

1 METROLOGIA I VERIFICACIÓ

I.1.1 Toleràncies

$$J_{m\grave{a}x} = d_{sf} - d_{ie} \quad A_{m\grave{a}x} = d_{se} - d_{if}$$

$$J_{m\grave{i}n} = d_{if} - d_{se} \quad A_{m\grave{i}n} = d_{ie} - d_{sf}$$

I.1.2 Dilatacions

$$D_{T(^{\circ}C)} = D_{20^{\circ}C} \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

I.1.3 Addició

$$d_{I(x)} = \sum d_{i+} - \sum d_{s-}$$

$$d_{S(x)} = \sum d_{s+} - \sum d_{i-}$$

$$IT_{(x)} = \sum IT$$

I.1.4 Transferència

$$IT_{\text{substituit}} - \sum IT_{\text{conservat}} \geq 0$$

$$d_{I(\text{substituida})} = \sum d_{i+} - \sum d_{s-}$$

$$d_{S(\text{substituida})} = \sum d_{s+} - \sum d_{i-}$$

$$IT_{\text{substituida}} = \sum IT_{\text{mantinguda}} + IT_{\text{nova}}$$

I.1.5 Precisió del nònius

$$(n-1)L = nL_1 \quad A = L - L_1 = L - \frac{n-1}{n}L$$

I.1.6 Precisió del "pàlmer"

$$A = \frac{\text{pas}}{n^{\circ} \text{div.}}$$

I.1.7 Precisió del rellotge comparador

$$s = \alpha \cdot r = \frac{\pi}{3} \cdot r \rightarrow \frac{1}{6} \text{ volta}$$

I.1.8 Mides de longituds

Composició de les caixes estàndard

Blocs patró:

Interval (mm)	Blocs (mm)	Número de blocs
0.0005	1.0005	1
0.001	1.001, 1.002, 1.003, ..., 1.009	9
0.01	1.01, 1.02, 1.03, ..., 1.49	49
0.5	0.50, 1.00, 1.50, ..., 24.5	49
25	25, 50, 75, 100	4

Error dels blocs:

Qualitat	φ_b (μ)	φ_{sm} (μ)	S (μ)
00	$\pm(0.05 + 0.001L)$	$\pm(0.05 + 0.00007L)$	$\pm(50 + 0.10L)$
0	$\pm(0.1 + 0.002L)$	$\pm(0.10 + 0.00014L)$	$\pm(50 + 0.10L)$
I	$\pm(0.2 + 0.005L)$	$\pm(0.16 + 0.00025L)$	$\pm(60 + 0.12L)$
II	$\pm(0.5 + 0.01L)$	$\pm(0.25 + 0.00045L)$	$\pm(75 + 0.20L)$
III	$\pm(1 + 0.02L)$	$\pm(0.50 + 0.0008L)$	$\pm(90 + 0.25L)$

Varilles i el seu error:

Longitud de la varilla	Precisió
80 mm < L < 180 mm	$\pm 1 \mu$
180 mm < L < 300 mm	$\pm 1.5 \mu$
300 mm < L < 500 mm	$\pm 2 \mu$
500 mm < L < 1000 mm	$\pm 2.5 \mu$

I.1.9 Mides d'angles

Patrons angulars:

1 bloc quadrat (materialitza l'angle de 90°)
6 blocs de : 1, 3, 5, 15, 30 i 45 graus.
5 blocs de : 1, 3, 5, 20 i 30 minuts.
5 blocs de : 1, 3, 5, 20 i 30 segons

I.1.10 Sèrie de toleràncies fonamentals (ISO6, DIN7151, UNE4040)

Ø(mm)		QUALITATS																			
Més de	Fins a	IT 01	IT 0	IT 1	IT 2	IT 3	IT 4	IT 5	IT 6	IT 7	IT 8	IT 9	IT 10	IT 11	IT 12	IT 13	IT 14	IT 15	IT 16	IT 17	IT 18
-	3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	-	-
3	6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	-	-
6	10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500	-
10	18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800	2700
18	30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100	3300
30	50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	3900
50	80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900	3000	4600
80	120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	5400
120	180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300
180	250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600	7200
250	315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200	8100
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700	8900
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300	9700

I.1.11 Diferències fonamentals per a eixos (ISO6, DIN7151, UNE4040)

