Efecto leve—Bueno
 C—Efecto moderado—Justo
 D—Efecto severo—No recomendado

1. P.V.C.—Satisfactorio hasta 22°C.
 2. Polipropileno—Satisfactorio hasta 22°C.
 3. Polipropileno—Satisfactorio hasta 49°C.

4. Buna-N—Satisfactorio para anillos "O".
 5. Poliactal—Satisfactorio hasta 22°C.
 6. Ceramag—Satisfactorio hasta 22°C.

8.1 TABLAS DE COMPATIBILIDAD CON DIFERENTES MEDIOS

PRODUCTOS	METALES									PLÁSTICOS									ELASTÓMEROS				CERÁMICA			
	ALUMINIO	BRONCE FUNDIDO	CERAMAGNET "A"	HASTELOY C	HIERRO FUNDIDO	INOXIDABLE (304)	INOXIDABLE (316)	INOXIDABLE (440)	TITANIO	TYGON (E-3603)	CYCOLAC (ABS)	EPOXY	NORYL	NYLON	POLIACETAL	POLIETILENO	POLIPROPILENO	PVC (Tipo 1)	RYTON 93°C	PTFE	BUNA N	FPM VITON®	GOMA (Nat.)	NEOPRENO	CERÁMICA	SELLO CERÁMICO DE CARBONO
Ácido Fosfórico (hasta 40% Solución)	D	D	D	A	D	B	A	A	A	B	C	A	A	D	D	B	A	A	A	A	D	A	C	D	C	B
Ácido Gálico	A	A	-	A	-	A	A	-	-	A	-	-	-	A	-	-	-	A	-	A	-	B	-	-	-	-
Ácido Glicólico	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	C	B	A	A	A	-	A	A	-	A	-	A
Ácido Hidrofluosilícico	C	D	-	C	-	D	D	-	-	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	A	-	A
Ácido Hidrofluosilícico (20%)	D	A	-	B	D	D	D	-	D	-	-	C	B	D	D	-	A	D	-	A	B	A	A	B	D	A
Ácido Hidroxiacético (70%)	D	-	-	-	-	-	-	-	B	-	-	A	-	-	D	-	-	-	-	-	A	A	-	A	A	A
Ácido Láctico	C	D	-	A	D	A	B	C	A	B	-	A	A	C	B	B	A	A	A	A	B	B	A	A	A	A
Ácido Maléico	B	C	-	A	-	A	A	A	A	B	-	A	A	A	C	-	C	A	-	A	D	A	D	A	A	A
Ácido Málico	C	D	-	A	-	A	A	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	A	-	A	-	C	A	A	A	-
Ácido Nitrante (1% Ácido o menos)	D	D	-	A	-	C	A	-	-	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	C	-	A	D
Ácido Nitrante (15% H ² SO ⁴ o más)	D	D	-	A	A	C	C	-	C	D	-	D	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	C	-	A	D
Ácido Nitrante (15% H ² SO ⁴ o menos)	D	D	-	A	-	C	C	-	A	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	C	-	A	D
Ácido Nitrante (15% HNO ³ o menos)	D	D	-	A	-	C	D	-	C	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	C	-	A	D
Ácido Nítrico (20% Solución)	D	D	D	A	D	A	A	A	A	B	D	B	A	D	D	B	A	A	C	A	D	A	D	D	C	D
Ácido Nítrico (50% Solución)	D	D	-	A	D	A	A	A	A	B	D	D	A	D	D	C	D	A	D	A	D	A	D	D	A	D
Ácido Nítrico (5-10% Solución)	D	D	D	A	D	A	A	A	A	B	C	A	A	D	D	B	A	A	A	A	D	A	D	D	B	C
Ácido Nítrico (Solución Concentrada)	B	D	C	B	D	D	B	A	A	C	D	D	D	D	D	D	D	D	A	D	B	D	D	A	A	D
Ácido Nitroso	-	A	-	-	-	A	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	C	D	A	-
Ácido Oléico	B	B	-	B	C	A	A	B	-	C	B	A	C	A	B	D	C	A	-	A	B	B	D	D	A	A
Ácido Oxálico (frío)	C	B	-	B	D	A	C	A	C	B	-	A	C	D	C	A	A	A	-	A	B	A	C	B	A	A
Ácido Picrico	C	D	-	A	-	A	A	-	-	A	-	-	-	A	-	A	-	A	-	A	A	A	A	A	-	-
Ácido Pirogálico	-	B	-	B	-	A	A	A	-	-	-	-	-	D	-	-	-	A	-	A	-	A	-	-	A	A
Ácido Sulfúrico (10%-75%) ²	D	D	C	B	D	D	D	D	C	B	B	B	B	D	D	C	A	A	A	A	D	A	D	D	D	A
Ácido Sulfúrico (Conc. Caliente).	D	D	-	D	-	D	D	-	D	A	-	C	-	D	-	A	-	C	-	A	-	A	A	D	-	-
Ácido Sulfúrico (Conc. Frío)	C	D	-	A	B	A	A	-	D	A	-	D	-	D	-	A	-	C	-	A	-	-	A	D	-	D
Ácido Sulfúrico (hasta 10%)	C	D	-	A	D	D	C	C	A	B	B	A	A	D	D	B	A	A	A	A	C	A	C	D	A	A
Ácido Sulfúrico 75%-100%	-	-	-	B	-	-	D	-	D	-	-	D	A	D	-	-	B	B	C	A	D	A	-	D	A	-
Ácido Sulfuroso	C	D	-	B	D	C	B	C	A	B	-	A	A	D	D	B	A	A	-	A	C	A	C	B	A	B
Ácido Tánico	C	B	A	B	-	A	A	A	A	B	-	A	A	D	B	B	A	A	-	A	D	A	A	A	A	A
Ácido Tartárico	C	A	-	B	-	A	A	B	A	B	-	A	A	A	B	B	A	A	-	A	D	A	A	A	A	A
Ácidos Grasos	B	C	-	A	D	A	A	-	A	B	-	A	B	A	A	B	A	A	-	A	C	A	C	B	A	A
Acrilato de Metilo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	A	-	-	-	-	-	D	D	D	B	A	A
Acrlonitrilo	B	A	-	B	-	A	A	-	-	-	D	A	-	-	B	-	B	-	A	-	D	D	-	D	A	A
Agua Blanca (Paper Mill)	-	A	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	-	A	B	-	A	-	-	-	-	A	-	A	A	A
Agua Carbonatada	A	B	-	-	D	A	A	A	-	-	-	A	A	A	A	-	-	A	-	-	A	A	-	A	A	A
Agua Clorada	-	-	-	B	-	-	D	-	A	-	-	-	C	D	-	-	D	A	C	A	D	A	-	D	A	-
Agua de Mar	C	C	C	-	-	A	A	C	A	-	-	-	A	A	A	B	A	A	-	-	A	A	-	A	B	A
Agua de Mina, Ácida	C	C	-	-	C	A	A	-	-	B	B	A	A	A	D	-	A	A	B	-	A	A	B	B	A	A
Agua Regia (80%, HCl, 20%, HNO)	D	D	-	D	-	D	D	-	A	D	-	D	D	D	D	C	D	-	-	A	D	C	D	D	D	-

