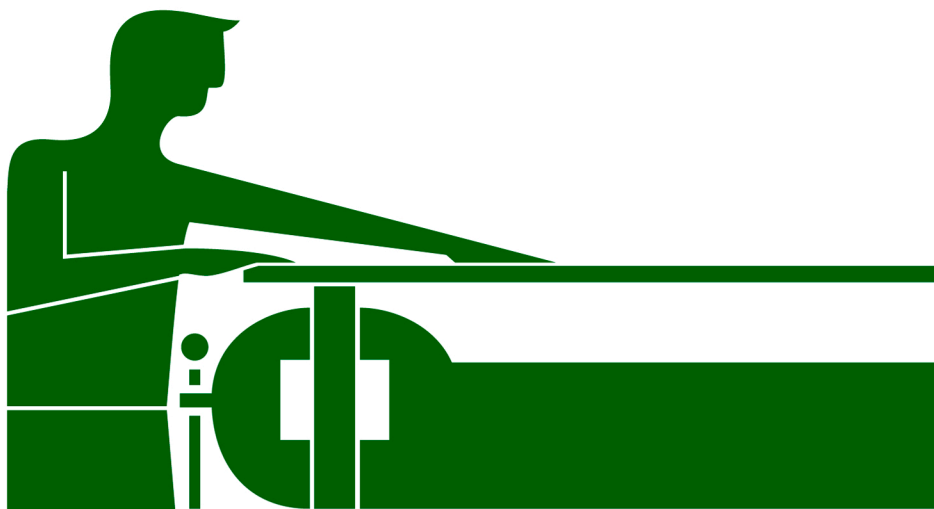
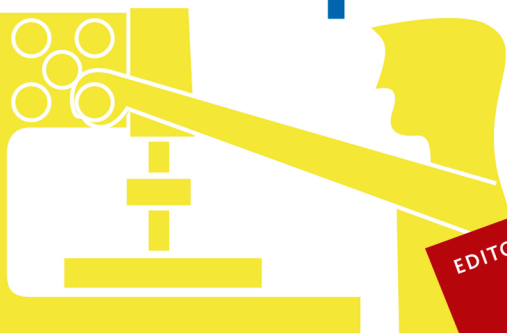


SCHRÖCK



**MONTAJE
AJUSTE
VERIFICACIÓN**
de elementos
de máquinas



EDITORIAL REVERTÉ

JOSEPH SCHRÖCK
Offenbach / M.

MONTAJE
AJUSTE
VERIFICACIÓN
de
elementos de máquinas



Aspectos de las piezas, función que
realizan y modo de acoplarlas



EDITORIAL
REVERTÉ

Barcelona · Bogotá · Buenos Aires · México

Título de la obra original:

FUGEN – PASSEN – PRUFEN von Maschinenteilen

Edición original en lengua inglesa publicada por

Georg Westermann Verlag, Braunschweig

Copyright © Georg Westermann Verlag.

Edición en papel

© Editorial Reverté, S. A., 1982

ISBN: 978-84-291-6075-8

Edición ebook (PDF)

© Editorial Reverté, S. A., 2021

ISBN: 978-84-291-9155-4

Versión española coordinada y traducida por:

Dr. Carlos Sáenz de Magarola

Ingeniero Industrial

Propiedad de:

EDITORIAL REVERTÉ, S. A.

Loreto, 13-15. Local B

Tel: (34) 93 419 33 36

08029 Barcelona, España

reverte@reverte.com

www.reverte.com

Reservados todos los derechos. La reproducción total o parcial de esta obra, por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos, queda rigurosamente prohibida sin la autorización escrita de los titulares del copyright, bajo las sanciones establecidas por las leyes.

INTRODUCCION

Una máquina, generalmente construida por muchas manos, tiene que satisfacer determinadas exigencias. La máquina constituye un organismo formado por muchos elementos. La función precisa de los distintos elementos u órganos constituyentes es de importancia decisiva para el valor mecánico de la máquina construida. La "estructura interior" de una máquina tiene que ser exactamente conocida por todos aquellos que intervienen en su construcción. Únicamente con un tal conocimiento de la materia puede quedar garantizada la construcción técnicamente correcta de la máquina.

Para cada órgano —o sea para cada **elemento constructivo** del organismo— tiene que existir claridad

sobre la misión y funcionamiento del elemento,

sobre la subordinación del mismo respecto a las piezas que colaboran en la función y

sobre el modo de acoplarlo en el grupo de elementos constructivos

Este problema parece al principio muy polimórfico y difícil de abarcar, sobre todo si se piensa en que en el acoplamiento todo el trabajo mental que hay que desarrollar, tal como el de observar, comparar, premeditar, combinar, autoverificar y justificar, tiene que ser guiado por un verdadero conocimiento técnico de la materia.

A pesar del polifacético aspecto de este problema puede, empero, dejarse establecido que muchos miembros del organismo de la máquina se repiten siempre, en general con otra disposición o para fines parecidos, pero teniendo siempre mucho de común. Poniendo de manifiesto lo que hay de común resulta posible encontrar un principio de ordenación para el complicado problema. Puede establecerse una ordenación con arreglo a lo siguiente:

aspecto de las piezas

función que realizan las piezas

modo de acoplar las piezas.

De acuerdo con esto, el plan para la exposición de materias en esta obra se ha establecido según el principio de ordenación siguiente: Forma, función y modo de acoplar las piezas. Se ha podido de este modo resumir y ordenar ampliamente las materias y hacer muchas referencias a las relaciones entre unas y otras. El cuerpo de doctrina de este modo constituido permite ver claramente las relaciones entre la función de los distintos elementos constructivos y la acción conjunta de varias piezas, entre el modo de acoplarse y las exigencias funcionales, entre los resultados del acoplamiento y el desempeño de la función.

La aplicación de estos conocimientos conduce cuando se trata de acoplar y verificar, a consideraciones técnicamente correctas, a un trabajo técnicamente intachable y a que se puedan tomar durante la labor medidas igualmente de acuerdo con la técnica más pura.

Con objeto de mejorar la claridad, se ha hecho uso de tablas que hacen posible también la más fácil y segura orientación.

Se ha procurado también coadyuvar al orden, a la mejor visión de conjunto y a la claridad gracias a la constitución gráfica del libro y en especial mediante figuras claras y expresivas y con el empleo de un segundo color.

De este modo se espera que este libro constituya una ayuda para el **constructor de máquinas**, en el taller y en las escuelas profesionales y para todo aquel que interesado en estas cuestiones quiera progresar en su profesión.

Observación para el lector:

El contenido de este libro está caracterizado por llevar diferentes símbolos en sus páginas. Este modo especial de distribuir la obra en diversas materias está protegido para la editorial Georg Westermann mediante una patente de la Alemania Federal.

Cuatro símbolos distintos caracterizan las páginas de este libro indicando el contenido de cada una de ellas.



Montaje de piezas



Ajuste de piezas



Verificación de piezas



Nociones sobre las piezas de máquina

NOTA. Las llamadas que aparecen en las distintas páginas se hallan al final de la obra (páginas 300-301).