Posició =		a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js	J		k		m	n	p	r	s	t	u	v	x	y	z	za	zb	zc		
Qualitats = (IT)		Totes les qualitats											IT5 IT6	IT7	IT8	IT4 a IT7	altres	Totes les qualitats															
Més de	Fins a	Diferència superior ds (µm)											Diferència inferior di (µm)																				
-	3	-270	-140	-60	-34	-20	-14	-10	-6	-4	-2	0	ds = +IT / 2	-2	-4	-6	0	0	+2	+4	+6	+10	+14		+18		+20		+26	+32	+40	+60	
3	6	-270	-140	-70	-46	-30	-20	-14	-10	-6	-4	0		-2	-4		+1	0	+4	+8	+12	+15	+19		+23		+28		+35	+42	+50	+80	
6	10	-280	-150	-80	-56	-40	-25	-18	-13	-8	-5	0		-2	-5		+1	0	+6	+10	+15	+19	+23		+28		+34		+42	+52	+67	+97	
10	14	-290	-150	-95		-50	-32		-16		-6	0		-3	-6		+1	0	+7	+12	+18	+23	+28		+33		+40		+50	+64	+90	+130	
14	18	-290	-150	-95		-50	-32		-16		-6	0		-3	-6		+1	0	+7	+12	+18	+23	+28		+33	+39	+45		+60	+77	+108	+150	
18	24	-300	-160	-110		-65	-40		-20		-7	0		-4	-8		+2	0	+8	+15	+22	+28	+35		+41	+47	+54	+63	+73	+98	+136	+188	
24	30	-300	-160	-110		-65	-40		-20		-7	0		-4	-8		+2	0	+8	+15	+22	+28	+35	+41	+48	+55	+64	+75	+88	+118	+160	+218	
30	40	-310	-170	-120		-80	-50		-25		-9	0		-5	-10		+2	0	+9	+17	+26	+34	+43	+48	+60	+68	+80	+94	+112	+148	+200	+274	
40	50	-320	-180	-130		-80	-50		-25		-9	0		-5	-10		+2	0	+9	+17	+26	+34	+43	+54	+70	+81	+97	+114	+136	+180	+242	+325	
50	65	-340	-190	-140		-100	-60		-30		-10	0		-7	-12		+2	0	+11	+20	+32	+41	+53	+66	+87	+102	+122	+144	+172	+226	+300	+405	
65	80	-360	-200	-150		-100	-60		-30		-10	0		-7	-12		+2	0	+11	+20	+32	+43	+59	+75	+102	+120	+146	+174	+210	+274	+360	+480	
80	100	-380	-220	-170		-120	-72		-36		-12	0		-9	-15		+3	0	+13	+23	+37	+51	+71	+91	+124	+146	+178	+214	+258	+335	+445	+585	
100	120	-410	-240	-180		-120	-72		-36		-12	0		-9	-15		+3	0	+13	+23	+37	+54	+79	+104	+144	+172	+210	+254	+310	+400	+525	+690	
120	140	-460	-260	-200		-145	-85		-43		-14	0		-11	-18		+3	0	+15	+27	+43	+63	+92	+122	+170	+202	+248	+300	+365	+470	+620	+800	
140	160	-520	-280	-210		-145	-85		-43		-14	0		-11	-18		+3	0	+15	+27	+43	+65	+100	+134	+190	+228	+280	+340	+415	+535	+700	+900	
160	180	-580	-310	-230		-145	-85		-43		-14	0		-11	-18		+3	0	+15	+27	+43	+68	+108	+146	+210	+252	+310	+380	+465	+600	+780	+1000	
180	200	-660	-340	-240		-170	-100		-50		-15	0		-13	-21		+4	0	+17	+31	+50	+77	+122	+166	+236	+284	+350	+425	+520	+670	+880	+1150	
200	225	-740	-380	-260		-170	-100		-50		-15	0		-13	-21		+4	0	+17	+31	+50	+80	+130	+180	+258	+310	+385	+470	+575	+740	+960	+1250	
225	250	-820	-420	-280		-170	-100		-50		-15	0		-13	-21		+4	0	+17	+31	+50	+84	+140	+196	+284	+340	+425	+520	+640	+820	+1050	+1350	
250	280	-920	-460	-300		-190	-110		-56		-17	0		-16	-26		+4	0	+20	+34	+56	+94	+158	+218	+315	+385	+475	+580	+710	+920	+1200	+1550	
280	315	-1050	-540	-330		-190	-110		-56		-17	0	-16	-26		+4	0	+20	+34	+56	+98	+170	+240	+350	+425	+525	+650	+790	+1000	+1300	+1700		
315	355	-1200	-600	-360		-210	-125		-62		-18	0	-18	-28		+4	0	+21	+37	+62	+108	+190	+268	+390	+475	+590	+730	+900	+1150	+1500	+1900		
355	400	-1350	-680	-400		-210	-125		-62		-18	0	-18	-28		+4	0	+21	+37	+62	+114	+208	+294	+435	+530	+660	+820	+1000	+1300	+1650	+2100		
400	450	-1500	-760	-440		-230	-135		-68		-20	0	-20	-32		+5	0	+23	+40	+68	+126	+232	+330	+490	+595	+740	+920	+1100	+1450	+1850	+2400		
450	500	-1650	-840	-480		-230	-135		-68		-20	0	-20	-32		+5	0	+23	+40	+68	+132	+252	+360	+540	+660	+820	+1000	+1250	+1600	+2100	+2600		

I.1.12 Diferències fonamentals per a forats I (ISO6, DIN7151, UNE4040)