8.1 TABLAS DE COMPATIBILIDAD CON DIFERENTES MEDIOS

PRODUCTOS	METALES										PLÁSTICOS								ELASTÓMEROS				CERÁMICA			
	ALUMINIO	BRONCE FUNDIDO	CERAMAGNET "A"	HASTELOY C	HIERRO FUNDIDO	INOXIDABLE (304)	INOXIDABLE (316)	INOXIDABLE (440)	TITANIO	TYGON (E-3603)	CYCOLAC (ABS)	EPOXY	NORYL	NYLON	POLIACETAL	POLIETILENO	POLIPROPILENO	PVC (Tipo 1)	RYTON 93°C	PTFE	BUNA N	FPM VITON®	GOMA (Nat.)	NEOPRENO	CERÁMICA	SELLO CERÁMICO DE CARBONO
Agua, Destilada, Grado de Laboratorio ⁷	B	A	A	-	D	A	A	-	-	B	A	A	A	A	-	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A
Agua, Dulce	A	A	A	-	B	A	A	-	-	B	A	A	A	A	D	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	
Agua, Salada	B	B	A	-	D	A	A	-	-	B	-	A	A	A	-	A	A	A	-	A	A	A	B	A	A	
Aguarrás ³	A	B	-	A	B	A	A	-	-	B	-	A	D	A	D	B	A	A	A	D	A	D	D	A		
Alcohol Amílico	B	A	-	A	-	A	A	-	A	B	B	A	C	A	A	B	B	A	A	A	B	B	C	A	A	
Alcohol Amílico	B	A	-	A	-	A	A	-	A	B	-	A	C	A	A	B	A	A	-	A	B	B	C	A	A	
Alcohol Bencílico	B	A	-	A	-	A	A	-	-	B	D	A	A	A	A	D	A	D	-	-	D	A	D	B	A	
Alcohol Butílico	B	B	-	A	-	A	A	-	-	B	-	A	A	A	A	B	B	A	A	-	A	A	A	A	A	
Alcohol de Metilo 10%	C	C	-	A	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	A	-	A	-	-	A	-	-	-	
Alcohol Diacetona ²	A	A	-	A	-	A	A	-	-	-	-	A	A	A	A	-	D	D	-	-	D	D	D	D	A	A
Alcohol Etilico	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	B	A	A	A	B	B	A	A	-	-	A	A	A	A	A	A
Alcohol Hexílico	A	A	-	A	-	A	A	-	-	-	-	A	A	A	A	-	A	A	-	-	A	A	A	B	A	A
Alcohol Isobutílico	B	A	-	A	-	A	A	-	-	-	B	A	A	A	A	-	-	-	-	-	C	A	A	A	A	A
Alcohol Isopropílico	B	A	-	A	C	A	A	-	-	-	-	A	A	A	A	-	A	-	-	-	C	A	A	B	A	A
Alcohol Metílico ⁶	B	A	A	A	A	A	A	A	A	-	D	A	A	A	C	B	A	B	-	A	B	C	A	A	A	A
Alcohol Octílico	A	A	-	A	-	A	A	-	-	-	-	A	A	A	A	-	-	-	-	-	B	A	C	B	A	A
Alcohol Propílico	A	A	-	A	-	A	A	-	A	-	-	A	A	A	A	-	A	A	-	A	A	A	A	A	A	A
Alíño para Ensalada	B	B	-	-	D	A	A	-	-	-	-	A	A	A	A	-	A	-	-	-	A	A	-	-	A	A
Almidón	A	B	-	-	C	A	A	-	-	-	-	A	A	A	A	B	-	A	-	-	A	A	-	A	A	
Aluminato Sódico	C	B	-	-	-	-	A	-	B	-	-	A	A	-	B	-	-	-	A	-	A	A	B	A	A	A
Aminas	A	B	-	A	A	A	A	-	B	A	-	A	B	A	D	-	-	C	-	A	D	D	C	B	A	A
Amoniaco 10%	-	-	-	A	-	-	A	-	A	-	-	B	A	A	-	-	A	A	A	A	D	A	-	A	A	-
Amoniaco, Anhidro	B	D	-	A	D	B	A	A	B	B	-	A	A	A	D	B	A	A	B	A	B	D	D	A	A	C
Amoniaco, Líquidos	D	D	-	B	A	A	A	A	-	B	-	A	A	-	D	D	A	A	-	A	B	D	D	A	A	A
Amoniaco, Nitrato	C	D	-	-	-	A	A	A	-	B	-	A	A	-	C	-	A	B	-	-	A	-	-	C	A	A
Anhídrido Acético	B	C	-	A	B	A	A	B	A	D	D	A	D	D	D	A	A	D	A	A	A	D	C	B	A	A
Anhídrido Fosfórico (Fundido)	D	D	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	-	A	-	D	-	D	-	A	C	D	D	D	-	-
Anhídrido Fosfórico (Seco o Húmedo)	-	-	-	-	-	A	A	-	-	D	-	-	-	-	-	-	-	D	-	A	D	D	A	D	-	
Anhídrido Ftálico	-	-	-	A	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-
Anhídrido Maléico	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	C	-	-	-	-	-	D	A	D	D	A	A
Anilina	C	C	-	B	-	A	A	A	C	D	D	A	D	C	D	C	B	D	A	A	D	D	D	D	A	A
Anti-Congelante	A	A	-	-	A	A	A	-	-	B	B	A	A	A	D	-	D	A	-	-	A	A	A	C	A	A
Arochlor 1248	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	D	-	-	-	-	-	-	-	D	A	D	D	-	A
Asfalto	C	A	A	-	-	B	A	-	-	-	-	A	-	A	A	-	A	A	A	-	B	A	D	B	A	-
Azúcar (Líquidos)	A	A	A	A	-	A	A	A	-	-	B	A	A	A	A	-	A	-	-	-	A	A	A	B	A	
Azúcares de Remolacha	A	A	-	-	A	A	A	-	-	-	B	A	A	A	B	-	A	A	-	-	A	A	A	B	A	A
Baños Electrolíticos Chapado de Antimonio a 55°C	-	-	-	A	-	-	A	-	A	-	-	B	A	D	-	-	A	A	-	A	A	A	-	A	A	-
Baños Electrolíticos Chapado de Arsénico a 43°C	-	-	-	A	-	-	A	-	A	-	-	B	A	A	-	-	A	A	-	A	A	A	-	A	C	-
Barniz (Usar "Viton" para Aromático)	A	A	A	-	-	A	A	A	-	-	-	A	D	-	A	-	A	-	-	-	B	A	D	D	A	
Barniz Laca	A	A	-	-	C	A	A	-	-	D	-	A	C	A	A	-	A	-	-	-	D	D	D	D	A	A
Benceno ²	B	B	A	B	B	A	A	A	A	C	D	A	D	A	A	D	D	D	A	A	D	A	D	D	A	A
Benzaldehído ³	B	A	-	A	-	A	A	-	A	D	D	A	D	C	A	D	D	D	A	A	D	D	D	D	A	
Benzol	B	B	A	A	-	A	A	-	A	-	-	A	D	A	A	-	A	D	-	A	D	D	-	D	A	A

A—Ningún efecto—Excelente
 B—Efecto leve—Bueno
 C—Efecto moderado—Justo
 D—Efecto severo—No recomendado

1. P.V.C.—Satisfactorio hasta 22°C.
 2. Polipropileno—Satisfactorio hasta 22°C.
 3. Polipropileno—Satisfactorio hasta 49°C.