INDICE DE MATERIAS

DESDE LA PIEZA HASTA LA MAQUINA

1. Significado del plano de conjunto	10
2. Muchos planos	11
3. Montaje de una máquina	12
4. Dos clases de montaje	13
5. De la forma de las piezas	14
6. Discrepancias de forma en las superficies de las piezas	15
7. Aspereza en superficies de piezas	16
8. Posiciones de superficies cuando estas son de la misma clase	18

ACOPLAMIENTO DE PIEZAS

9. Ordenación de los trabajos de acoplamiento	22
Acoplamiento de piezas entre sí	
10. Problemas diversos	23
Acoplamiento mutuo de superficies de unión	
11. Piezas sencillas con superficies de unión	24
12. Ejecución de uniones atornilladas sencillas	25
13. Tornillos, tuercas, arandelas	28
Acoplamiento mutuo de superficies de unión y de superficies de apoyo o sustentación	
14. Acoplamiento exacto en cuanto a posición de piezas con superficies de unión y de apoyo	35
15. Verificación de la planitud de superficies	37
16. Verificación de la exactitud de la posición de superficies	40
17. Montaje exacto en cuanto a posición	44
18. Verificación de la posición de montaje	47
Acoplamiento estanco mediante empleo de medios obturadores	48
19. Piezas con superficies de junta	48
20. Preparación previa de las superficies de junta	50
21. Medios obturadores plásticos prensados	52
22. Verificación de uniones estancas	53
Acoplamiento estanco sin emplear medios obturadores	54
23. Piezas con recintos sin presión y con recintos a presión	54
24. Preparación de superficies de junta	55
25. Rasquetado de superficies de junta	57
26. Esmerilado de superficies de junta	58
27. Prensado hermético sin medios obturadores, mediante atornillado	59
Encaje de piezas	
28. Nociones fundamentales sobre el ajuste	62
29. Verificación de piezas de ajuste	70
30. Grupos y sistemas de ajuste	73
31. Ajuste de juego	76
Acoplamiento de árboles en sus soportes	77
32. Distintos tipos de soportes	77
33. Carga y engrase de soportes de deslizamiento	78
34. Tipo de soportes de deslizamiento	82

35. Preparación de los árboles para ser soportados	89
36. Soportes de árboles en cajas de engranajes	90
37. Colocación de soportes de husillo	92
38. Acoplamiento de casquillos de soporte listos para montaje	95
39. Acoplamiento de soportes partidos	96
40. Montaje de husillos y árboles de accionamiento en soportes principales	98
Acoplamiento de soportes de rodadura	101
41. Constitución de los soportes de rodadura	101
42. El cojinete de bolas acanalado	106
43. Montaje de un cojinete de bolas acanalado	108
44. Soporte de rodillos para grandes esfuerzos	116
45. Rodamiento de agujas	123
46. Desmontaje de rodamientos de rodillos	132
Acoplamiento de un mecanismo de palanca (asiento prensado)	135
47. Misión y formas de un mecanismo de palanca	135
48. Acoplamiento de ajustes de presión	138
49. Verificación de las piezas de ajuste	140
50. Montaje a presión del eje	141
51. Verificación de la situación del acoplamiento	143
Acoplamiento de un mecanismo de cadena (asiento forzado)	144
52. Misión y formas de un mecanismo de cadena	144
53. Acoplamiento de piezas ajustadas con asiento forzado	147
54. Las uniones enchavetadas	149
55. Otros tipos de unión	151
56. Verificación de las piezas ajustadas	152
57. Verificación del dentado para cadena	152
58. Verificación de la situación del montaje	153
Acoplamiento de un mecanismo de correas (asiento de adherencia)	155
59. Misión y formas de un accionamiento por correa	155
60. Piezas motrices de un accionamiento por correa	157
61. Acoplamiento con asiento de adherencia	165
62. Condiciones en los mecanismos de accionamiento por correa	166
63. Verificación del desequilibrado	171
64. Asiento de las poleas para correas provisto de ajuste de adherencia	172
65. Verificación de la situación del acoplamiento	174
Acoplamiento de ruedas dentadas frontales	175
66. Misión y formas de las ruedas frontales o cilíndricas	175
67. Exigencias impuestas a las ruedas frontales y a los árboles motores	176
68. Magnitudes determinativas del dentado	178
69. Ruedas frontales	181
70. Verificación de ruedas frontales	182
71. Acoplamiento de las piezas motrices	188
72. Aseguramiento contra el desplazamiento	192
73. Verificación de la situación del acoplamiento	193
74. Acoplamiento de pares de ruedas dentadas y árboles motrices	195
Acoplamiento de un mecanismo de cremallera	196
75. Misión y forma del mecanismo de cremallera	196
76. Acoplamiento de la cremallera en su pieza soporte	198
77. Acoplamiento de piezas de ajuste planas	199
78. Ajuste de asiento de deslizamiento	200
79. Verificación de las piezas de ajuste	200

80. Acoplamiento de las cremalleras	204
81. Verificación de la situación del montaje	205
Acoplamiento de ruedas cónicas (asiento de deslizamiento)	207
82. Misión y formas de las ruedas cónicas	207
83. Accionamiento por ruedas cónicas	208
84. Dientes de formas diferentes	209
85. Las chavetas deslizantes aseguran el arrastre de las ruedas desplazables	212
86. Verificación de ruedas cónicas	213
87. Verificación de árboles y cubos acanalados o de chavetas en estrella	215
88. Piezas con ajuste de deslizamiento	217
89. Piezas con ajuste de desplazamiento	217
Montaje de un mecanismo de tornillo sin fin (asiento de desplazamiento)	222
90. Misión y forma de un mecanismo de tornillo sin fin	222
91. Magnitudes determinativas de un mecanismo de tornillo sin fin	222
92. Verificación de un mecanismo de tornillo sin fin	229
93. Montaje de mecanismos de tornillo sin fin	232
94. Trabajos de montaje en mecanismos de tornillo sin fin	234
Montaje de acoplamientos (ajuste cónico)	238
95. Misión y formas de los acoplamientos	238
96. Clases de acoplamientos	239
97. Ajustes cónicos	243
98. Magnitudes determinativas en piezas cónicas	244
99. Verificación de piezas cónicas ajustadas	245
100. Montaje de ajustes cónicos	247
101. Peligro de rotura por fatiga en los árboles motrices	249
Montaje de piezas de máquina con superficies de deslizamiento	251
102. Misión de las superficies de deslizamiento planas	251
103. Piezas con superficies de deslizamiento	252
104. Relaciones de posición entre las superficies de una vía de deslizamiento	255
105. Emparejamiento de materiales para vías de deslizamiento	256
106. Guías redondas	259
107. Accionamiento de piezas con movimiento rectilíneo	260
108. Protección de vías de deslizamiento	265
109. Montaje y verificación de piezas con vías de deslizamiento	266
110. Trabajos de montaje en las diversas formas de vías de deslizamiento	267
111. Montaje de guías en cola de milano	269
112. Mediciones angulares en el caso de superficies inclinadas	270
113. Mediciones de distancias en el caso de superficies de cola de milano	270
114. Verificación de paralelismo en guías de cola de milano	272
115. Verificación de la posición relativa de las vías de deslizamiento	273
116. Verificación de la posición de las vías individuales	276
117. Verificación de la posición recíproca de las vías de guía	278
118. Verificación de la exactitud de movimiento	279
119. Verificación de recepción de una máquina	280
Montaje estanco de piezas que se mueven en línea recta	281
120. Misión de los mecanismos de émbolo	281
121. Estructura y piezas de los mecanismos de émbolo	282
122. Distintas posibilidades de junta hermética en los émbolos	283
123. Junta estanca de las varillas de émbolo	288
124. Montaje de émbolos	292
125. Montaje de varillas de émbolo	296

Origen de las figuras

Editor: 24,1; 35,1; 47,1; 54,3; 54,4; 55,1; 55,2; 55,3; 83,5; 91,1; 91,3; 93,2; 93,3; 93,4; 97,1; 147,1; 193,2; 218,1; Tabla 229; 261,1; 263,6.

H. Made, Offenbach: 10,2; 11,1; 11,2; 11,3; 11,4; 37,2; 56,1; 92,2; 94,4; 102,1; 152,1; 152,2; 181,1; 181,2; 263,3; 266,1; 266,2; Tabla 268; 269,5; 273,3; 275,3.

Dr. P. Wolff, Frankfort: 13,2; 251,1.

Index-Werke, Eßlingen: 9; 12,1; 96,1; 237,1.

V. W. F., Frankfort: 12,2; 278,1.

L. Loewe, Berlín: 13,1; 256,2.

Opel, Rüsselsheim: 34,1.

V. D. F., Göppingen: 54,1.

S. K. F., Norköpping: 70,3; 101,1.

Carl Zeiss, Oberkochen: 71,3; 183,2; 272,2.

Ohler, Remscheid: 77,1.

Wülfel, Hannover: 93,1.

Schuler, Göppingen: 96,2; 188,1; 254,1.

Wotan-Werke, Düsseldorf: 99,1.

V. D. F., Wohlenberg, Hannover: 100,1; 194,2; 253,3; 275,4.

Dr. Reutlinger, Darmstadt: 100,2.

S. K. F., Schweinfurt: 111,1.

Ina-Werke, Herzogenaurach: 123,2.

AEG, Berlín: 141,1; 142,2.

Pfauter, Ludwigsburgo: 145,3; 177,1.

Siemag, Dahlbruch: 153,1.