Posició =		A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	Js	J			K				M					N					P			
Qualitats = (IT)		Totes les qualitats											IT6	IT7	IT8	IT5	IT6	IT7	IT8	IT5	IT6	IT7	IT8	IT>8	IT5	IT6	IT7	IT8	IT>8	IT5	IT6	IT7	IT>8	
Més de	Fins a	Diferència inferior Di (µm)											Diferència superior Ds (µm)																					
-	3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	-4	+2	0	Ds = +IT / 2	+2	+4	+6	0	0	0	0	-2	-2	-2	-2	-2	-4	-4	-4	-4	-4	-6	-6	-6	-6
3	6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	-6	+4	0		+5	+6	+10	0	+2	+3	+5	-3	-1	0	+2	-4	-7	-5	-4	-2	0	-11	-9	-8	-12
6	10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	-8	+5	0		+5	+8	+12	+1	+2	+5	+6	-4	-3	0	+1	-6	-8	-7	-4	-3	0	-13	-12	-9	-15
10	18	+290	+150	+95		+50	+32		+16		+6	0		+6	+10	+15	+2	+2	+6	+8	-4	-4	0	+2	-7	-9	-9	-5	-3	0	-15	-15	-11	-18
18	30	+300	+160	+110		+65	+40		+20		+7	0		+8	+12	+20	+1	+2	+6	+10	-5	-4	0	+4	-8	-12	-11	-7	-3	0	-19	-18	-14	-22
30	40	+310	+170	+120		+80	+50		+25		+9	0		+10	+14	+24	+2	+3	+7	+12	-5	-4	0	+5	-9	-13	-12	-8	-3	0	-22	-21	-17	-26
40	50	+320	+180	+130		+80	+50		+25		+9	0		+10	+14	+24	+2	+3	+7	+12	-5	-4	0	+5	-9	-13	-12	-8	-3	0	-22	-21	-17	-26
50	65	+340	+190	+140		+100	+60		+30		+10	0		+13	+18	+28	+3	+4	+9	+14	-6	-5	0	+5	-11	-15	-14	-9	-4	0	-27	-26	-21	-32
65	80	+360	+200	+150		+100	+60		+30		+10	0		+13	+18	+28	+3	+4	+9	+14	-6	-5	0	+5	-11	-15	-14	-9	-4	0	-27	-26	-21	-32
80	100	+380	+220	+170		+120	+72		+36		+12	0		+16	+22	+34	+2	+4	+10	+16	-8	-6	0	+6	-13	-18	-16	-10	-4	0	-32	-30	-24	-37
100	120	+410	+240	+180		+120	+72		+36		+12	0	+16	+22	+34	+2	+4	+10	+16	-8	-6	0	+6	-13	-18	-16	-10	-4	0	-32	-30	-24	-37	
120	140	+460	+260	+200		+145	+85		+43		+14	0	+18	+26	+41	+3	+4	+12	+20	-9	-8	0	+8	-15	-21	-20	-12	-4	0	-37	-36	-28	-43	
140	160	+520	+280	+210		+145	+85		+43		+14	0	+18	+26	+41	+3	+4	+12	+20	-9	-8	0	+8	-15	-21	-20	-12	-4	0	-37	-36	-28	-43	
160	180	+580	+310	+230		+145	+85		+43		+14	0	+18	+26	+41	+3	+4	+12	+20	-9	-8	0	+8	-15	-21	-20	-12	-4	0	-37	-36	-28	-43	
180	200	+660	+340	+240		+170	+100		+50		+15	0	+22	+30	+47	+2	+5	+13	+22	-11	-8	0	+9	-17	-25	-22	-14	-5	0	-44	-41	-33	-50	
200	225	+740	+380	+260		+170	+100		+50		+15	0	+22	+30	+47	+2	+5	+13	+22	-11	-8	0	+9	-17	-25	-22	-14	-5	0	-44	-41	-33	-50	
225	250	+820	+420	+280		+170	+100		+50		+15	0	+22	+30	+47	+2	+5	+13	+22	-11	-8	0	+9	-17	-25	-22	-14	-5	0	-44	-41	-33	-50	
250	280	+920	+460	+300		+190	+110		+56		+17	0	+25	+36	+55	+3	+5	+16	+25	-13	-9	0	+9	-20	-27	-25	-14	-5	0	-49	-47	-36	-56	
280	315	+1050	+540	+330		+190	+110		+56		+17	0	+25	+36	+55	+3	+5	+16	+25	-13	-9	0	+9	-20	-27	-25	-14	-5	0	-49	-47	-36	-56	
315	355	+1200	+600	+360		+210	+125		+62		+18	0	+29	+39	+60	+3	+7	+17	+28	-14	-10	0	+11	-21	-30	-26	-16	-5	0	-55	-51	-41	-62	
355	400	+1350	+680	+400		+210	+125		+62		+18	0	+29	+39	+60	+3	+7	+17	+28	-14	-10	0	+11	-21	-30	-26	-16	-5	0	-55	-51	-41	-62	
400	450	+1500	+760	+440		+230	+135		+68		+20	0	+33	+43	+66	+2	+8	+18	+29	-16	-10	0	+11	-23	-33	-27	-17	-6	0	-61	-55	-45	-68	
450	500	+1650	+840	+480		+230	+135		+68		+20	0	+33	+43	+66	+2	+8	+18	+29	-16	-10	0	+11	-23	-33	-27	-17	-6	0	-61	-55	-45	-68	

I.1.13 Diferències fonamentals per a forats II (ISO6, DIN7151, UNE4040)