4. Buna-N—Satisfactorio para anillos "O".
 5. Poliacetal—Satisfactorio hasta 22°C.
 6. Ceramag—Satisfactorio hasta 22°C.

8.1 TABLAS DE COMPATIBILIDAD CON DIFERENTES MEDIOS

PRODUCTOS	METALES									PLÁSTICOS									ELASTÓMEROS				CERÁMICA				
	ALUMINIO	BRONCE FUNDIDO	CERAMAGNET "A"	HASTELOY C	HIERRO FUNDIDO	INOXIDABLE (304)	INOXIDABLE (316)	INOXIDABLE (440)	TITANIO	TYGON (E-3603)	CYCOLAC (ABS)	EPOXY	NORYL	NYLON	POLIACETAL	POLIETILENO	POLIPROPILENO	PVC (Tipo 1)	RYTON 93°C	PTFE	BUNA N	FPM VITON®	GOMA (Nat.)	NEOPRENO	CERÁMICA	SELLO CERÁMICO DE CARBONO	
Bicarbonato Potásico	C	-	-	B	-	A	B	-	A	-	C	A	A	A	C	B	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	
Bicarbonato Sódico	A	B	A	B	C	A	A	A	A	B	B	A	A	A	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Bifluoruro Amónico	D	-	-	B	-	C	A	-	-	-	-	A	A	-	D	-	A	A	-	-	A	A	-	A	A	-	
Bisulfato Cálcico	D	D	-	-	-	D	A	-	-	A	-	A	-	A	-	-	A	-	A	-	A	-	A	C	-	-	
Bisulfato Sódico	D	C	-	B	D	A	A	-	A	B	C	A	A	C	B	B	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	
Bisulfuro Cálcico	C	C	-	-	-	D	A	-	A	-	-	-	-	A	-	-	A	-	A	-	A	-	A	A	A	-	
Bisulfuro Sódico	A	C	-	A	D	A	A	-	A	B	B	A	A	D	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Bisulfuro Cálcico	C	C	-	A	-	-	B	-	A	-	-	A	A	A	D	B	A	A	-	A	A	A	-	A	A	A	
Bisulfuro de Carbono ²	A	C	A	-	-	A	A	A	-	D	-	A	-	A	A	-	D	D	-	-	D	A	D	D	A	A	
Borato Sódico	C	A	-	A	-	A	A	-	-	-	-	-	-	A	-	A	-	C	-	A	-	A	-	A	-	-	
Borax (Borato de Sodio)	C	A	A	A	A	A	A	A	-	A	-	A	A	A	B	A	A	A	A	A	B	A	C	A	A	A	
Bromo ²	D	C	D	A	-	D	D	D	A	B	D	C	D	D	D	D	B	D	A	D	A	D	D	D	A	D	
Bromuro de Metilo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	-	-	A	D	-	-	-	-	B	A	D	D	A	A	
Bromuro de Plata	D	-	-	A	-	C	B	C	-	-	-	A	A	-	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	
Bromuro Potásico	C	C	-	A	-	A	B	-	A	-	-	A	A	C	A	B	A	A	C	A	A	A	B	A	A	A	
Butadieno	A	C	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	-	-	A	-	-	A	B	-	A	A	-	B	A	A	
Butano ^{2 1}	A	A	-	-	-	A	A	-	-	C	B	A	D	A	A	C	D	A	A	-	A	A	D	B	A	A	
Butanol	A	A	-	A	-	A	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	
Butileno	A	A	-	-	-	A	-	-	-	-	-	A	-	-	A	-	-	B	A	-	B	A	D	-	A	A	
Café	A	B	-	-	-	A	A	A	-	-	-	A	A	A	A	-	A	-	-	-	A	A	A	A	A	A	
Calgon	-	C	-	-	D	A	A	-	-	-	-	A	A	-	B	-	A	-	-	-	A	A	-	A	A	A	
Carbonato Amónico	C	B	-	B	C	A	A	A	A	B	-	A	A	A	D	-	A	A	-	A	D	B	-	A	A	A	
Carbonato Bárico	B	B	A	A	-	A	A	A	A	A	-	A	A	A	A	B	A	A	-	A	A	A	A	A	A	A	
Carbonato Cálcico	C	C	-	A	-	A	A	A	A	A	-	A	A	A	B	A	A	A	-	A	A	A	A	A	A	A	
Carbonato de Sodio Anhidro (ver Carbonato Sódico)																											
Carbonato Magnésico	-	-	-	B	-	A	A	A	-	-	-	A	A	-	A	B	A	A	-	-	A	-	-	A	A	-	
Carbonato Potásico	C	C	A	B	B	A	A	-	A	B	-	A	A	A	B	B	A	A	A	A	B	A	B	A	A	A	
Carbonato Sódico	C	B	-	B	B	A	B	B	A	B	C	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	
Caseinato Amónico	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	A	A	-	D	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	
Cerveza ²	A	A	-	A	D	A	A	-	A	-	B	A	A	D	B	B	D	A	-	A	D	A	A	A	A	A	
Chapado de Bronce Baño de Cobre-Cadmio Bronce R. T.	-	-	-	A	-	-	A	-	A	-	-	B	A	A	-	-	A	A	-	A	A	A	-	A	C	-	
Chapado de Bronce Baño de Cobre-Latón a 71°C	-	-	-	A	-	-	A	-	A	-	-	C	A	A	-	-	A	D	-	A	A	A	-	B	D	-	
Chapado de Cadmio Baño de Cianuro a 32°C	-	-	-	A	-	-	A	-	A	-	-	B	A	A	-	-	A	A	-	A	A	A	-	A	C	-	
Chapado de Cadmio Baño de Fluoborato 38°C	-	-	-	A	-	-	A	-	D	-	-	B	A	D	-	-	A	A	-	A	B	A	-	C	D	-	
Chapado de Cobre (Ácido)																											
Chapado de Cobre (Ácido) Baño de Fluoborato de Cobre 49°C	-	-	-	A	-	-	D	-	D	-	-	D	A	D	-	-	A	A	-	A	B	A	-	C	D	-	
Chapado de Cobre (Ácido) Baño de Sulfato de Cobre R. T.	-	-	-	A	-	-	D	-	A	-	-	D	A	D	-	-	A	A	-	A	A	A	-	A	A	-	
Chapado de Cobre (As) Baño de Cobre Strike a 49°C	-	-	-	A	-	-	A	-	A	-	-	B	A	A	-	-	A	A	-	A	A	A	-	A	C	-	
Chapado de Cobre (As) Baño Sales de Roca a 65°C	-	-	-	A	-	-	A	-	A	-	-	C	A	A	-	-	A	D	-	A	A	A	-	B	D	-	
Chapado de Cobre(As) Baño de Alta Velocidad 82°C	-	-	-	A	-	-	A	-	A	-	-	C	A	A	-	-	A	D	-	A	A	A	-	B	D	-	

8.1 TABLAS DE COMPATIBILIDAD CON DIFERENTES MEDIOS

PRODUCTOS	METALES									PLÁSTICOS									ELASTÓMEROS				CERÁMICA			
	ALUMINIO	BRONCE FUNDIDO	CERAMAGNET "A"	HASTELOY C	HIERRO FUNDIDO	INOXIDABLE (304)	INOXIDABLE (316)	INOXIDABLE (440)	TITANIO	TYGON (E-3603)	CYCOLAC (ABS)	EPOXY	NORYL	NYLON	POLIACETAL	POLIETILENO	POLIPROPILENO	PVC (Tipo 1)	RYTON 93°C	PTFE	BUNA N	FPM VITON®	GOMA (Nat.)	NEOPRENO	CERÁMICA	SELLO CERÁMICO DE CARBONO
Chapado de Cromo Baño Crómico-Sulfúrico a 55°C	-	-	-	A	-	-	C	-	A	-	-	D	D	D	-	-	A	A	-	A	D	C	-	D	A	-
Chapado de Cromo Baño de Cromo Negro a 46°C	-	-	-	A	-	-	C	-	A	-	-	D	D	D	-	-	A	A	-	A	D	C	-	D	A	-
Chapado de Cromo Baño de Cromo para Armas a 35°C	-	-	-	A	-	-	D	-	C	-	-	D	D	D	-	-	A	A	-	A	D	C	-	D	A	-
Chapado de Cromo Baño de Fluoruro a 55°C	-	-	-	A	-	-	D	-	C	-	-	D	D	D	-	-	A	A	-	A	D	C	-	D	B	-
Chapado de Cromo Baño de Fluosilicato a 35°C	-	-	-	A	-	-	C	-	C	-	-	D	D	D	-	-	A	A	-	A	D	C	-	D	B	-
Chapado de Estaño y Fluoroborato a 38°C	-	-	-	A	-	-	C	-	D	-	-	A	A	D	-	-	A	A	-	A	B	A	-	C	D	-
Chapado de Estaño y Plomo a 38°C	-	-	-	A	-	-	C	-	D	-	-	A	A	D	-	-	A	A	-	A	B	A	-	C	D	-
Chapado de Fluoroborato de Plomo	-	-	-	A	-	-	C	-	D	-	-	A	A	D	-	-	A	A	-	A	B	A	-	C	D	-
Chapado de Hierro Baño de Cloruro Ferroso a 88°C	-	-	-	D	-	-	D	-	A	-	-	D	A	D	-	-	C	D	-	A	B	A	-	D	A	-
Chapado de Hierro Baño de Fluoroborato a 63°C	-	-	-	B	-	-	D	-	D	-	-	D	A	D	-	-	A	D	-	A	B	A	-	C	D	-
Chapado de Hierro Baño de Sulfato Ferroso a 65°C	-	-	-	A	-	-	C	-	A	-	-	D	A	D	-	-	A	D	-	A	A	A	-	B	A	-
Chapado de Hierro Baño de Sulfato- Cloruro a 71°C	-	-	-	D	-	-	D	-	A	-	-	D	A	D	-	-	A	D	-	A	B	A	-	C	A	-
Chapado de Hierro Sulfamato a 60°C	-	-	-	B	-	-	D	-	A	-	-	A	A	D	-	-	A	A	-	A	A	A	-	A	A	-
Chapado de Latón Baño de Latón de Alta Velocidad a 43°C	-	-	-	A	-	-	A	-	A	-	-	B	A	A	-	-	A	A	-	A	A	A	-	A	D	-
Chapado de Latón Baño de Latón Normal a 38°C	-	-	-	A	-	-	A	-	A	-	-	B	A	A	-	-	A	A	-	A	A	A	-	A	C	-
Chapado de Latón Baños de Cobre-Zinc Bronce a 38°C	-	-	-	A	-	-	A	-	A	-	-	B	A	A	-	-	A	A	-	A	A	A	-	A	C	-
Chapado de Níquel Chapado de Níquel Cloruro Elevado a 54°C - 71°C	-	-	-	A	-	-	C	-	A	-	-	D	A	D	-	-	A	D	-	A	A	A	-	B	A	-
Chapado de Níquel Fluoroborato 38°C - 77°C	-	-	-	A	-	-	C	-	D	-	-	D	A	D	-	-	A	D	-	A	B	A	-	C	D	-
Chapado de Níquel No Electrolítico 93°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	D	D	-	-	D	D	-	A	D	A	-	D	A	-

A—Ningún efecto—Excelente
B—Efecto leve—Bueno
C—Efecto moderado—Justo
D—Efecto severo—No recomendado

1. P.V.C.—Satisfactorio hasta 22°C.
2. Polipropileno—Satisfactorio hasta 22°C.
3. Polipropileno—Satisfactorio hasta 49°C.