C. Mahr, Eßlingen: 153,2; 182,2; 184,1; 185,1; 186,1; 213,4; 230,3

Siegling, Hannover: 155,1.

Krause & Co., Viena: 155,2.

C. Schenck, Darmstadt: 174,2; 194,3.

Lorenz, Ettlingen: 177,2.

Hurth, Munich: 177,3.

Maag AG., Zürich: 177,2.

Klingelnberg, Remscheid: 209,1; 210,4; 213,3.

Forst, Solingen: 215,3.

Steyr, Viena: 215,4.

Flender, Bocholt: 222,1; 238,1.

Allianz "Maschinenschaden", Munich: 249,1; 249,2.

Peddinghaus, Gevelsberg: 256,1.

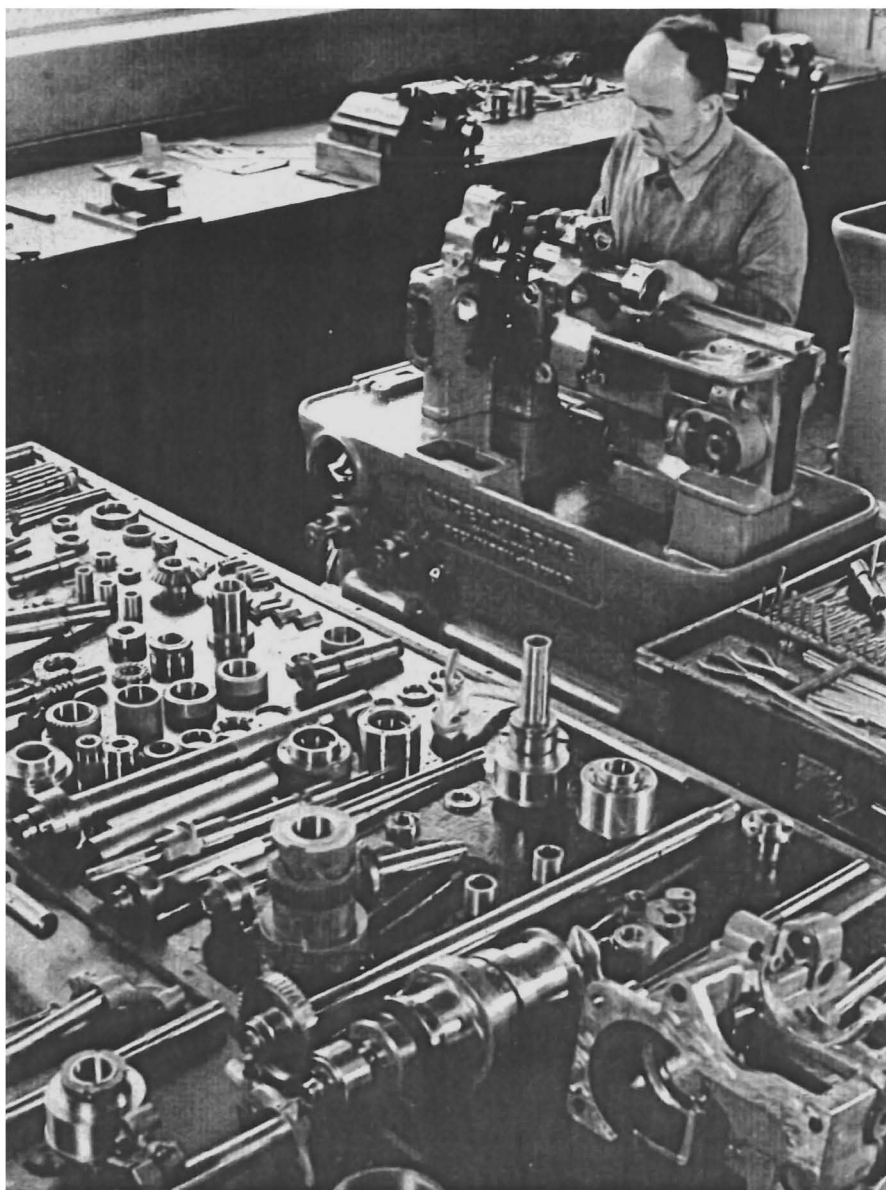
Blohm, Hamburgo: 257,2.

Reishauer AG., Zürich: 259,5.

H. Lindner, Berlín: 280,1; 280,2.

Goetze-Werke, Colonia-Burscheid: 291,3; 297,1.

DESDE LA PIEZA HASTA LA MAQUINA



1. Significado del dibujo o plano de conjunto

Las máquinas se construyen de acuerdo con planos de construcción que reciben el nombre de planos de conjunto (fig. 10,1). Estos planos dan idea sobre el modo de trabajar la máquina y sobre la disposición y situación mutua de las piezas de que consta la misma (fig. 10,2).

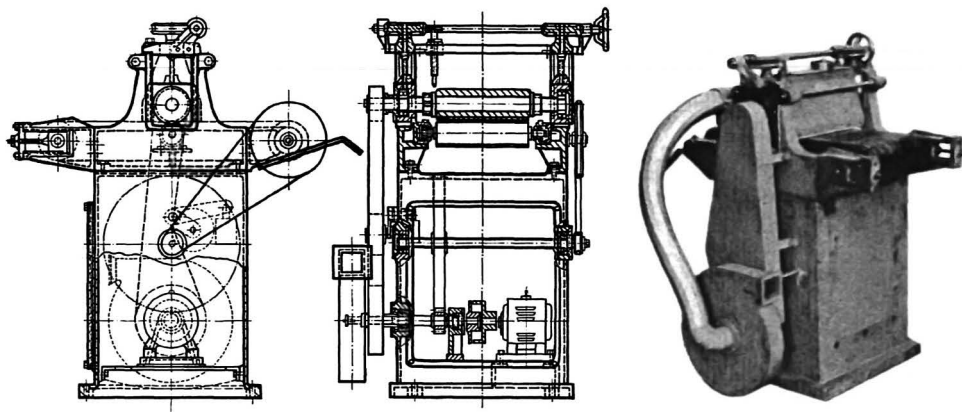


Fig. 10,1. Máquina de desbarbar (dibujo de conjunto)

Fig. 10,2. Máquina de desbarbar

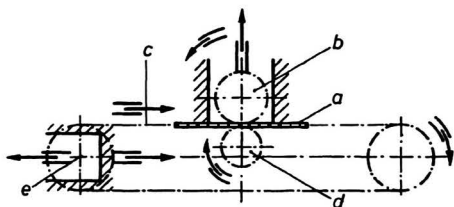


Fig. 10,3. Modo de trabajar una máquina desbarbadora

Modo de trabajar una máquina desbarbadora. La máquina desbarbadora quita por medio del rodillo esmerilador la rebarda de chapas de inducidos estampadas *a*, que deben ir en el inducido montadas muy juntas las unas a las otras. Para desbarbar son colocadas las planchas sobre la cinta transportadora *c*. El rodillo de apoyo *d* aprieta la cinta con las chapas colocadas encima contra el rodillo esmerilador. La cinta transportadora es tensada mediante el rodillo desplazable *e*. El rodillo esmerilador puede ajustarse para los distintos espesores de chapa. Mediante un montaje especial para ello puede afilarse el rodillo esmerilador y rectificarse cilíndricamente.

La misión de las distintas piezas y su colaboración con las demás quedan tan claramente visibles en el dibujo de conjunto como los detalles del modo de ser fijadas, sujetas, soportadas o guiadas. Los movimientos que realizan y el modo de ser movidas pueden verse en dibujos especiales (fig. 10,3).

2. Muchos planos

La construcción de una máquina va desde la pieza hasta el subgrupo constructivo y después, a través del grupo y del grupo principal, hasta la máquina terminada. De cada pieza hay que hacer un dibujo parcial con todos los datos para la fabricación y el montaje de la misma.