Posició =		R				S				T				U				V				X				Y			Z			ZA	ZB	ZC	
Qualitats = (IT)		IT5	IT6	IT7	IT>7	IT5	IT6	IT7	IT>7	IT5	IT6	IT7	IT>7	IT5	IT6	IT7	IT>7	IT5	IT6	IT7	IT>7	IT5	IT6	IT7	IT>7	IT6	IT7	IT>7	IT6	IT7	IT>7	IT7	IT>7	IT>7	IT>7
Més de	Fins a																																		
-	3	-10	-10	-10	-10	-14	-14	-14	-14	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-18	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-20	-26	-26	-26	-26	-26	-26	-32	-32	-40	-60	
3	6	-14	-12	-11	-15	-18	-16	-15	-19	-22	-20	-19	-23	-22	-20	-19	-23	-27	-25	-24	-28	-27	-25	-24	-28	-32	-31	-35	-32	-31	-35	-38	-42	-50	-80
6	10	-17	-16	-13	-19	-21	-20	-17	-23	-26	-25	-22	-28	-26	-25	-22	-28	-32	-31	-28	-34	-32	-31	-28	-34	-39	-36	-42	-39	-36	-42	-46	-52	-67	-97
10	14	-20	-20	-16	-23	-25	-25	-21	-28	-30	-30	-26	-33	-30	-30	-26	-33	-37	-37	-33	-40	-37	-37	-33	-40	-47	-43	-50	-47	-43	-50	-57	-64	-90	-130
14	18	-20	-20	-16	-23	-25	-25	-21	-28	-30	-30	-26	-33	-30	-30	-26	-33	-36	-36	-32	-39	-42	-42	-38	-45	-57	-53	-60	-57	-53	-60	-70	-77	-108	-150
18	24	-25	-24	-20	-28	-32	-31	-27	-35	-38	-37	-33	-41	-38	-37	-33	-41	-44	-43	-39	-47	-51	-50	-46	-54	-59	-55	-68	-69	-65	-73	-90	-98	-136	-188
24	30	-25	-24	-20	-28	-32	-31	-27	-35	-38	-37	-33	-41	-45	-44	-40	-48	-52	-51	-47	-55	-61	-60	-56	-64	-71	-67	-75	-84	-80	-88	-110	-118	-160	-218
30	40	-30	-29	-25	-34	-39	-38	-34	-43	-44	-43	-39	-48	-56	-55	-51	-60	-64	-63	-59	-68	-76	-75	-71	-80	-89	-85	-94	-107	-103	-112	-139	-148	-200	-274
40	50	-30	-29	-25	-34	-39	-38	-34	-43	-50	-49	-45	-54	-66	-65	-61	-70	-77	-76	-72	-81	-93	-92	-88	-97	-109	-105	-114	-131	-127	-136	-171	-180	-242	-325
50	65	-36	-35	-30	-41	-48	-47	-42	-53	-61	-60	-55	-66	-82	-81	-76	-87	-97	-96	-91	-102	-117	-116	-111	-122	-138	-133	-144	-166	-161	-172	-215	-226	-300	-405
65	80	-38	-37	-32	-43	-54	-53	-48	-59	-70	-69	-64	-75	-97	-96	-91	-102	-115	-114	-109	-120	-141	-140	-135	-146	-168	-163	-174	-204	-199	-210	-263	-274	-360	-480
80	100	-46	-44	-38	-51	-66	-64	-58	-71	-86	-84	-78	-91	-119	-117	-111	-124	-141	-139	-133	-146	-173	-171	-165	-178	-207	-201	-214	-251	-245	-258	-322	-335	-445	-585
100	120	-49	-47	-41	-54	-74	-72	-66	-79	-99	-97	-91	-104	-139	-137	-131	-144	-167	-165	-159	-172	-205	-203	-197	-210	-247	-241	-254	-303	-297	-310	-387	-400	-525	-690
120	140	-57	-56	-48	-63	-86	-85	-77	-92	-116	-115	-107	-122	-164	-163	-155	-170	-196	-195	-187	-202	-242	-241	-233	-248	-293	-285	-300	-358	-350	-365	-455	-470	-620	-800
140	160	-59	-58	-50	-65	-94	-93	-85	-100	-128	-127	-119	-134	-184	-183	-175	-190	-222	-221	-213	-228	-274	-273	-265	-280	-333	-325	-340	-408	-400	-415	-520	-535	-700	-900
160	180	-62	-61	-53	-68	-102	-101	-93	-108	-140	-139	-131	-146	-204	-203	-195	-210	-246	-245	-237	-252	-304	-303	-295	-310	-373	-365	-380	-458	-450	-465	-585	-600	-780	-1000
180	200	-71	-68	-60	-77	-116	-113	-105	-122	-160	-157	-149	-166	-230	-227	-219	-236	-278	-275	-267	-284	-344	-341	-333	-350	-416	-408	-425	-511	-503	-520	-653	-670	-880	-1150
200	225	-74	-71	-63	-80	-124	-121	-113	-130	-174	-171	-163	-180	-252	-249	-241	-258	-304	-301	-293	-310	-379	-376	-368	-385	-461	-453	-470	-566	-558	-575	-723	-740	-960	-1250
225	250	-78	-75	-67	-84	-134	-131	-123	-140	-190	-187	-179	-196	-278	-275	-267	-284	-334	-331	-323	-340	-419	-416	-408	-425	-511	-503	-520	-631	-623	-640	-803	-820	-1050	-1350
250	280	-87	-85	-74	-94	-151	-149	-138	-158	-211	-209	-198	-218	-308	-306	-295	-315	-378	-376	-365	-385	-468	-466	-455	-475	-571	-560	-580	-701	-690	-710	-900	-920	-1200	-1550
280	315	-91	-89	-78	-98	-163	-161	-150	-170	-233	-231	-220	-240	-343	-341	-330	-350	-418	-416	-405	-425	-518	-516	-505	-525	-641	-630	-650	-781	-770	-790	-980	-1000	-1300	-1700
315	355	-101	-97	-87	-108	-183	-179	-169	-190	-261	-257	-247	-268	-383	-379	-369	-390	-468	-464	-454	-475	-583	-579	-569	-590	-719	-709	-730	-889	-879	-900	-1129	-1150	-1500	-1900
355	400	-107	-103	-93	-114	-201	-197	-187	-208	-287	-283	-273	-294	-428	-424	-414	-435	-523	-519	-509	-530	-653	-649	-639	-660	-809	-799	-820	-989	-979	-1000	-1279	-1300	-1650	-2100
400	450	-119	-113	-103	-126	-225	-219	-209	-232	-323	-317	-307	-330	-483	-477	-467	-490	-588	-582	-572	-595	-733	-727	-717	-740	-907	-897	-920	-1087	-1077	-1100	-1427	-1450	-1850	-2400
450	500	-125	-119	-109	-132	-245	-239	-229	-252	-353	-347	-337	-360	-533	-527	-517	-540	-653	-647	-637	-660	-813	-807	-797	-820	-987	-977	-1000	-1237	-1227	-1250	-1577	-1600	-2100	-2600

I.1.14 Qualitat d'elaboració dels calibres tampó / ferradura

Grupo de diámetros	CALIDAD DE LA PIEZA																							
	5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16	
	H	H ₁	H	H ₁	H	H ₁	H	H ₁	H	H ₁	H	H ₁	H	H ₁	H	H ₁	H	H ₁	H	H ₁	H	H ₁	H	H ₁
> 1 - 3	1,2	1,2	1,2	2	2	2	2	3	2	3	2	3	4	4	4	4	10	10	10	10	10	10	10	10
> 3 - 6		1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4	2,5	4	2,5	4	5	5	5	5	12	12	12	12	12	12	12	12
> 6 - 10		1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4	2,5	4	2,5	4	6	6	6	6	15	15	15	15	15	15	15	15
> 10 - 18		2	2	3	3	3	3	5	3	5	3	5	8	8	8	8	18	18	18	18	18	18	18	18
> 18 - 30		2,5	2,5	4	4	4	4	6	4	6	4	6	9	9	9	9	21	21	21	21	21	21	21	21
> 30 - 50		2,5	2,5	4	4	4	4	7	4	7	4	7	11	11	11	11	23	23	23	23	23	23	23	23
> 50 - 80		3	3	5	5	5	5	8	5	8	5	8	13	13	13	13	30	30	30	30	30	30	30	30
> 80 - 120		4	4	6	6	6	6	10	6	10	6	10	15	15	15	15	35	35	35	35	35	35	35	35
>120 - 180		5	5	8	8	8	8	12	8	12	8	12	18	18	18	18	40	40	40	40	40	40	40	40
>180 - 250		7	7	10	10	10	10	14	10	14	10	14	20	20	20	20	46	46	46	46	46	46	46	46
>250 - 315		8	8	12	12	12	12	16	12	16	12	16	23	23	23	23	52	52	52	52	52	52	52	52
>315 - 400		9	9	13	13	13	13	18	13	18	13	18	25	25	25	25	57	57	57	57	57	57	57	57
>400 - 500		10	10	15	15	15	15	20	15	20	15	20	27	27	27	27	63	63	63	63	63	63	63	63