4. Buna-N—Satisfactorio para anillos "O".
5. Poliacetal—Satisfactorio hasta 22°C.
6. Ceramag—Satisfactorio hasta 22°C.

8.1 TABLAS DE COMPATIBILIDAD CON DIFERENTES MEDIOS

PRODUCTOS	METALES										PLÁSTICOS										ELASTÓMEROS				CERÁMICA	
	ALUMINIO	BRONCE FUNDIDO	CERAMAGNET "A"	HASTELOY C	HIERRO FUNDIDO	INOXIDABLE (304)	INOXIDABLE (316)	INOXIDABLE (440)	TITANIO	TYGON (E-3603)	CYCOLAC (ABS)	EPOXY	NORYL	NYLON	POLIACETAL	POLIETILENO	POLIPROPILENO	PVC (Tipo 1)	RYTON 93°C	PTFE	BUNA N	FPM VITON®	GOMA (Nat.)	NEOPRENO	CERÁMICA	SELLO CERÁMICO DE CARBONO
Chapado de Níquel Sulfamato a 38°C - 60°C	-	-	-	A	-	-	C	-	A	-	-	A	A	A	-	-	A	A	-	A	A	A	-	A	A	-
Chapado de Níquel Tipo Watts a 46°C - 71°C	-	-	-	A	-	-	C	-	A	-	-	D	A	A	-	-	A	D	-	A	A	A	-	A	A	-
Chapado de Oro Ácido a 24°C	-	-	-	A	-	-	C	-	A	-	-	A	A	A	-	-	A	A	-	A	A	A	-	A	A	-
Chapado de Oro Cianuro a 65°C	-	-	-	A	-	-	A	-	A	-	-	D	A	A	-	-	A	D	-	A	A	A	-	A	B	-
Chapado de Oro Neutro a 24°C	-	-	-	A	-	-	C	-	A	-	-	A	A	A	-	-	A	A	-	A	A	A	-	A	A	-
Chapado de Plata 25°C - 49°C	-	-	-	A	-	-	A	-	A	-	-	A	A	A	-	-	A	A	-	A	A	A	-	A	B	-
Chapado de Rodio 49°C	-	-	-	D	-	-	D	-	D	-	-	A	A	D	-	-	A	A	-	A	A	A	-	B	A	-
Chapado de Sulfamato se Indio R. T.	-	-	-	A	-	-	C	-	A	-	-	A	A	D	-	-	A	A	-	A	A	A	-	A	A	-
Chapado de Zinc Baño de Cianuro Alcalino R. T.	-	-	-	A	-	-	A	-	A	-	-	A	A	A	-	-	A	A	-	A	A	A	-	A	D	-
Chapado de Zinc Baño de Fluoborato Ácido R. T.	-	-	-	A	-	-	C	-	D	-	-	A	A	D	-	-	A	A	-	A	B	A	-	C	D	-
Chapado de Zinc Baño de Sulfato Ácido a 65°C	-	-	-	A	-	-	C	-	A	-	-	D	A	D	-	-	A	D	-	A	A	A	-	B	A	-
Chapado de Zinc Cloruro Ácido a 60°C	-	-	-	D	-	-	D	-	A	-	-	A	A	D	-	-	A	A	-	A	A	A	-	A	A	-
Chlorox (Lejía)	C	A	-	A	D	A	A	-	-	B	B	A	A	D	D	-	D	A	C	-	C	A	D	B	A	A
Cianuro Bórico	-	C	-	-	-	-	A	-	-	-	-	A	-	-	B	B	-	-	-	-	C	A	-	A	-	A
Cianuro de Cobre	D	C	-	A	D	A	A	A	A	-	-	C	A	A	B	B	A	A	A	A	B	B	A	A	A	A
Cianuro Mercúrico	D	D	-	-	-	A	A	-	A	-	-	A	A	-	A	B	A	A	-	A	-	-	-	-	A	A
Cianuro Sódico	D	D	-	A	B	A	A	-	A	-	-	A	A	C	D	B	A	A	-	A	A	A	A	A	A	A
Ciclohexano	A	A	-	-	-	-	A	-	A	D	-	A	D	-	A	-	D	-	A	-	A	A	D	D	A	A
Clorato Cálcico	-	C	-	B	-	C	A	-	-	A	-	A	-	A	-	A	-	A	-	A	-	A	A	A	-	A
Clorato Potásico	B	B	-	A	-	A	A	A	B	-	-	A	A	D	B	B	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A
Clorato Sódico	B	B	-	A	-	A	A	-	A	B	-	A	A	A	D	B	A	A	A	A	D	A	A	A	A	A
Cloro (seco)	D	A	-	A	A	A	A	-	D	-	-	D	-	-	-	-	-	-	C	A	-	D	D	D	A	A
Cloro, Líquido Anhidro	D	D	-	A	C	D	D	D	D	B	-	B	A	D	D	D	D	D	C	A	D	A	D	D	D	A
Clorobenceno (Mono)	B	B	-	A	-	A	A	-	-	D	D	A	D	A	A	D	D	D	A	A	D	A	D	D	A	A
Cloroformo	D	B	A	A	D	A	A	A	A	C	D	A	D	C	A	D	D	D	A	A	D	A	D	D	A	A
Cloruro Amónico	C	D	-	A	D	A	C	A	A	B	-	A	A	A	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloruro Bórico	D	B	-	A	C	A	A	A	A	B	-	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloruro Cálcico	C	B	B	A	C	A	D	C	A	A	B	A	A	A	D	B	A	A	A	A	A	A	A	D	A	A
Cloruro de Acetilo	-	D	-	-	-	C	A	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	A	A	-	-	A	-	-	-
Cloruro de Aluminio	D	C	-	A	D	D	C	-	C	A	-	A	A	D	-	-	A	A	A	A	A	A	-	A	A	A
Cloruro de Aluminio 20%	B	D	-	A	D	D	C	D	A	B	-	A	A	A	C	B	A	A	-	A	A	A	A	A	A	A
Cloruro de Amilo	D	A	-	A	-	C	B	-	-	C	-	A	D	C	A	D	D	D	-	A	D	A	D	D	A	A
Cloruro de Azufre	D	C	-	-	-	D	D	D	-	C	-	C	A	A	D	A	D	A	-	A	D	A	D	D	C	A
Cloruro de Cobre	D	D	-	A	D	D	D	B	A	B	-	A	A	D	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	-
Cloruro de Estaño	D	D	-	B	D	D	D	-	A	-	-	A	A	A	C	B	A	A	-	A	A	A	A	A	A	-
Cloruro de Estaño	D	D	-	A	-	D	C	-	A	A	-	A	-	D	-	A	-	A	-	A	C	-	A	D	-	-
Cloruro de Etileno ²	C	A	-	B	C	A	A	-	B	-	D	A	D	-	A	-	D	D	A	A	D	A	D	D	A	A
Cloruro de Etilo	B	B	-	B	C	A	A	A	A	D	-	A	D	A	A	D	D	D	A	A	D	A	A	C	A	A
Cloruro de Metileno	A	A	-	A	-	A	A	-	A	-	-	A	D	D	A	D	D	D	-	A	D	B	D	D	A	A
Cloruro de Metilo	D	A	-	A	-	C	A	-	A	-	-	A	D	A	A	D	D	D	-	A	D	A	D	D	A	A
Cloruro de Níquel	D	D	-	A	D	A	B	-	A	B	-	A	A	A	B	B	A	A	-	A	A	A	A	A	A	A