Fig. 11,1. Modo de estar soportado el tambor tensor de la máquina desbarbadora (figs. 10,1 y 2)

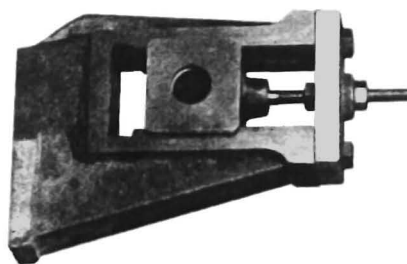
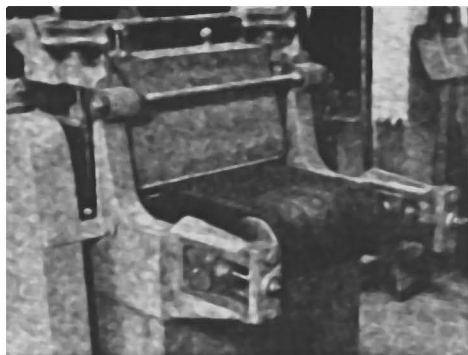


Fig. 11,2. Soporte tensor

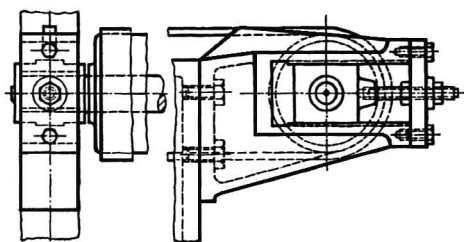
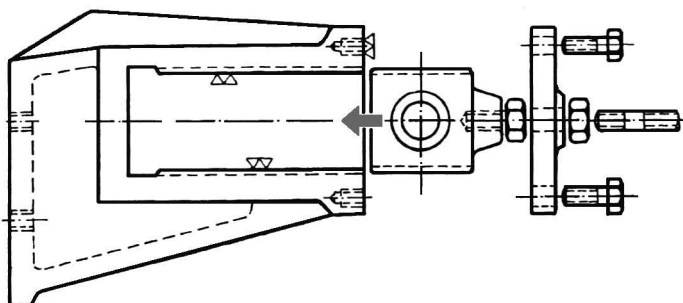


Fig. 11,3. Soporte tensor (plano de grupo)

Fig. 11,4. Bloque del soporte tensor; despiece



Un subgrupo de construcción consta de varias piezas que se corresponden colaborando en cuanto a una misión o funcionamiento. Los grupos a su vez reúnen o abarcan varios subgrupos relacionados entre sí y los grupos principales a varios grupos.

Cada una de estas unidades constructivas exige sus dibujos correspondientes.

3. Montaje de una máquina

Se entiende por montaje, la unión y mutua fijación de las unidades constructivas, distinguiéndose el montaje parcial de grupos constituidos por piezas sueltas y el montaje total o principal de la máquina a base de estos grupos.



Fig. 12,1. Acoplamiento de piezas en el montaje parcial

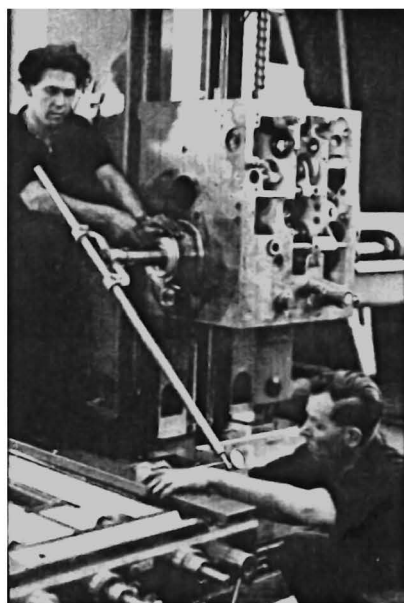


Fig. 12,2. Acoplamiento de los grupos constructivos en el montaje principal

El auténtico **montaje de piezas** se ocupa de la unión, por sus superficies de adaptación, de piezas sueltas que se corresponden. Después del montaje de las piezas se verifica la posición mutua obtenida y, en caso dado, se realizan las necesarias correcciones mediante reajuste, adaptación, repaso o nuevo montaje.

Se entiende por **montaje parcial** la unión de piezas sueltas para formar grupos de construcción (fig. 12,1). Los grupos conseguidos en este montaje parcial tienen que llenar las exigencias que se les imponen en cuanto a exactitud y función. Por esto las distintas unidades constructivas terminadas se verifican par ver si cumplen las condiciones prescritas.

En el **montaje total** se unen entre sí diversos grupos y se aprecia si se cumplen, en la posición que han adoptado, las condiciones impuestas a la máquina terminada en cuanto a precisión, rendimiento y demás exigencias técnicas (fig. 12,2).

4. Dos clases de montaje

Se emplean dos clases de montaje:

1. **Montaje estacionario**, en el cual la máquina se monta en un sitio fijo (fig. 13,1) y
2. el **montaje en cadena** (fig. 13,2), en el cual la unidad de montaje es transportada de puesto de trabajo en puesto de trabajo.

El **montaje estacionario** tiene la ventaja de que las piezas principales de la máquina (en general, especialmente pesadas), tales como bastidor, bancadas y carcasas pueden durante el montaje conservar su sitio invariable. Constituyen por el contrario una desventaja las dificultades que se producen con la entrega de las unidades de montaje en el transcurso del trabajo.



Fig. 13,1. Montaje estacionario (tornos)

El **montaje en cadena** lleva consigo en la mayoría de los casos un acortamiento del tiempo de recorrido de las piezas por los talleres.

Qué clase de montaje debe elegirse es cosa que se decide teniendo en cuenta la naturaleza y el número de unidades de la máquina a construir (construcción individual, construcción en serie, construcción en grandes series).

En los talleres de montaje se encuentran a veces ambos procedimientos. El auténtico montaje se verifica entonces de modo estacionario en el puesto de trabajo fijo de los montadores al cual son acercados los grupos constructivos terminados de acoplar. Estos grupos por el contrario son montados por el procedimiento en cadena en lo que hemos llamado el montaje parcial.



Fig. 13,2. Montaje en cadena (motores de automóvil)

5. De la forma de las piezas

Las superficies de piezas que colaboran en la máquina adaptadas a superficies de otras piezas se llaman superficies funcionales (figs. 14,1...3) mientras que las demás superficies que no sirven nada más que de unión entre las superficies funcionales son consideradas como superficies libres (superficies visibles). Las superficies libres quedan, por lo general, sin mecanizar.

La función de una pieza determina condiciones en cuanto a exactitud de medidas, calidad de forma, exactitud de posición de las superficies, calidad superficial, exactitud para el montaje de las piezas.

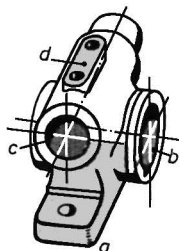


Fig. 14.1. *a*, superficie de sustentación; *b* y *c*, superficies de taladrado; *d*, superficie de atornillado. *b* y *c* con posición referida a *d* y *a*

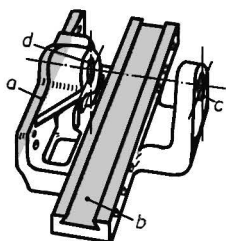


Fig. 14.2. *a*, superficie de unión; *b* superficie de deslizamiento y guía; *c* y *d* superficies de taladrado. *c* y *d* con posición referida a *a* y *b*

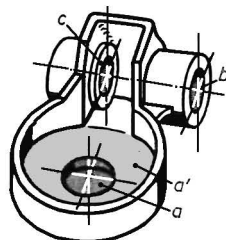
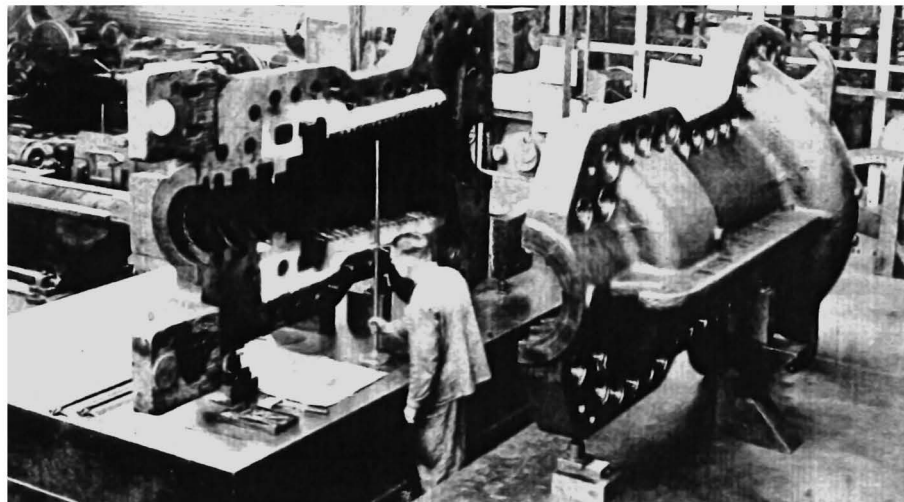


Fig. 14.3. *a*, *b*, *c*, superficies de taladrado; *b* y *c* con posición referida a *a*

Además de la influencia que se deriva de la función de la pieza, contribuyen a determinar su forma también el mecanizado y el trabajo de montaje. Así por ejemplo las superficies de la pieza se hacen por razones de fabricación, a ser posible, de formas planas, cilíndricas, cónicas o también esféricas (dejando a un lado algunas formas planas especiales).