I.1.15 Magnituds d'excés en previsió del desgast dels calibres tipus tampó / ferradura

Grupo de diámetros	Calidad de la pieza																																					
	5			6			7			8			9			10			11			12			13			14			15			16				
	z	y	a	z	y	a	z	y	a	z	y	a	z	y	a	z	y	a	z	y	a	z	y	a	z	y	a	z	y	a	z	y	a	z	y	a	z	y
1 - 3	-	-		1	1		1,5	1,5	-	2	3	-	5	-	-	5	-	-	10	-	-	10	-	-	20	-	-	20	-	-	40	-	-	40	-	-		
	1	1		1,5	1,5		1,5	1,5	-	2	3	-	5	-	-	5	-	-	10	-	-	10	-	-	20	-	-	20	-	-	40	-	-	40	-	-		
3 - 6	-	-		1,5	1		2	1,5	-	3	3	-	6	-	-	6	-	-	12	-	-	12	-	-	24	-	-	24	-	-	48	-	-	48	-	-		
	1	1		2	1,5		2	1,5	-	3	3	-	6	-	-	6	-	-	12	-	-	12	-	-	24	-	-	24	-	-	48	-	-	48	-	-		
6 - 10	-	-		1,5	1		2	1,5	-	3	3	-	7	-	-	7	-	-	14	-	-	14	-	-	28	-	-	28	-	-	56	-	-	56	-	-		
	1	1		2	1,5		2	1,5	-	3	3	-	7	-	-	7	-	-	14	-	-	14	-	-	28	-	-	28	-	-	56	-	-	56	-	-		
10 - 18	-	-		2	1,5		2,5	2	-	4	4	-	8	-	-	8	-	-	16	-	-	16	-	-	32	-	-	32	-	-	64	-	-	64	-	-		
	1,5	1,5		2,5	2		2,5	2	-	4	4	-	8	-	-	8	-	-	16	-	-	16	-	-	32	-	-	32	-	-	64	-	-	64	-	-		
18 - 30	-	-		2	1,5		3	3	-	5	4	-	9	-	-	9	-	-	19	-	-	19	-	-	36	-	-	36	-	-	72	-	-	72	-	-		
	1,5	2		3	3		3	3	-	5	4	-	9	-	-	9	-	-	19	-	-	19	-	-	36	-	-	36	-	-	72	-	-	72	-	-		
30 - 50	-	-		2,5	2		3,5	3	-	6	5	-	11	-	-	11	-	-	22	-	-	22	-	-	42	-	-	42	-	-	80	-	-	80	-	-		
	2	2		3,5	3		3,5	3	-	6	5	-	11	-	-	11	-	-	22	-	-	22	-	-	42	-	-	42	-	-	80	-	-	80	-	-		
50 - 80	-	-		2,5	2		4	3	-	7	5	-	13	-	-	13	-	-	25	-	-	25	-	-	48	-	-	48	-	-	90	-	-	90	-	-		
	2	2		4	3		4	3	-	7	5	-	13	-	-	13	-	-	25	-	-	25	-	-	48	-	-	48	-	-	90	-	-	90	-	-		
80 - 120	-	-		3	3		5	4	-	8	6	-	15	-	-	15	-	-	28	-	-	28	-	-	54	-	-	54	-	-	100	-	-	100	-	-		
	2,5	3		5	4		6	4	-	9	6	-	18	-	-	18	-	-	32	-	-	32	-	-	54	-	-	54	-	-	100	-	-	100	-	-		
120 - 180	-	-		4	3		6	4	-	9	6	-	18	-	-	18	-	-	32	-	-	32	-	-	60	-	-	60	-	-	110	-	-	110	-	-		
	3	3		6	4		7	3	3	12	3	4	21	4	4	24	7	7	40	10	10	32	-	-	60	-	-	60	-	-	110	-	-	110	-	-		
180 - 250	-	-	-	5	2	2	7	3	3	12	3	4	21	4	4	24	7	7	40	10	10	45	15	15	80	25	25	100	45	45	170	70	70	210	110	110		
	4	2	1	7	3	2	8	3	4	14	3	6	24	6	6	27	9	9	45	15	15	45	15	15	80	25	25	100	45	45	170	70	70	210	110	110		
250 - 315	-	-	-	6	2	3	8	3	4	14	3	6	24	6	6	27	9	9	45	15	15	50	20	20	90	35	35	110	55	55	190	90	90	240	140	140		
	5	1,5	1,5	8	3	3	10	2	6	16	2	7	28	7	7	32	11	11	50	15	15	50	20	20	90	35	35	110	55	55	190	90	90	240	140	140		
315 - 400	-	-	-	7	2	4	10	2	6	16	2	7	28	7	7	32	11	11	50	15	15	65	30	30	100	45	45	125	70	70	210	110	110	280	180	180		
	6	1,5	2,5	10	2	4	11	2	7	18	2	9	32	9	9	37	14	14	55	20	20	65	30	30	100	45	45	125	70	70	210	110	110	280	180	180		
400 - 500	-	-	-	8	2	5	11	2	7	18	2	9	32	9	9	37	14	14	55	20	20	70	35	35	110	55	55	145	90	90	240	140	140	320	220	220		
	7	1,5	3	11	2	5																70	35	35	110	55	55	145	90	90	240	140	140	320	220	220		