8.1 TABLAS DE COMPATIBILIDAD CON DIFERENTES MEDIOS

PRODUCTOS	METALES									PLÁSTICOS									ELASTÓMEROS				CERÁMICA			
	ALUMINIO	BRONCE FUNDIDO	CERAMAGNET "A"	HASTELOY C	HIERRO FUNDIDO	INOXIDABLE (304)	INOXIDABLE (316)	INOXIDABLE (440)	TITANIO	TYGON (E-3603)	CYCOLAC (ABS)	EPOXY	NORYL	NYLON	POLIACETAL	POLIETILENO	POLIPROPILENO	PVC (Tipo 1)	RYTON 93°C	PTFE	BUNA N	FPM VITON®	GOMA (Nat.)	NEOPRENO	CERÁMICA	SELLO CERÁMICO DE CARBONO
Cloruro de Sulfuro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	A	-	A	-	-	-	-	A	-	
Cloruro de Zinc	D	D	-	B	D	A	B	B	A	-	A	A	A	C	B	A	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloruro Férrico	D	D	-	B	D	D	D	D	A	B	-	A	A	D	B	B	A	A	A	A	D	A	A	B	A	A
Cloruro Ferroso	D	C	-	B	D	D	D	-	A	B	-	A	A	D	B	B	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A
Cloruro Magnésico	D	B	-	A	D	B	B	A	A	B	-	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	-
Cloruro Mercurio (Solución Diluida)	D	D	-	B	D	D	D	D	A	A	-	A	A	A	B	A	A	-	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloruro Potásico	B	C	-	B	B	A	C	A	A	A	C	A	A	C	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloruro Sódico	C	B	A	B	B	A	B	C	A	B	B	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A
Cobre (No Electrolytico) a 60°C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	B	A	A	-	-	A	A	-	A	D	A	-	D	A	-
Cobre (Varios)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cola P.V.A. ¹	B	A	-	-	-	B	A	-	A	B	-	A	-	A	A	-	-	-	-	-	A	A	-	A	A	A
Cola tratada con Cloro	D	C	-	-	D	A	A	-	-	-	D	A	C	C	-	-	-	-	-	-	C	A	D	D	A	-
Combustible de Avión (JP3, JP4, JP5)	A	A	-	-	A	-	A	-	-	-	-	A	D	A	A	-	D	A	A	-	A	A	D	D	A	A
Combustible Diesel	A	A	-	-	A	A	A	-	-	-	-	A	D	-	A	-	D	-	A	-	A	A	D	D	A	A
Crema	A	C	-	-	D	A	A	-	-	-	-	A	A	A	A	-	A	-	-	-	A	A	-	C	A	A
Cresoles ²	B	D	-	-	-	A	A	-	-	D	D	A	-	D	D	C	D	A	-	D	A	D	D	A	A	A
Cromato Potásico	A	-	-	A	A	-	B	B	-	-	-	C	A	-	C	B	-	A	A	-	A	A	B	A	D	A
Cromato Sódico	D	B	-	-	B	-	-	A	-	-	-	C	A	-	D	-	-	-	A	-	A	A	-	A	B	A
Detergentes	A	A	-	-	-	A	A	-	-	-	B	A	A	A	B	B	A	A	A	-	A	A	C	B	A	A
Dicloroetano	-	-	-	A	-	A	A	-	-	D	-	A	-	A	-	D	-	D	-	A	-	C	D	D	-	-
Dicloruro de Etileno	D	C	-	B	-	A	A	-	A	D	-	A	D	A	A	D	A	D	A	A	D	A	D	D	A	C
Dicloruro de Metilo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	D	-	A	-	-	-	-	-	D	A	D	D	A	A
Dicromato Potásico	A	C	-	B	B	A	A	A	-	-	-	A	A	D	C	B	A	A	A	-	A	B	A	A	A	A
Dietilamina	A	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	B	-	D	-	C	D	-	A	B	D	C	B	A	A
Dietilenglicol	-	A	-	-	-	-	A	-	-	-	B	A	A	A	A	B	-	-	-	-	A	A	A	A	A	A
Diluyentes para Lacas	-	-	-	A	-	-	A	-	A	-	-	-	D	A	-	-	B	C	-	A	D	-	-	D	A	-
Dióxido de Azufre (Seco)	A	A	-	A	A	A	A	-	-	-	-	D	-	A	-	D	-	D	-	A	-	A	D	D	A	A
Dióxido de Azufre ²	A	B	-	B	-	A	A	C	A	B	D	A	D	D	B	C	D	D	A	A	D	D	D	B	A	A
Dióxido de Carbono	A	A	-	-	D	A	A	-	A	B	B	A	A	A	A	-	A	A	A	-	A	B	C	B	A	A
Dióxido de Carbono (húmedo)	C	C	-	A	C	A	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	A	A
Dióxido de Carbono (seco)	A	A	-	A	-	A	A	-	-	D	-	-	-	-	-	-	-	D	-	A	-	-	-	-	-	-
Disolvente de Stoddard	-	B	-	A	A	A	A	-	A	-	B	A	D	A	A	-	D	D	A	A	B	A	D	D	A	A
Disulfuro de Carbono ²	C	C	-	-	B	B	A	-	-	C	-	A	D	A	A	D	D	D	A	A	D	A	D	D	B	A
Estireno	A	A	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	A	-	A	-	-	-	-	-	D	B	D	D	A	A
Etano	A	A	-	-	-	-	A	-	-	-	-	A	D	-	A	-	-	-	-	-	A	A	D	B	A	A
Etanolamina	-	-	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	-	-	D	-	-	-	-	A	-	B	D	C	B	A
Éter Isopropílico ²	A	A	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	D	-	A	-	D	-	-	-	B	D	D	D	A	A
Éter ³	A	B	A	B	-	A	A	A	-	C	-	A	D	C	A	-	-	D	A	-	D	C	D	D	A	A
Etilenglicol ⁴	A	B	A	A	B	A	A	-	-	B	B	A	A	A	A	B	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Fenol (Ácido Fénico)	B	B	A	A	D	A	A	A	C	C	-	B	C	D	D	B	A	A	A	D	A	A	D	D	D	A
Fenol 10%	A	C	-	B	B	A	A	-	-	C	-	C	-	-	-	-	-	A	-	A	-	-	C	C	-	-
Ferrocianuro Potásico	C	A	-	A	-	A	A	-	-	-	-	A	-	A	-	A	-	A	-	A	D	-	A	-	-	-
Fluoroborato de Cobre	D	D	-	B	D	D	D	-	-	-	-	A	-	-	B	A	-	A	-	A	B	A	A	A	-	A
Fluoroborato de Estaño	-	-	-	-	D	-	-	-	-	-	-	A	A	-	C	-	-	-	-	-	A	A	-	A	A	-

A—Ningún efecto—Excelente
 B—Efecto leve—Bueno
 C—Efecto moderado—Justo
 D—Efecto severo—No recomendado

1. P.V.C.—Satisfactorio hasta 22°C.
 2. Polipropileno—Satisfactorio hasta 22°C.
 3. Polipropileno—Satisfactorio hasta 49°C.