6. Discrepancias de forma¹ en las superficies de las piezas

El dibujo de una pieza indica en determinados casos además de las medidas o cotas de fabricación también las discrepancias admisibles de la forma de la pieza o de la posición relativa de las superficies. Se entiende por discrepancia de forma en la superficie de una pieza la discrepancia de una superficie terminada (superficie real o práctica) con respecto a una superficie geométrica ideal (superficie teórica).

Se llama desigualdad o falta de planitud en superficies planas las discrepancias de forma que puedan presentar. Se considera como discrepancia admisible la cota de distancia de dos planos geométricos entre los cuales debe hallarse la superficie real o práctica (fig. 15,1 a).

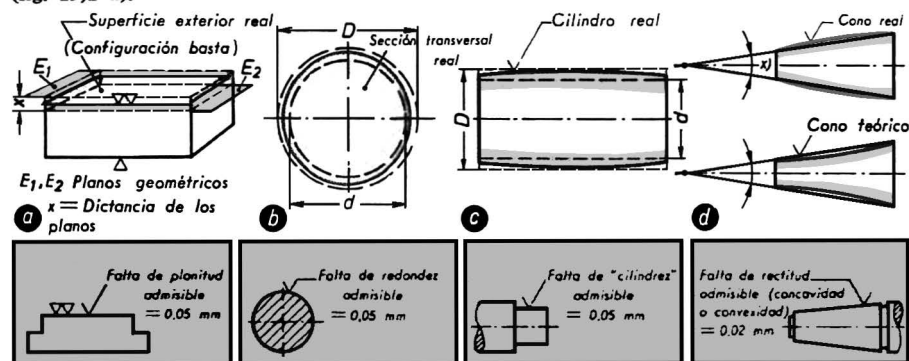


Fig. 15,1. Discrepancias de forma en superficies de piezas. a) Desigualdades en una superficie plana; b) Falta de redondez en una superficie cilíndrica; c) Falta de "cilindrez" de la superficie de un cilindro; d) Falta de rectitud de una superficie cónica

La exactitud de forma de una superficie **cilíndrica** se determina por la falta de redondez —es decir la discrepancia entre la forma de su sección transversal y la forma geométrica circular— y por su falta de "cilindrez" es decir, por la discrepancia entre la forma cilíndrica real y la forma geométrica del cilindro circular. Como discrepancia admisible de la forma de la sección transversal (falta de redondez) se toma la diferencia de diámetros entre las dos circunferencias entre las cuales tiene que estar comprendida la sección transversal real (fig. 15,1 b). Como tolerancia de forma por lo que respecta a la falta de "cilindrez" admisible se toma la diferencia de diámetros de los dos cilindros geométricos entre los que tiene que estar comprendido el cilindro real (fig. 15,1 c). En las superficies **cónicas** se distinguen, análogamente a lo dicho para las superficies cilíndricas, la falta de redondez, como discrepancia de la sección transversal con respecto a la forma geométrica circular, y la discrepancia con la forma geoméricamente cónica. Las discrepancias con el cono geométrico vienen producidas por generatrices no rectas (fig. 15,1 d). Discrepancias de forma pueden producirse tanto en los cilindros exteriores e interiores como en los conos exteriores e interiores.

Si un dibujo de pieza no contiene datos limitativos especiales respecto a las discrepancias de forma, quiere ello decir que son admisibles diferencias de forma que pueden alcanzar la magnitud exigida en la pieza para las tolerancias de medidas. Si se exigen discrepancias de forma menores que la magnitud de la tolerancia de medidas, tendrán que ir anotadas en el plano las discrepancias de forma admisibles, mediante datos especiales de tolerancia (tolerancia de forma). Las tolerancias de forma se consignan en el plano mediante palabras o con símbolos (Véase ZE a hasta d).

1) Véase el Proyecto DIN 7182, Hoja 4 (Tolerancias para las discrepancias de forma y de posición. Para las demás notas del texto ver final del libro.

7. Asperezas en superficies de piezas

La finura de aspecto de una superficie viene determinada por las irregularidades de ésta (generalmente sólo reconocibles al microscopio) que proceden de un mecanizado de la pieza (fig. 16,1).

La verificación de la finura de aspecto de una idea de la calidad superficial (es decir de la aspereza) de la superficie. La medida para la magnitud de la aspereza es la profundidad de las rugosidades (fig. 16,2) Mediante aparatos verificadores de superficies se determina la medición de la profundidad de rugosidades (T. 17,1) la cual tiene que mantenerse dentro de límites fijados.

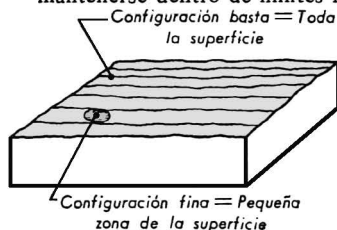


Fig. 16,1. Aspecto basto y aspecto fino de una superficie

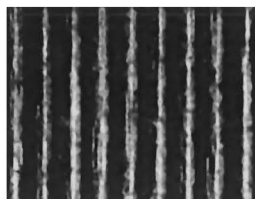


Fig. 16,2. Aspecto fino de una superficie conseguida mediante arranque de viruta

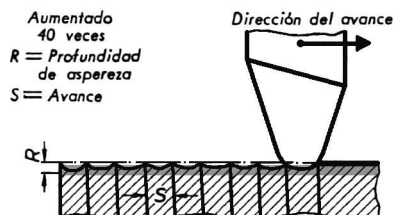


Fig. 16,3. Profundidad de rugosidad de una superficie (unidad de medida = 0,001 mm)

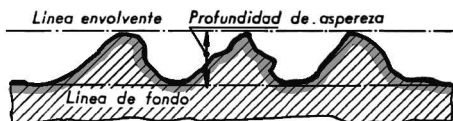


Fig. 16,4. Parte portante de una superficie exterior. Se considera como superficie portante (F_t) la suma de las porciones de superficie que tienen contacto con un campo geométrico de referencia (L_b) y como parte o porción portante (t_a) la relación de la superficie portante (F_t) al campo de referencia (L_b) en %

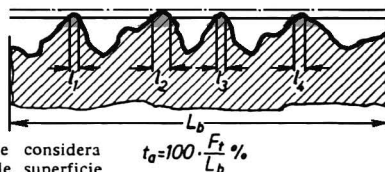


Fig. 16,5. Ejemplo: Indicación en un plano de la profundidad de aspereza de una biela GG 18; taladros: torneado fino; superficies laterales: esmerilado plano

Al montar piezas se presentan o bien superficies de asiento o bien superficies de deslizamiento (T 17,2). En las superficies de asiento (superficies de unión en forma de superficies de enlace, de sustentación o de ajuste así como superficies de junta estanca) se considera la adaptación mutua de las superficies, en general, con una proporción del 10 % (fig. 16,4). Mediante la fatiga del apoyo y las fuerzas de unión en las superficies montadas se deforman las puntas de las asperezas de tal modo que aumenta el contacto de las superficies. Valiéndose de un trabajo de afinado conveniente (rascado¹, rectificado fino, rectificado planetario y vaciado o lamido) pueden aumentar las porciones de superficie portante hasta un 80 %. Con el nombre de parte de superficie portante se denominan las partes de una superficie que tocarían a un plano geométrico. La parte o porción portante se fija en un aparato medidor de partes portantes.