2 TÈCNiques D'INSPECCIÓ

2.1 Errors de mesura

2.1.1 Fórmules generals

- $\varepsilon(k \cdot x) = k \cdot \varepsilon(x)$
- $\varepsilon(x_1 \pm x_2 \pm \dots \pm x_n) \leq \varepsilon(x_1) + \varepsilon(x_2) + \dots + \varepsilon(x_n)$
- $e\left(\frac{x_1 \cdot x_2}{x_3}\right) \leq e(x_1) + e(x_2) + e(x_3)$
- $\varepsilon(y)$ on $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow$
 $\rightarrow \varepsilon(y) \leq \left| \frac{\partial y}{\partial x_1} \right| \cdot \varepsilon(x_1) + \left| \frac{\partial y}{\partial x_2} \right| \cdot \varepsilon(x_2) + \dots + \left| \frac{\partial y}{\partial x_n} \right| \cdot \varepsilon(x_n)$
- $\mu = \lim_{n \rightarrow \infty} \bar{x} \rightarrow \bar{x} = \left(\frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \right)$; $\sigma = \lim_{n \rightarrow \infty} s \rightarrow s^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$

2.1.2 Criteris de rebuig

- Deterministes:

$n \leq 20 \rightarrow 1$ dada
 $n > 20 \rightarrow 2$ dades

Probabilitats

- **Chauvenet**: $[\bar{x} - K \cdot S, \bar{x} + K \cdot S]$

n	K	n	K
2	1.15	15	2.13
3	1.38	20	2.24
4	1.54	25	2.33
5	1.65	30	2.40
6	1.73	40	2.48
7	1.80	50	2.57
8	1.86	100	2.81
9	1.92	300	3.14
10	1.96	500	3.29
		1000	3.48

- **Huber**: $[x^* - K \cdot d^*, x^* + K \cdot d^*]$
 $x^* = \text{mediana } x_i$
 $d^* = \text{mediana } (x_i - x^*)$

n	K
≤ 20	3.5
> 20	4

- **Dixon**: $x_{(1)}, x_{(2)}, \dots, x_{(n)}$

$$D = \frac{x_{(q)} - x_{(r)}}{x_{(s)} - x_{(t)}}; \bar{D} = \max(D_a, D_b); D_1 (95\%); D_2 (99\%)$$

n	D_a				D_b			
	q	r	s	t	q	r	s	t
$3 \leq n \leq 7$	2	1	n	1	n	n-1	n	1
$38 \leq n \leq 12$	2	1	n-1	1	n	n-1	n	2
$13 \leq n$	3	1	n-2	1	n	n-2	n	3

- $\bar{D} > D_1$ rebutgem:
 x_1 si $\bar{D} = D_a$
 x_n si $\bar{D} = D_b$
- $D_2 > \bar{D} > D_1$
 x_1 ó x_n

2.1.3 Calibratge d'aparells de mesura

- Percentatge d'àrea a de la corba de Gauss compresa en $\mu \pm k \sigma$

W	0.6745	1	1.96	2	2.58	3
a (%)	50	68.3	95	95.5	99	99.7

- Càlcul de la Incertesa:

Al voltant d'un punt:

- **Mètode tradicional:** $\Delta x_c = x_o - \bar{x}$; $I = I_o + \frac{w \cdot s}{\sqrt{n_c}}$
- **CIPM:** $\Delta x_c = x_o - \bar{x}$; $I^2 = \left(\frac{w}{w_o}\right)^2 I_o^2 + \frac{w^2 \cdot s_c^2}{n_c} + \frac{w^2 \cdot s^2}{n}$

D'un Instrument (Incertesa global):

- **Mètode simplificat:**

Del calibratge dels N punts : $l_i = (\Delta x_c)_i$

$$\Delta x_g = \frac{\sum (\Delta x_c)_i}{N} ; \partial_i = (\Delta x_c)_i - \Delta x_g$$

$$(I_g)^2 = \max\{ I_i^2 + \partial_i^2 \}$$

2.1.4 Relació T / I / D

$$3 \leq \frac{T}{2I} \leq 10 (12) ; \quad 1 \leq \frac{I}{D} \leq 8 (10)$$

3 RUGOSITAT SUPERFICIAL

- Paràmetres normalitzats

Lb	25	8	2.5	0.8	0.25	0.08
Ln	(1 Lb, 5 Lb)	(2 Lb, 5 Lb)	(2Lb, 6 Lb)	(3Lb, 10Lb)	(5 Lb, 20 Lb)	(5Lb, 25 Lb)

- L_m :

$$\sum (\text{distàncies del perfil a la línia})^2 \text{ és mínim}$$

- CLA ó Lc:

$$\sum \text{Àrea} + = \sum \text{Àrea} -$$

- $R_y = R_{pic} + R_{vall}$

$$R_z = \frac{\sum_1^5 R_p + \sum_1^5 R_v}{5}$$

$$R_a = \frac{\sum (A+) + \sum |A-|}{Lb} \quad \text{ó} \quad R_a = \frac{\sum R_p + \sum R_v}{n}$$

4 TEORIA DE TALL

4.1.1 Formació de la ferritja

$$t_c = AC \cdot \cos(\phi - \gamma)$$

$$r = \frac{t}{t_r}$$

$$t = AC \cdot \sin(\phi)$$

$$\varepsilon = \frac{1}{r}$$

$$\tan \phi = \frac{r \cdot \cos \gamma}{1 - r \cdot \sin \gamma} = \frac{\cos \gamma}{\varepsilon - \sin \gamma}$$

Triangle de velocitats

$$V_s = \frac{V_c \cdot \cos \gamma}{\cos(\phi - \gamma)} \quad V_v = \frac{V_c \cdot \sin \gamma}{\cos(\phi - \gamma)}$$

$$\frac{V_c}{\sin(90^\circ - \phi + \gamma)} = \frac{V_s}{\sin(90^\circ - \gamma)} = \frac{V_v}{\sin \phi}$$