4. Buna-N—Satisfactorio para anillos "O".
 5. Poliactal—Satisfactorio hasta 22°C.
 6. Ceramag—Satisfactorio hasta 22°C.

8.1 TABLAS DE COMPATIBILIDAD CON DIFERENTES MEDIOS

PRODUCTOS	METALES									PLÁSTICOS									ELASTÓMEROS				CERÁMICA			
	ALUMINIO	BRONCE FUNDIDO	CERAMAGNET "A"	HASTELOY C	HIERRO FUNDIDO	INOXIDABLE (304)	INOXIDABLE (316)	INOXIDABLE (440)	TITANIO	TYGON (E-3603)	CYCOLAC (ABS)	EPOXY	NORYL	NYLON	POLIACETAL	POLIETILENO	POLIPROPILENO	PVC (Tipo 1)	RYTON 93°C	PTFE	BUNA N	FPM VITON®	GOMA (Nat.)	NEOPRENO	CERÁMICA	SELLO CERÁMICO DE CARBONO
Flúor	D	D	-	A	-	D	D	-	D	-	D	-	D	-	C	-	C	-	C	-	-	-	-	-	-	D
Fluoruro de Aluminio	-	-	-	B	-	D	C	D	D	-	A	A	D	C	B	A	A	-	A	A	A	C	A	-	-	A
Fluoruro Sódico	C	C	-	A	-	C	C	-	A	D	-	A	-	A	-	C	-	D	-	A	D	C	D	D	-	-
Formaldehído	A	A	-	B	D	A	A	-	A	B	-	A	D	A	A	B	A	A	A	A	C	A	C	D	A	A
Formaldehído 40%	-	-	-	A	-	-	A	-	A	-	-	A	A	D	-	-	A	B	-	A	B	D	-	A	A	-
Fosfato Amónico, Dibásico	B	C	-	A	-	A	A	A	A	-	-	A	A	A	B	B	A	A	-	A	A	A	A	A	A	A
Fosfato Amónico, Monobásico	B	D	-	A	-	A	A	A	A	-	-	A	A	A	B	B	A	A	-	A	A	A	A	A	A	A
Fosfato Amónico, Tribásico	B	C	-	A	C	A	A	A	A	-	-	A	A	A	B	B	A	A	-	A	A	A	A	A	A	A
Fotográfico (Revelador)	C	-	-	A	D	C	A	C	A	-	-	A	A	-	C	B	A	A	-	-	A	A	-	A	A	A
Freón 11 ¹	B	B	A	-	C	-	A	-	-	D	D	A	D	A	A	C	-	B	A	-	C	C	D	D	A	A
Freón 11 ³	B	B	A	-	-	-	A	-	-	D	-	A	-	A	A	-	-	C	A	-	A	C	D	A	A	A
Freón 12 (húmedo) ²	B	B	A	-	-	-	D	-	-	D	B	A	D	A	A	C	A	B	A	A	A	A	D	B	A	A
Freón 22	B	B	A	-	-	-	A	-	-	D	-	A	B	A	A	-	-	D	A	-	D	D	A	A	A	A
Freón T. F. ⁴	B	B	A	-	-	-	A	-	-	D	-	A	D	A	A	-	D	B	A	-	A	B	D	A	A	A
Furfural ¹	A	A	-	B	-	A	A	-	-	D	A	D	A	B	D	D	D	A	A	-	D	D	D	D	A	A
Gasolina ^{1 4}	A	A	A	A	A	A	A	A	D	-	D	A	D	A	A	D	C	C	A	A	A	A	D	D	A	A
Gelatina	A	A	-	A	D	A	A	A	-	-	-	A	A	A	A	-	A	A	-	-	A	A	A	A	A	A
Glicerina	A	A	-	A	B	A	A	A	A	B	C	A	A	A	A	-	A	A	-	A	A	A	A	A	A	A
Glicol de Propileno	A	B	-	-	B	B	A	-	-	-	B	A	-	-	B	B	-	-	-	-	A	A	-	C	A	A
Glucosa	A	A	-	-	B	-	A	-	-	B	B	A	B	A	A	B	A	A	-	-	A	A	A	A	A	A
Goma Laca (Blanqueada)	A	A	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	-	A	-	-	-	A	-
Goma Laca (Naranja)	A	A	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	-	A	A	-	A	-	-	-	A	-	-	-	A	-
Grasa ⁴	A	B	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	-	A	A	-	-	-	-	-	A	A	-	D	A	A
Heptano ¹	A	A	-	A	-	-	A	-	-	-	C	A	D	-	A	D	D	A	A	A	A	A	-	B	A	A
Herbicida	C	C	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	-	A	A	-	-	-	-	-	B	A	-	C	A	A
Hexano ¹	A	B	-	A	-	A	A	-	-	-	D	A	D	A	A	-	C	C	A	A	A	A	D	B	A	A
Hidrazina	-	-	-	-	C	A	A	-	-	-	-	A	-	-	D	-	-	-	-	-	B	A	C	B	-	A
Hidrocarburos Aromáticos	A	A	-	-	A	-	A	-	-	-	-	A	D	-	A	C	-	D	-	-	D	A	D	D	-	A
Hidrógeno Gas	A	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	A	-	A	-	A	-	-	-	-
Hidrosulfito de Zinc	D	D	-	-	D	-	A	-	-	-	-	A	A	-	C	-	-	-	-	A	-	A	-	-	A	A
Hidrosulfito Sódico	A	C	-	A	-	-	-	-	-	A	-	-	-	A	-	-	-	C	-	A	-	A	A	A	-	-
Hidróxido Amónico	C	D	-	A	A	A	A	A	A	B	B	A	A	A	D	B	A	A	A	A	B	B	C	A	A	A
Hidróxido Bárico	D	B	A	B	-	-	A	A	B	-	-	A	A	A	D	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Hidróxido Cálxico	C	B	A	A	-	A	A	-	A	A	-	A	A	A	B	B	A	A	-	A	A	A	A	A	A	A
Hidróxido de Aluminio ⁶	A	A	A	-	D	A	A	A	-	-	-	A	A	A	B	-	A	A	-	A	A	A	A	A	A	A
Hidróxido Magnésico	D	D	-	A	B	A	A	-	A	-	-	A	A	A	A	B	A	A	A	A	B	A	C	B	A	A
Hidróxido Potásico	D	D	A	B	C	B	B	B	C	B	C	A	A	A	D	B	A	A	A	A	C	B	C	A	D	-
Hidróxido Sódico (20%)	D	C	A	A	A	A	A	A	A	B	C	A	A	C	D	B	A	A	A	A	A	A	A	B	D	C
Hidróxido Sódico (50% Solución)	D	C	A	A	B	A	B	-	A	B	C	A	A	C	D	C	A	A	A	A	D	A	A	C	D	C
Hidróxido Sódico (80% Solución)	D	C	A	B	C	A	D	-	A	B	C	A	A	C	D	C	A	A	A	A	D	B	B	C	D	C
Hipoclorito Cálxico	C	D	-	B	D	A	C	C	A	-	-	A	A	D	D	B	A	D	-	A	B	A	C	D	A	A
Hipoclorito Sódico	-	-	-	A	-	-	A	-	A	-	-	A	A	A	-	-	A	A	-	A	B	D	-	A	D	-
Hipoclorito Sódico ³ (hasta 20%)	C	D	B	A	D	C	C	C	A	B	-	B	A	A	D	B	D	A	C	A	C	A	C	D	A	D
Hipsulfato Sódico	D	D	-	-	-	A	A	-	-	-	-	C	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	C	C	-	-
Inhibidores de la Oxidación	-	A	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	-	-	A	-	A	-	-	-	A	A	-	C	A	A
Iodoformo	A	-	-	-	-	D	A	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	A	-	C	-	-	-	-
Isotane ²	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	D	-	A	-	D	-	-	-	A	A	D	-	A	-
Jarabe	A	D	A	-	-	A	A	A	-	-	B	A	A	A	A	-	-	-	-	-	A	A	A	B	A	A

8.1 TABLAS DE COMPATIBILIDAD CON DIFERENTES MEDIOS

PRODUCTOS	METALES										PLÁSTICOS							ELASTÓMEROS				CERÁMICA				
	ALUMINIO	BRONCE FUNDIDO	CERAMAGNET "A"	HASTELOY C	HIERRO FUNDIDO	INOXIDABLE (304)	INOXIDABLE (316)	INOXIDABLE (440)	TITANIO	TYGON (E-3603)	CYCOLAC (ABS)	EPOXY	NORYL	NYLON	POLIACETAL	POLIETILENO	POLIPROPILENO	PVC (Tipo 1)	RYTON 93°C	PTFE	BUNA N	FPM VITON®	GOMA (Nat.)	NEOPRENO	CERÁMICA	SELLO CERÁMICO DE CARBONO
Jarabe de Chocolate	A	-	-	-	D	A	A	-	-	-	-	A	A	A	A	-	A	-	-	-	A	A	D	-	A	-
Jugo de Caña ²	B	B	-	-	A	A	A	-	-	-	-	A	-	A	A	-	D	A	-	-	A	-	A	A	A	A
Jugo de Vegetal	A	C	-	-	D	A	A	-	-	-	-	A	A	A	A	-	-	-	-	-	A	A	D	D	A	A
Látex	A	A	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	A	A	A	B	-	-	-	-	A	A	-	C	A	-
Leche	A	C	A	-	D	A	A	A	-	-	B	A	A	A	A	B	A	A	-	-	A	A	A	A	A	A
Licor Blanco (Pulp Mill)	-	D	-	A	C	A	A	-	-	-	-	A	A	A	D	-	A	A	-	A	A	A	-	A	A	A
Licores de Curtido	C	A	-	A	-	A	A	-	A	B	-	A	-	-	B	-	A	A	-	A	C	A	-	-	A	A
Licores de Sulfato	B	C	-	A	-	C	C	-	-	-	-	A	-	-	D	-	A	-	-	-	-	-	-	C	A	A
Ligroina ³	-	A	-	-	-	-	A	-	-	-	-	A	D	-	A	-	D	-	-	-	A	A	D	B	A	-
Lima	C	A	-	-	A	A	A	-	A	-	C	A	A	-	D	-	-	A	-	-	A	A	-	B	A	A
Lubricantes	A	B	-	A	-	A	A	-	A	-	B	A	-	A	A	-	A	A	A	A	A	A	D	D	A	A
Manteca de Cerdo	A	A	-	-	A	A	A	-	-	-	C	A	-	A	A	-	A	A	-	-	A	A	D	B	A	A
Mantequilla	A	D	-	-	D	B	A	-	-	B	B	A	B	-	A	-	-	-	-	-	A	A	D	B	A	A
Mantequilla de leche	A	D	-	-	-	A	A	A	-	B	B	A	A	-	A	-	-	-	-	-	A	A	D	A	A	A
Mayonesa	D	D	-	-	D	A	A	-	-	-	B	A	A	A	A	-	A	-	-	-	A	A	-	-	A	A
Melanina	-	-	-	-	-	D	D	-	-	-	-	A	-	-	D	-	-	-	-	-	C	-	-	-	A	A
Melazas	A	A	A	-	A	A	A	A	-	-	-	A	B	A	A	B	A	A	-	-	A	A	-	A	A	A
Mercurio	C	D	-	A	A	A	A	A	C	-	-	A	A	A	A	B	A	A	-	A	A	A	A	A	A	A
Metacrilato de Metilo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	A	-	-	-	-	-	D	D	D	D	A	A
Metafosfato Sódico ²	A	C	-	-	-	-	A	-	-	-	-	A	-	A	B	-	D	-	-	-	A	A	A	B	A	A
Metanol (Ver Metil Alcohol)																										
Metasilicato Sódico	B	B	-	-	-	-	A	-	-	-	-	A	-	-	D	-	-	-	-	-	A	A	-	A	-	A
Methyl Cellosolve	A	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C	C	-	B	-	A	-	-	-	D	D	D	D	A	A
Metil Acetona	A	A	-	-	-	-	A	-	-	-	-	C	D	-	A	-	-	-	-	-	D	-	-	D	A	-
Metilamina	-	D	-	-	-	-	A	-	-	-	-	A	B	-	D	-	-	-	-	-	B	-	-	-	A	A
Metil-butil-cetona	A	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	B	D	-	B	-	-	-	-	-	D	D	D	D	A	A
Metil-etil-cetona	A	A	-	A	-	A	A	-	A	-	D	B	D	A	B	D	A	D	A	A	D	D	D	D	A	A
Metil-isobutil-cetona ²	-	-	-	A	-	-	A	-	A	-	D	B	D	A	B	-	C	D	A	A	D	D	D	D	A	A
Metil-isopropil-cetona	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	B	D	A	B	-	-	-	-	-	D	D	D	D	A	A
Miel	A	A	-	-	A	A	A	-	-	-	B	A	A	A	A	-	A	-	-	-	A	A	-	A	A	A
Monocianuro de Oro	-	A	-	-	D	-	A	-	-	-	-	A	-	-	A	-	-	-	-	-	A	A	-	A	A	A
Monóxido de Carbono	A	-	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	B	A	A	B	-	A	-	-	A	A	C	B	A	A
Mostaza	B	B	-	-	C	A	A	A	-	-	B	A	B	A	B	-	A	-	-	-	B	A	-	C	A	A
Nafta	A	B	-	A	B	A	A	A	A	C	C	A	D	A	A	D	A	A	A	A	B	A	D	D	A	A
Naftalina	B	C	-	A	B	A	B	-	A	-	-	A	D	-	A	D	B	D	A	A	D	C	D	D	A	A
Nitrato Amónico	B	D	-	A	A	A	A	A	A	B	-	A	A	D	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Nitrato Bórico	-	-	-	-	A	A	A	-	A	-	-	B	A	-	A	-	-	B	-	-	A	A	-	A	A	A
Nitrato de Cobre	D	D	-	A	-	A	A	B	A	-	-	A	A	D	B	B	A	A	-	A	A	A	-	A	A	A
Nitrato de Plata	D	D	-	B	D	A	A	B	A	B	-	A	A	A	C	B	A	A	-	A	C	A	A	A	A	A
Nitrato Férrico	D	D	-	A	-	A	A	A	A	-	-	A	A	D	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Nitrato Magnésico	-	-	-	A	-	A	A	A	A	-	-	A	A	A	A	B	A	A	-	A	A	A	-	A	A	-
Nitrato Potásico	B	B	-	B	-	A	A	B	A	C	-	A	A	C	B	B	A	A	C	A	A	B	A	A	A	A
Nitrato Sódico	A	B	A	B	A	A	A	A	A	B	-	A	A	A	B	B	A	A	-	A	C	B	C	B	A	A
Nitrobenzeno ²	C	D	-	B	-	A	B	-	A	D	D	B	D	C	B	D	C	D	A	A	D	D	D	D	A	A
Oleum	B	C	-	-	-	-	A	-	-	-	-	A	-	-	D	-	D	D	-	-	C	A	D	D	A	-
Oleum 25%	-	-	-	A	-	-	-	-	-	-	-	D	D	-	-	-	-	D	-	A	D	A	-	D	A	-
Orina	B	C	-	-	B	A	A	-	-	-	-	A	A	A	A	B	A	A	-	-	A	A	-	D	A	A
Oxalato Amónico	-	-	-	A	-	A	A	A	-	-	-	A	-	-	B	-	-	-	-	-	A	-	-	A	-	A
Óxido de Difenoilo	-	A	-	-	-	-	A	-	-	-	-	A	-	-	A	-	-	-	-	-	D	A	D	D	A	A
Óxido de Etileno	A	A	-	-	-	A	-	-	-	-	-	A	A	A	A	-	-	D	-	A	D	D	D	D	A	A