En el caso de superficies de deslizamiento se limita la profundidad de aspereza con objeto de mantener tan pequeño como sea posible el desgaste inicial de las partes en movimiento. Se entiende por desgaste inicial el aplanamiento y arranque de las puntas de la aspereza al producirse el deslizamiento en el periodo inicial. Cuando el desgaste inicial es demasiado grande se presenta el peligro de que el acoplamiento de las piezas resulte al cabo de muy poco tiempo, incapaz para proporcionar un buen funcionamiento.

Tabla 17,1 Procedimientos de verificación de superficies

Proced. de verific.	Aparato verificador	Imagen de la superficie	Medida de la verific.
Observación de las superficies ampliadas	 Estereolupa	 Imagen espacial Ampliada 75 veces	Dictamen sobre la superficie ampliada
Comparación superficies normalizadas Con el dedo: Profundidad de aspereza hasta 1μ	 R = 10 μ R = 16 μ R = 25 μ Superficies normalizadas	Comparación por medio de: a) La vista b) Palpación c) Palpación eléctrica	a) — b) por impresión c) por comparación de valores medios
Palpación con calibres de precisión (0,0002 mm = valor de medición) con carro de medición	 Calibre de precisión con carro de medición		Valores medidos en el calibre de precisión
Palpación mecánica con punzón palpador Profundidad de aspereza hasta 0,01 μ	 Sólo superficies planas Aparato palpador de secciones	Palpación de una sección Escala de alturas: 10 mm=10μ Escala de longitudes = 1000:1 	Tómense los valores medidos sobre el diagrama
Imagen de capas de líneas en el microscopio de interferencia	 Microscopio de interferencia	Imagen de estratos de líneas 	Valoración de la marcha de los estratos de líneas y de las distancias
Observación de las partes portantes de la superficie al contacto con la superficie verificadora	 Aparato óptico de determinación de partes portantes	Imagen portante 	Parte portante de la superficie de verificación en %

Tabla 17,2. Profundidad de aspereza (en μm) en relación con las exigencias de funcionamiento

Calidad superior 0,16 0,25 0,4	Asientos de movimiento y de presión muy fuertemente cargados, superficies de junta (sin material obturador) para alta presión de junta
0,6 1,0 1,6 Alta calidad 2,5 4,0 6,0	Asientos de movimiento fuertemente cargados, superficies de dientes, superficies de junta (sin material obturador) para reducidas presiones de junta Asientos de movimiento y de reposo con carga normal, superficies de piezas constructivas cargadas de modo permanente
Calidad media 10 16 25	Asientos de movimiento y de reposo débilmente cargados, superficies de acoplamiento para uniones de posic. exacta, superf. de junta con material obturador
Calidad baja 40 63 100	Superficies de unión en grandes piezas constructivas, superficies atornilladas no cargadas

8. Posiciones de superficies cuando éstas son de la misma clase

Se designa como discrepancia de posición a las discrepancias con respecto a la disposición fijada para dos superficies en el espacio (posición o situación teórica). Se entiende por tolerancias de posición los límites indicados numéricamente para la discrepancia de posición con respecto a la posición prevista.

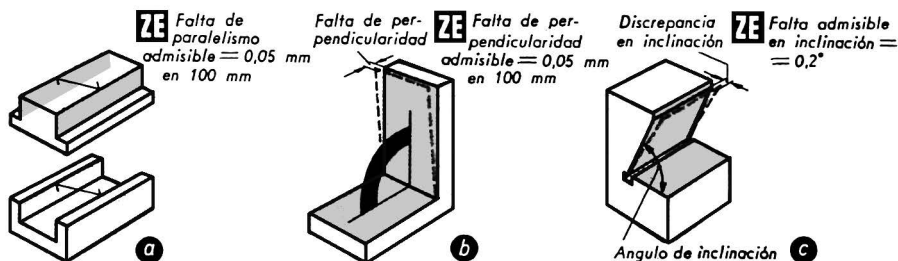


Fig. 18.1. Posiciones de superficies planas. a) Falta de paralelismo de superficies planas; b) discrepancias en cuanto al ángulo recto que deben formar; c) discrepancias en cuanto a inclinación

Posiciones de superficies planas (fig. 18,1)

1. **Paralelismo de dos superficies planas** (superficies exteriores o interiores). La discrepancia respecto a esta posición relativa se llama falta de paralelismo (figura 18,1 a).

2. **Perpendicularidad de dos superficies planas.** La discrepancia con respecto a esta posición se llama falta de perpendicularidad (fig. 18,1 b).

3. **Inclinación de una superficie con respecto a otra.** La discrepancia respecto a la inclinación teórica se llama discrepancia en inclinación (fig. 18,1 c).

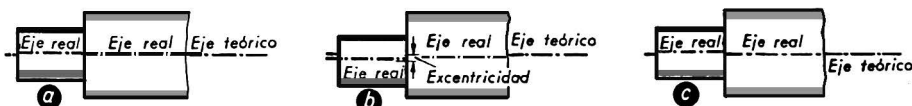


Fig. 18.2. Posición de superficies en el caso de superficies cilíndricas coaxiales. a) Posición correcta de las superficies; b) Superficies cilíndricas con el eje desplazado; c) Superficies cilíndricas llevadas a tener un eje común

Posiciones de superficies cilíndricas²

1. **Concentricidad de dos superficies cilíndricas.** Para esta posición de las superficies se exige que tengan un eje común (coaxialidad). Las discrepancias respecto a esta posición de las superficies se designan como excentricidad o falta de coaxialidad (fig. 18,2). La excentricidad es por lo tanto una discrepancia de los ejes de los cilindros con respecto al eje teórico prescrito.

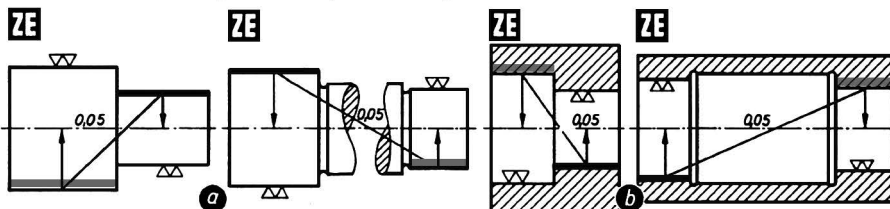


Fig. 18.3. Coaxialidad de superficies cilíndricas. a) Superficies exteriores; b) superficies interiores

La coaxialidad considerada como relación de posición entre dos o más superficies cilíndricas se presenta tanto para superficies exteriores o interiores como también entre las primeras y las segundas. Esta relación de posición se tiene también aun cuando las superficies cilíndricas no se toquen directamente entre sí o no desmboquen la una en la otra. Cuando se trata de superficies interiores dispuestas una tras otra se habla de alineación de superficies (fig. 18,3).

2. Paralelismo de dos superficies cilíndricas. Las discrepancias de posición en este caso se llaman falta de paralelismo de las superficies o también falta de paralelismo de sus ejes. Esta discrepancia de posición se presenta también entre dos o más superficies cilíndricas exteriores o interiores y entre superficies exteriores e interiores (fig. 19,1). La falta de paralelismo es la discrepancia de posición con respecto a la posición de los ejes teóricos, dentro de la cual deben estar dispuestos los ejes reales. La posición del eje teórico está determinada por medio de dos planos paralelos situados a la distancia de los ejes y otro tercer plano perpendicular a ambos (fig. 19,2).