4.1.2 Tall ortogonal

$$F = F_N + F_R = F_\tau + F_\sigma = F_c + F_h$$

$$F_N = F \cdot \cos \rho \quad F_c = F \cdot \cos(\rho - \gamma) \quad F_\tau = F \cdot \cos(\phi + \rho - \gamma)$$

$$F_R = F \cdot \sin \rho \quad F_h = F \cdot \sin(\rho - \gamma) \quad F_\sigma = F \cdot \sin(\phi + \rho - \gamma)$$

$$F_\tau = \tau \cdot A_s \quad AC = \frac{h}{\sin \phi} \quad \mu = \tan \rho = \frac{F_R}{F_N}$$

$$F_\sigma = \sigma \cdot A_s \quad A_s = \frac{h \cdot b}{\sin \phi}$$

$$\tau = \frac{F_\tau}{A_s} = \frac{(F_c \cdot \cos \phi - F_h \cdot \sin \phi) \cdot \sin \phi}{h \cdot b}$$

$$\sigma = \frac{F_\sigma}{A_s} = \frac{(F_c \cdot \cos \phi + F_h \cdot \sin \phi) \cdot \sin \phi}{h \cdot b}$$

$$\mu = \tan \rho = \frac{F_h + F_c \cdot \tan \gamma}{F_c - F_h \cdot \tan \gamma}$$

4.1.3 Model de ERNST-MERCHANT

$$\tau = \frac{F_\tau}{S} = \frac{F \cdot \cos(\phi + \rho - \gamma) \cdot \sin \phi}{h \cdot b}$$

Materials plàstics $2\phi = \frac{\pi}{2} + \gamma - \rho$

$$\tau_s = \tau + k \cdot \sigma \quad c = \operatorname{atan}\left(\frac{1}{k}\right)$$

Materials durs $2\phi + \rho - \gamma = c$

4.1.4 Model de LEE-SHAFFER

$$\tau_{\max} \text{ pla de cisalla} \quad \Rightarrow 2\alpha = \frac{\pi}{2} \rightarrow \theta = \frac{\pi}{4} \quad (\text{per Mohr})$$

$$\frac{\pi}{4} = \phi + \rho - \gamma \quad \rightarrow \rho = 45^\circ \wedge \gamma = 0^\circ \Rightarrow \phi = 0^\circ$$

4.1.5 Potència de tall. Mètode de la pressió específica

$$K_s = \frac{F_c}{A} \quad A_s = \frac{A}{\sin \phi} \quad F = \tau \cdot A_s$$
$$F_c = F \cdot \cos(\rho - \gamma) \quad F_c = 2 \cdot \tau_s \cdot A \cdot \frac{1}{\tan \phi} \rightarrow K_s = 2 \cdot \tau_s \cdot \frac{1}{\tan \phi}$$
$$F_\tau = F \cdot \cos(\phi + \rho - \gamma)$$

5 DURACIÓ DE LES EINES. Estudi Econòmic

5.1.1 Equacions de vida d'una eina. Model de Taylor

$$V_c = K \cdot T^{-n}$$
$$V_c = k \cdot a^{-a'} \cdot p^{-p'} \cdot T^{-n}$$

5.1.2 Temps total de mecanitzat

$$t_t = t_p + t_i + t_c + t_{ch} \cdot \frac{t_c}{T}$$

5.1.3 Cost total de mecanitzat

$$C_t = C_p + C_i + C_c + C_h = P_0 \left(t_p + t_i + t_c + t_{ch} \cdot \frac{t_c}{T} \right) + C_a \cdot \frac{t_c}{T} = P_0 \cdot t_t + C_a \cdot \frac{t_c}{T}$$

5.1.4 Règim de Màxima Producció

$$T_{MP} = \frac{1-n}{n} \cdot t_{ch} \quad V_{MP} = K \cdot \left(\frac{n}{(1-n)t_{ch}} \right)^n$$

5.1.5 Règim de Cost Mínim

$$T_{CM} = \frac{1-n}{n} \cdot \left(t_{ch} + \frac{C_a}{P_0} \right) \quad V_{CM} = K \cdot \left(\frac{n P_0}{(1-n)(P_0 t_{ch} + C_a)} \right)^n$$

5.1.6 Regim de màxim benefici

$$B = \frac{P_{venda} - C_t}{t_t}$$

6 DEFORMACIÓ DE XAPA

6.1.1 Tall de xapes

Força per punxonament	$F_c = S_c \cdot R_c = Per \cdot e \cdot R_c$
Força en cisalla-guill.	$F_c = \frac{e^2}{2 \cdot \tan \alpha} \cdot R_c \quad R_c \approx \left(\frac{3}{4} \div \frac{4}{5} \right) \cdot \sigma_t$
Jocs entre punxó i estampa	$j = 0,05 + 0,02 \cdot e^2$ (acers durs) $j = 0,04 + 0,015 \cdot e^2$ (acer dolç, llautó) $j = 0,03 + 0,005 \cdot e^2$ (alumini)
Aprofitament del material	$Sep \geq e$

6.1.2 Doblegat de xapes

Radis mínims	$R_{i-\min} = \frac{e}{2} \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon} - 1 \right) = C \cdot e$
Recuperació elàstica	$K_r = \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \frac{180^\circ - \beta_2}{180^\circ - \beta_1} = \frac{R_{i1} + \frac{e}{2}}{R_{i2} + \frac{e}{2}}$
Força:	
Doblegat simple simètric.	$F = \frac{2 \cdot b \cdot e^2}{3 \cdot l} R_d$; on $R_d \approx (2-3) \cdot \sigma_t$
Doblegat en U	$F = \frac{1}{3} \cdot b \cdot e \cdot R_d + F_{molla}$
Desenvolupament de la longitud	$L_0 = \sum_{j=1}^n \frac{\pi}{180} \cdot \alpha_j \cdot (R_i + y) + \sum_{k=1}^m a_k$

6.1.3 Embotició

Jocs entre punxó i estampa $j = (2,2 \div 2,4) \cdot e$ (per acers)

Nº de fases $n = \frac{h}{d \cdot \psi}$

on ψ és 0,33 – 0,44 per l'acer
0,44 – 0,65 per l'alumini
0,57 – 0,75 pel llautó

Prof. en cada fase $h_n = n \cdot \psi \cdot d_n$

Força $F = \frac{p \cdot e \cdot R_d}{6} + F_m \quad R_d = (3 \div 5) \cdot \sigma_t$

7 CONFORMACIÓ PER FOSA

7.1.1 Circulació del metall líquid

$$R_e = \frac{\delta \cdot v \cdot d}{\eta} \quad t_1 = K \cdot \left(\frac{V}{S} \right)^2$$