A—Ningún efecto—Excelente
 B—Efecto leve—Bueno
 C—Efecto moderado—Justo
 D—Efecto severo—No recomendado

1. P.V.C.—Satisfactorio hasta 22°C.
 2. Polipropileno—Satisfactorio hasta 22°C.
 3. Polipropileno—Satisfactorio hasta 49°C.

4. Buna-N—Satisfactorio para anillos "O".
 5. Poliactal—Satisfactorio hasta 22°C.
 6. Ceramag—Satisfactorio hasta 22°C.

8.1 TABLAS DE COMPATIBILIDAD CON DIFERENTES MEDIOS

PRODUCTOS	METALES									PLÁSTICOS									ELASTÓMEROS				CERÁMICA			
	ALUMINIO	BRONCE FUNDIDO	CERAMAGNET "A"	HASTELOY C	HIERRO FUNDIDO	INOXIDABLE (304)	INOXIDABLE (316)	INOXIDABLE (440)	TITANIO	TYGON (E-3603)	CYCOLAC (ABS)	EPOXY	NORYL	NYLON	POLIACETAL	POLIETILENO	POLIPROPILENO	PVC (Tipo 1)	RYTON 93°C	PTFE	BUNA N	FPM VITON®	GOMA (Nat.)	NEOPRENO	CERÁMICA	SELLO CERÁMICO DE CARBONO
Óxido Magnésico	-	-	-	-	-	A	A	-	-	-	A	-	-	A	-	-	-	-	-	A	-	-	A	A	-	
Parafina	A	A	-	-	-	A	A	A	-	-	B	A	B	A	-	A	A	-	-	A	A	-	-	A	A	
Pentano	A	A	-	B	-	C	C	-	-	-	D	A	D	-	A	-	-	-	-	A	A	D	B	A	A	
Perborato Sódico	B	C	-	-	-	-	C	-	-	-	-	A	A	-	B	-	A	-	-	B	A	C	B	A	A	
Percloroetileno ²	A	C	-	-	B	-	A	-	-	-	D	A	D	-	A	-	D	-	A	-	C	A	D	D	A	A
Permanganato Potásico	B	B	-	A	B	A	B	B	A	-	C	A	A	D	C	B	B	A	A	A	A	B	B	A	A	A
Peróxido de Hidrógeno	A	D	A	A	D	A	B	A	B	C	-	A	B	D	D	B	A	A	C	A	D	A	C	D	A	-
Peróxido de Hidrógeno 10%	A	D	-	A	D	C	C	-	C	A	-	D	-	D	-	A	-	A	B	A	A	-	C	D	A	A
Peróxido de Hidrógeno 30%	-	-	-	A	-	-	B	-	B	-	-	B	-	D	-	-	A	A	C	A	D	A	-	C	-	-
Peróxido de Hidrógeno 50%	-	-	-	A	-	-	B	-	-	-	-	-	-	D	-	-	-	B	C	A	D	A	-	C	-	-
Peróxido Sódico	C	C	-	B	D	A	A	-	-	-	-	A	-	D	D	-	-	A	-	A	C	A	C	B	A	A
Persulfato Amónico	C	A	-	A	D	A	A	A	-	-	-	A	A	D	D	-	A	A	-	A	A	A	A	A	A	A
Petrolato	B	B	-	-	-	-	A	-	-	-	B	A	D	-	A	-	-	-	-	A	A	D	B	A	A	A
Piridina	B	-	-	A	-	C	B	-	-	D	-	A	D	-	D	C	B	-	A	-	D	D	D	D	A	A
Pirofosfato de Cobre a 60°C	-	-	-	A	-	-	A	-	A	-	-	B	A	A	-	-	A	A	-	A	A	A	-	A	B	-
Polifosfato Sódico (Mono, Di, Tribásico)	D	C	-	A	-	A	A	-	A	-	-	A	A	-	B	-	-	-	-	A	A	A	A	D	A	A
Potasa, Carbonato Potásico	C	C	A	B	B	A	A	-	-	B	-	A	A	A	B	B	A	A	-	-	A	A	B	B	A	A
Propano (Licuado) ^{1 2}	A	A	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	D	A	A	-	D	D	-	-	A	A	D	B	A	A
Puré	-	A	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	A	-	A	-	-	-	-	-	A	-	-	A	A	A
Queroseno ²	A	A	A	A	A	A	A	A	-	B	A	D	A	A	D	D	A	A	A	A	A	A	D	D	A	A
Residuos de Cerveceria+A120	-	A	-	-	A	-	A	-	-	-	-	A	-	-	A	-	-	-	-	-	A	A	-	A	A	A
Resina de Furano	-	A	-	-	-	-	A	-	-	-	-	A	-	-	A	-	-	-	A	-	D	A	D	D	A	-
Resinas de Trementina, Colofonias	A	A	-	-	-	A	A	A	-	-	-	A	-	A	B	-	A	-	-	-	A	-	-	-	A	A
Ron	-	-	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	A	A	A	-	A	-	-	-	A	A	-	-	A	A
Salsa de Soja	A	A	-	-	D	A	A	-	-	-	-	A	A	A	A	-	-	-	-	-	A	A	D	A	A	A
Salsa de tomate (ketchup)	D	C	-	-	D	A	A	A	-	-	B	A	A	A	B	-	A	-	-	-	A	A	-	C	A	A
Sebo	A	-	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	A	A	A	C	-	-	-	-	A	A	-	-	A	A
Sidra	B	A	-	-	D	A	A	A	-	-	-	A	A	-	B	B	-	A	-	-	A	A	-	A	A	A
Silicato Sódico	C	C	-	B	-	A	A	A	A	B	-	A	A	A	C	-	A	A	-	A	A	A	A	A	A	A
Silicona	B	A	-	-	-	B	A	-	-	-	-	A	A	A	A	-	A	-	-	-	A	A	A	A	A	A
Soluciones de Cianuro Potásico	D	D	-	B	B	A	A	B	A	-	-	A	A	A	C	B	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A
Soluciones de Jabón ¹	C	B	A	A	B	A	A	A	A	B	-	A	A	A	A	B	A	D	A	A	A	A	C	B	A	A
Sorgo	-	-	-	-	A	A	A	-	-	-	-	A	-	A	A	-	-	-	-	-	A	A	-	A	A	A
Suero de la Leche	B	-	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	-	-	A	-	-	-	-	-	A	A	-	-	A	A
Sulfamato de Plomo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	-	A	-	-	-	-	-	B	A	C	A	-	-
Sulfato Aluminio-potásico (Alum) 100%	B	C	-	B	-	D	A	B	-	B	-	A	A	D	C	B	A	A	-	A	A	A	A	A	A	A
Sulfato Aluminio-potásico (Alum), 10%	A	-	-	B	D	A	-	-	-	-	-	A	-	A	-	A	-	A	-	A	-	A	A	A	A	A
Sulfato Amónico	B	B	-	A	C	A	B	A	A	D	-	A	A	D	B	B	A	A	A	A	A	D	A	A	A	A
Sulfato Bórico	D	C	-	A	-	A	A	A	A	-	-	B	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	-	A	B	A
Sulfato Cálcico	B	B	-	B	-	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	C	D	A	A
Sulfato de Aluminio	A	C	-	A	D	C	C	A	A	B	-	A	A	A	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Sulfato de Cobre	-	-	-	A	-	-	B	-	A	-	-	A	A	C	-	-	A	A	-	A	B	B	-	A	A	-
Sulfato de Cobre (5% Solución)	D	D	-	A	D	A	A	A	A	-	-	A	A	D	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A
Sulfato de Etilo	-	-	-	-	-	-	D	-	-	-	-	A	-	-	B	-	-	-	-	-	A	A	-	-	A	A