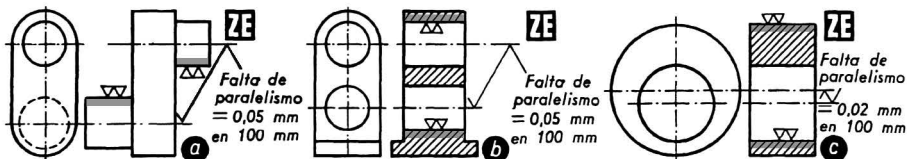


Fig. 19.1. Posición paralela de ejes en superficies cilíndricas. a) Superficies exteriores; b) superficies interiores; c) superficies exteriores e interiores

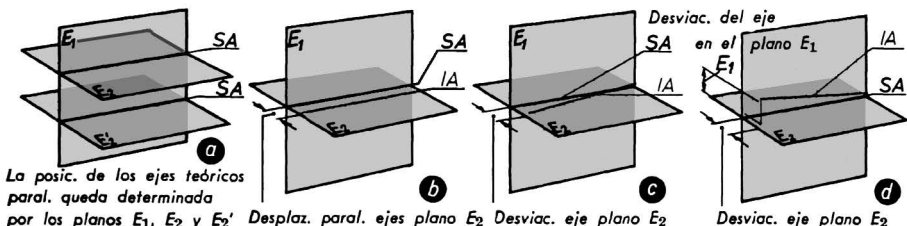


Fig. 19.2. Discrepancias respecto a la posición paralela de los ejes. a) Determinación exenta de error de la posición de los ejes; b) desplazamiento paralelo de ejes; c) desviación de eje en uno solo de los planos; d) desviación en ambos planos

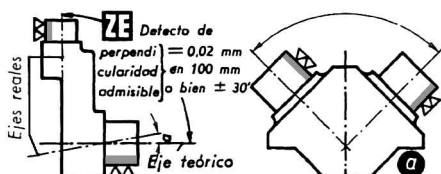


Fig. 19.3. Defecto de perpendicularidad

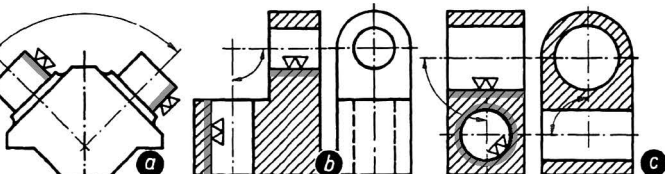


Fig. 19.4. Posición angular de superficies cilíndricas. a) Superficies cilíndricas exteriores; b) superficies cilíndricas interiores; c) posición cruzada de superficies cilíndricas interiores

3. Perpendicularidad de dos superficies cilíndricas. Las discrepancias respecto a esta posición de las superficies se llama falta de perpendicularidad (fig. 19,3). Según sea el sistema de verificación, vendrá dada o bien la tolerancia angular o bien la de medida.

La perpendicularidad entre superficies cilíndricas se presenta para superficies exteriores o interiores (figs. 19,4 a y b). Si los ejes dispuestos en forma angular uno respecto a otro tienen un plano común, los ejes se cortarían.

Se habla de ejes que se cruzan cuando los ejes están situados en dos planos paralelos (fig. 19,4 c).

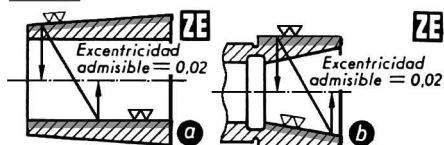


Fig. 20,1

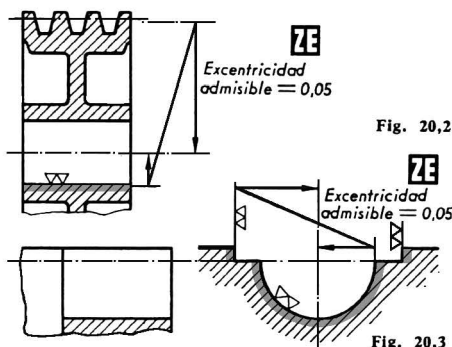


Fig. 20,2

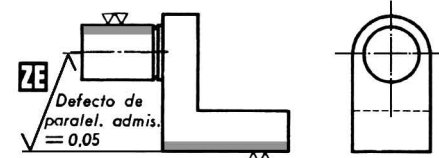


Fig. 20,4

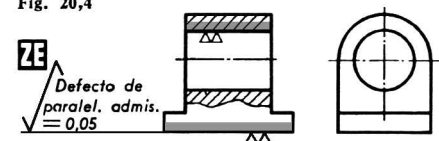


Fig. 20,5

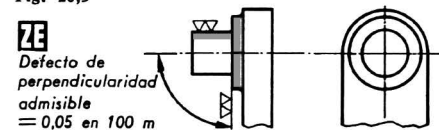


Fig. 20,6

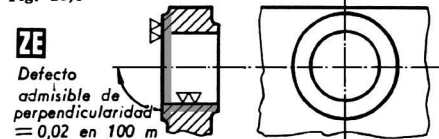


Fig. 20,7

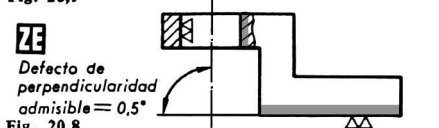


Fig. 20,8

Fig. 20,1. Posición relativa de superficies en el caso de una superficie cónica y otra cilíndrica. a) Superficie cónica exterior coaxial con una superficie cilíndrica interior; b) Superficie cilíndrica exterior coaxial con una cónica interior

Posición de superficies en el caso de superficies de distinta clase

1. Coaxialidad entre dos superficies cilíndricas y cónicas (fig. 20,1).
Coaxialidad entre superficies cilíndricas y de revolución (fig. 20,2).
Coaxialidad entre superficies cilíndricas y planas (fig. 20,3).
2. Paralelismo entre superficies cilíndricas y planas (fig. 20,4).
3. Perpendicularidad entre superficies cilíndricas y planas (figs. 20,5 ... 20,8).

Causa de las discrepancias de forma y de posición en las superficies de piezas

Las discrepancias de forma y de posición pueden producirse en la fabricación, en el montaje y durante el funcionamiento de las piezas.

Las discrepancias de forma y de posición debidas a vicios o imperfecciones de fabricación constituyen defectos de las piezas.

Superficies en piezas dotadas de movimiento

Las piezas provistas de superficies cilíndricas tienen en muchos casos que realizar un movimiento de giro alrededor de un eje. A las superficies cilíndricas se les exige que cuando realicen una revolución cada punto de su superficie se mueva en una trayectoria circular común, es decir, que ningún punto debe variar su distancia al eje de rotación durante el giro. Las variaciones de distancia durante el giro se llaman discrepancia de redondez o falta de redondez de giro. Esta falta de redondez es la discrepancia total ocasionada por las influencias de discrepancia de forma y discrepancia de posición de la superficie que gira (fig. 21,2).

A veces, cuando se mueven piezas cilíndricas se pide también que se tenga una cierta exactitud de movimiento de las caras frontales. Para ello tendrán que estar todos los puntos de la cara frontal sobre una superficie situada normalmente al eje de giro. Las variaciones de distancia respecto a este plano se llaman discrepancias del movimiento frontal.

Procesos de trabajo
1. Esmerilado taladro
2. Esmerilado cara frontal interior
3. Esmerilado exterior
4. Esmerilado superficie de apoyo
5. Esmerilado superficie frontal

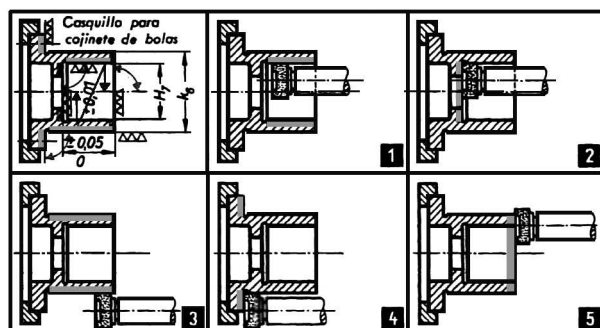


Fig. 21.1. Esmerilado de acabado de un casquillo para cojinete de bolas en una sola sujeción para evitar defectos de posición

La discrepancia del movimiento frontal es, por lo tanto, la discrepancia suma de las influencias de discrepancias de forma y de posición de las superficies frontales. Es la distancia de los puntos de la superficie frontal medida durante la rotación y referida a la superficie de verificación dispuesta normalmente al eje de rotación (fig. 21.3).

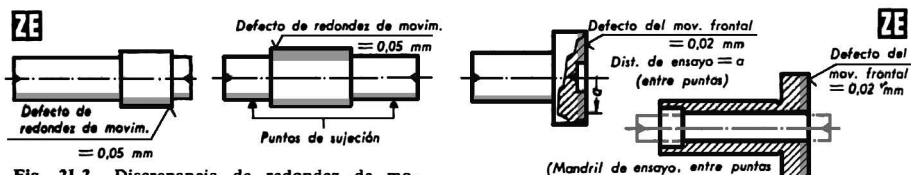


Fig. 21.2. Discrepancia de redondez de movimiento en el caso de superficies cilíndricas

Fig. 21.3. Discrepancia del movimiento frontal en el caso de las superficies planas de piezas cilíndricas

Control de las piezas a montar

En el control se desechan mediante verificación y medición las piezas no utilizables para el montaje, destinándose para éste solamente aquellas que posean la exactitud exigida para la medida, la forma y la posición de las superficies de acoplamiento. Para la verificación sirven como base los correspondientes datos indicados en el plano de taller (fig. 21.4). Con objeto de disminuir el costo de la verificación, las piezas hechas en grandes series se controlan mediante dispositivos automáticos de medida y de verificación. En el caso de construcción en serie de máquinas frecuentemente no es cosa de evitar que el montador vuelva a controlar por sí mismo en sus puntos principales, las piezas antes de proceder a su montaje.