T. de Bernoulli: $h + \frac{p}{\rho \cdot g} + \frac{v^2}{2 \cdot g}$

T. de continuïtat de la massa : $A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$

7.1.2 Força metal·lostàtica

$$F = S \cdot \rho \cdot h$$

8 CONFORMAT PER ARRANCADA DE FERRITJA

8.1.1 Règim de les màquines rotatives a partir de V_c

$$N(\text{r.p.m.}) = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot D}$$

8.1.2 Forces i potències de tall

General $F_c = f_e \cdot S_c = k \cdot \sigma_t \cdot S_c = k \cdot \sigma_t \cdot a \cdot p$ on $k = 5 \div 3$
 $N_c = F_c \cdot V_c$
 $N_m \geq \frac{N_c}{\rho}$

Fresatge $S_c = b \cdot p$
 $N_c = F_c \cdot V_a$

Foradament $S_c = \frac{(D-d) \cdot a}{4}$ $F_c = f_e \cdot 2 \cdot S_c$
 $M_c = F_c \cdot \left(\frac{D+d}{4} \right)$
 $N_c = F_c \cdot V_{\text{Cmitja}} = F_c \cdot V_c \cdot \left(\frac{D+d}{2D} \right)$ (d = forat previ)

Brotxatge $S_c = P_c \cdot \Delta R \cdot \left\| \frac{l}{\text{pas}} \right\|_{(\text{part_entera_per_excés})}$

8.1.3 Temps de mecanitzat

Torn	Cilindratge	$t_c = \frac{l}{a \cdot N} = \frac{l}{V_a}$
	Escairament a N. cte.	$t_c = \frac{ D_{ini} - D_{fin} }{2 \cdot a \cdot N}$
	Escairament a Vc. cte.	$t_c = \frac{\pi D_{ini}^2 - D_{fin}^2 }{4000 \cdot V_c \cdot a}$
Fresadora	Fres. tangencial	$t_c = \frac{l + \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{D}{2} - p\right)^2} + (s)}{V_a}$
	Fres. frontal	$t_c = \frac{l + \frac{D}{2} + (s)}{V_a}$
Foradament		$t_c = \frac{l + \left[\frac{D}{2 \cdot \tan\left(\frac{\epsilon}{2}\right)} \right]}{V_a}$
A partir del cabal de ferritja		$Q_v \leq \frac{N_m \cdot p}{f_e}$ $t_c \approx \frac{Vol.}{Q_v}$

8.1.4 Construcció de cònics al torn

Angle de inclinació (generatriu)	$\tan(\alpha) = \frac{D-d}{2 \cdot l}$
Angle de conicitat	$\beta = 2 \cdot \alpha$
Conicitat en %	$c(\%) = 100 \cdot \frac{D-d}{l}$
Conicitat en A:B	$c\left(\frac{A}{B}\right) = \frac{D-d}{l}$

Construcció per mitjà del carro orientable: AJUSTAR A L'ANGLE DE INCLINACIÓ α

Construcció per desplaçament de contrapunt: $a = L \cdot \sin(\alpha)$

8.1.5 Roscat amb torn paral·lel

$$\frac{P.O.}{P.B.} = i_1 \cdot i_2 \cdot \dots \quad \text{Només amb la guitarra: } \frac{P.O.}{P.B.} = \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4}$$

1' polzada = 25,4mm.

Rodes habituals Z = (25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120, 125, 127)

8.1.6 Divisió directe amb divisor 40:l

$$\frac{40}{Z} = X(\text{voltes}) + \frac{Y(\text{forats})}{C(\text{cerclle})}$$

Cercles habituals C = (24, 25, 28, 30, 34, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 46, 47, 49, 51, 53, 54, 57, 58, 59, 62, 66)

8.1.7 Divisió diferencial amb divisor 40:l

$$\frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4} = \left| \frac{Z - Z_{\text{aprox}}}{Z_{\text{aprox}}} \right| \cdot 40$$

Rodes habituals $Z_i = (24, 28, 30, 32, 36, 37, 40, 48, 49, 56, 60, 64, 66, 68, 72, 76, 78, 80, 86, 90, 96, 100)$

8.1.8 Fresatge helicoidal amb divisor 40:l

Angle d'orientació de la taula $\tan(\beta) = \frac{\pi D_p}{\text{pas}}$

Tren de rodes $\frac{\text{P.O.}}{40 \cdot \text{P.F.}} = \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4}$

Rodes habituals $Z_i = (24, 28, 30, 32, 36, 37, 40, 48, 49, 56, 60, 64, 66, 68, 72, 76, 78, 80, 86, 90, 96, 100)$

8.1.9 Aproximació per fraccions contínues

$$\frac{D}{d} = C_1 + \frac{R_1}{d_1}$$

	C_1	C_2	C_3	...	C_{k-2}	C_{k-1}	C_k
D	d	R_1	R_2	...	R_{k-3}	R_{k-2}	1
R_1	R_2	R_3	R_4	...	1	0	

Reduïdes $R_n = \frac{C_n \cdot N_{n-1} + N_{n-2}}{C_n \cdot D_{n-1} + D_{n-2}} ; \quad \frac{N_0}{D_0} = \frac{1}{0} ; \quad \frac{N_{-1}}{D_{-1}} = \frac{0}{1}$

8.1.10 Engranatges rectes no corregits. Dades constructives

$D_p = Z \cdot m$ $D_e = (Z + 2) \cdot m$ $h = 2,25 \cdot m$

Diametral Pitch $m = \frac{25,4}{\text{D.P.}}$ Cremalleres: $\text{Pas} = \pi \cdot m$

8.1.11 Engranatges helicoidals no corregits. D. constructives

$m_c = \frac{m_n}{\cos(\beta)}$ $D_p = Z \cdot m_c$ $D_e = D_p + 2 \cdot m_n$ $h = 2,25 \cdot m_n$

Pas de l'hèlix $\text{Pas} = \frac{\pi \cdot D_p}{\tan(\beta)}$