8.1 TABLAS DE COMPATIBILIDAD CON DIFERENTES MEDIOS

PRODUCTOS	METALES										PLÁSTICOS							ELASTÓMEROS				CERÁMICA				
	ALUMINIO	BRONCE FUNDIDO	CERAMAGNET "A"	HASTELOY C	HIERRO FUNDIDO	INOXIDABLE (304)	INOXIDABLE (316)	INOXIDABLE (440)	TITANIO	TYGON (E-3603)	CYCOLAC (ABS)	EPOXY	NORYL	NYLON	POLIACETAL	POLIETILENO	POLIPROPILENO	PVC (Tipo 1)	RYTON 93°C	PTFE	BUNA N	FPM VITON®	GOMA (Nat.)	NEOPRENO	CERÁMICA	SELLO CERÁMICO DE CARBONO
Sulfato de Níquel	D	C	-	B	D	A	B	-	A	A	-	A	A	A	B	B	A	A	-	A	A	A	C	A	A	A
Sulfato de Zinc	D	B	-	B	C	A	A	A	A	B	-	A	A	A	C	B	A	C	A	A	A	A	C	A	A	A
Sulfato Férrico	D	D	-	A	D	C	A	A	A	B	C	A	A	A	B	-	A	A	A	A	B	A	A	A	A	C
Sulfato Ferroso	D	C	-	B	D	A	C	-	A	B	-	A	A	D	B	B	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A
Sulfato Magnésico	B	B	-	B	C	B	A	-	A	B	-	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A
Sulfato Magnésico Sales de "Epsom"	A	B	-	B	-	A	A	A	A	-	-	A	A	-	A	-	A	A	-	-	A	A	C	A	A	A
Sulfato Potásico	A	B	-	B	B	A	B	B	A	A	-	A	A	C	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A
Sulfato Sódico	B	B	-	B	A	A	A	C	A	-	-	A	A	A	B	B	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A
Sulfito Sódico	C	C	-	A	A	C	C	-	A	A	-	A	-	D	-	A	-	A	-	A	A	A	A	A	A	A
Sulfuro Bórico	D	C	-	-	-	A	A	-	-	A	-	A	A	A	B	A	A	A	-	A	A	A	A	A	A	A
Sulfuro de Hidrógeno (Seco)	D	D	-	A	-	C	A	-	-	-	-	A	-	D	-	-	A	A	A	-	A	A	-	A	-	-
Sulfuro de Hidrógeno, Solución Acuosa	C	D	A	A	D	A	A	C	A	B	-	A	A	D	D	B	A	A	A	A	C	B	D	B	A	A
Sulfuro Potásico	-	-	-	-	-	A	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	-	A	-	-	-	-	-	-	-
Sulfuro Sódico	D	D	-	B	A	A	A	-	A	B	-	A	A	A	B	B	A	A	A	A	D	A	C	A	A	A
Tetraborato de Sodio	-	-	-	-	-	-	A	-	-	-	-	A	A	-	B	-	-	A	-	-	A	A	-	-	A	A
Tetracloroetano	-	-	-	A	-	-	A	-	A	-	-	A	D	A	A	-	A	D	-	A	D	A	D	-	A	A
Tetracloruro de Carbono ^{2 1}	C	C	A	A	C	C	B	A	A	C	D	C	D	A	A	D	D	C	A	A	C	A	D	D	A	A
Tetrahidrofurano	-	D	-	-	-	-	A	-	-	-	-	A	D	-	A	D	C	D	A	-	D	B	D	D	A	A
Tinta	C	C	A	-	D	A	A	-	-	-	-	A	B	-	A	B	-	-	-	-	A	A	-	-	A	A
Tintes	B	C	-	-	-	A	A	-	-	-	-	A	A	-	A	-	-	-	-	-	-	A	-	C	-	-
Tiosulfato Amónico	-	-	-	-	D	-	A	-	-	-	-	A	-	-	B	-	-	-	-	-	A	-	-	A	A	A
Tiosulfato de Sodio ("Hipo")	B	D	-	-	C	A	A	-	A	-	-	A	A	A	C	-	A	A	A	-	B	A	C	A	A	A
Tolueno, Toluo ³	A	A	A	A	A	A	A	-	A	D	D	A	D	A	A	D	D	D	A	A	D	C	D	D	A	A
Tricloroetano	C	C	-	A	C	C	A	-	A	-	-	A	D	-	A	-	-	-	-	A	D	A	D	D	A	A
Tricloroetileno ²	B	B	C	A	C	A	A	-	A	-	D	A	D	D	A	D	D	D	C	A	D	A	D	D	A	A
Tricloropropano	-	A	-	-	-	-	A	-	-	-	D	A	D	-	A	-	-	-	-	-	A	A	-	A	A	A
Tricloruro de Antimonio	D	-	-	A	-	D	D	-	-	A	-	A	-	D	-	A	-	A	-	A	-	-	A	C	A	-
Tricresilfosfato	-	A	-	A	-	-	A	-	B	-	-	A	A	-	C	-	-	D	-	A	D	B	-	D	A	A
Trietilamina	-	A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A	B	-	D	-	-	A	-	-	A	A	-	B	A	A
Trióxido de Azufre (Seco)	A	B	-	-	-	A	C	-	-	B	-	A	D	D	D	-	-	A	-	A	D	A	C	D	A	B
Vinagre	D	B	A	A	C	A	A	A	A	-	B	A	A	A	B	B	A	A	A	A	C	A	C	B	A	A
Whisky y Vinos	D	B	-	-	D	A	A	A	-	-	-	A	A	A	A	B	A	A	-	-	A	A	A	A	A	A
Xileno ²	A	A	A	A	A	A	A	-	-	-	D	A	D	A	A	D	D	D	A	A	D	A	D	D	A	A
Yodo	D	D	-	B	D	D	D	A	B	D	A	A	A	D	C	D	D	D	-	A	B	A	D	D	A	D
Yodo (en Alcohol)	-	-	-	A	-	-	B	-	D	-	-	-	C	D	-	-	B	D	-	A	D	A	-	D	A	-
Zumo de Tomate	A	C	-	-	-	A	A	-	-	-	B	A	A	-	B	-	A	-	A	-	A	-	-	A	A	A
Zumo de Uva	B	B	-	-	D	A	A	-	-	-	B	A	A	-	B	B	-	A	-	-	A	A	-	A	A	A
Zumos de Frutas	B	B	A	-	D	A	A	A	-	-	-	A	A	A	B	B	A	A	-	-	A	A	-	-	A	A

A—Ningún efecto—Excelente
 B—Efecto leve—Bueno
 C—Efecto moderado—Justo
 D—Efecto severo—No recomendado

1. P.V.C.—Satisfactorio hasta 22°C.
 2. Polipropileno—Satisfactorio hasta 22°C.
 3. Polipropileno—Satisfactorio hasta 49°C.

4. Buna-N—Satisfactorio para anillos "O".
 5. Poliacetal—Satisfactorio hasta 22°C.
 6. Ceramag—Satisfactorio hasta 22°C.