Clase de tolerancia	Dato de tolerancia
a) Tolerancia de medida	Med. máx. 8,95 ϕ Med. mín. 8,93 ϕ
b) Tolerancia angular	45° $\pm$ 10
c) Tolerancia de forma	cilindricidad: 0,02 mm
d) Tolerancia de posición	Coaxialidad: 0,03 mm
e) Tolerancia de posición	Discrepancia movimiento frontal: 0,003 mm
f) Tol. de prof. de aspereza	2,5 $\pm$ 10
g) Tolerancia de dureza	Rockwell C 50 $\pm$ 5

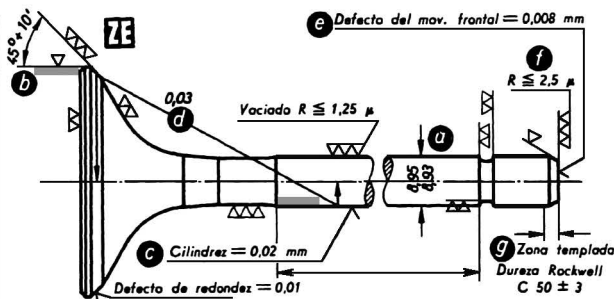


Fig. 21.4. Datos de tolerancia para verificación de una válvula de admisión

ACOPLAMIENTO DE PIEZAS

9. Ordenación de los trabajos de acoplamiento

Todo trabajo de montaje en la pieza de máquina se realiza en las superficies de la misma que han de acoplarse entre sí. Se presentan superficies planas o curvadas (T 22,1).

La calidad de mecanización de la superficie de acoplamiento se rige por la función de la pieza. Para fines de importancia secundaria resulta suficiente, generalmente, un trabajo sencillo, mientras que las superficies de ajuste, de guía, de dientes de engranajes o de rodadura exigen frecuentemente un "trabajo fino". Para el montaje se preparan previamente las piezas terminadas y se verifican las exigencias en cuanto a medida, forma y exactitud de posición, así como su calidad superficial (fig. 22,1).

Tabla 22,1. Superficies funcionales de distintas formas en las piezas

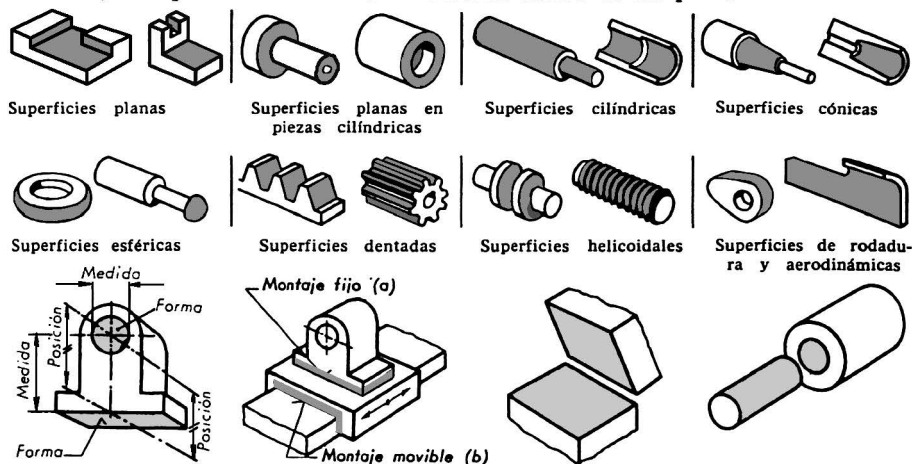


Fig. 22,1. Exigencias en medida, forma y posición de las superficies de acoplamiento de piezas

Fig. 22,2. Montaje fijo (a) o montaje móvil (b)

Fig. 22,3. Montaje por yuxtaposición

Fig. 22,4. Montaje por encaje

El trabajo de montaje en sí mismo está íntimamente relacionado con el modo en que han de acoplarse las piezas que se montan.

1. Las piezas han de estar en reposo, una respecto a otra, una vez montadas; es decir, que estarán entonces firmemente unidas entre sí o fuertemente encajadas (fig. 22,2a). Las superficies de unión de las piezas se montan, pues, **acoplándolas** entre sí o **encajándolas** (encaje de piezas) (figs. 22,3 y 22,4).

El encaje se caracteriza porque en él una de las piezas se monta y se ajusta con su superficie exterior contra la interior de la contrapieza. Según sea la forma de la superficie de ajuste se habla en este tipo de montaje de ajuste plano, cilíndrico o cónico.

2. Las piezas montadas son móviles una respecto a la otra (fig. 22,2 b). Según sea la clase de movimiento que se desee, así tendrán las superficies de ajuste una forma u otra.

ACOPLAMIENTO DE PIEZAS ENTRE SI

10. Problemas diversos

Las piezas que no han de moverse una respecto a otra tienen en general que ir fuertemente unidas **entre sí**, ya sea mediante atornillamiento, roblonado, soldadura, falsa soldadura, pegamiento o encaje.

Según sea la misión que se haya de cumplir, se distinguen en una pieza:

1. **Superficies de unión**, que son aquellas superficies mediante las cuales unas piezas se unen a otras en el montaje (fig. 23,1).
2. **Superficies de asentamiento**, que son las superficies mediante las cuales unas piezas se colocan sobre otras en el montaje (fig. 23,2).
3. **Superficies de partición o de junta**, que son aquellas por medio de las cuales una mitad de una pieza se une a la otra en el montaje para volver a constituir una unidad (fig. 23,3).

En la unión de piezas mediante superficies de unión el acoplamiento o montaje se limita generalmente a la fijación. En otros casos, empero, es necesario que se cumplan condiciones especiales:

1. Unión exacta en cuanto a posición en el montaje o en el asentamiento de piezas (por ejemplo, en el montaje de una carcasa de cabezal sobre una bancada de torno) (fig. 23,4).
2. Unión segura de las piezas que hayan de transmitir esfuerzo (por ejemplo, en el atornillamiento de la biela y la tapa de biela).
3. Unión y acoplamiento de piezas de modo estanco (por ejemplo, en una bomba de engranajes para altas presiones y temperaturas).

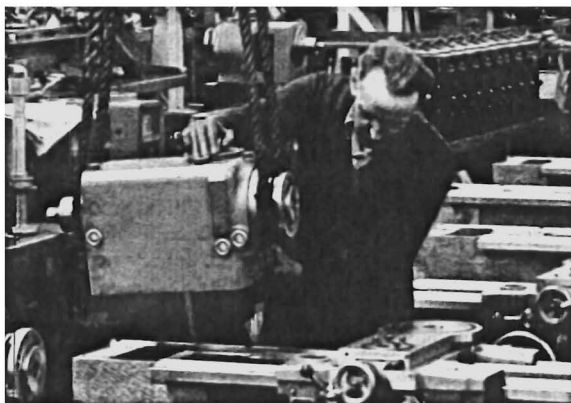


Fig. 23,4. Montaje de una carcasa de cabezal

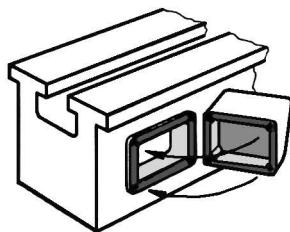


Fig. 23,1. Superficies de unión entre una caja de protección y la bancada de una máquina

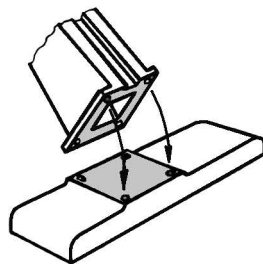


Fig. 23,2. Superficies de asentamiento entre soporte y carro de bancada.

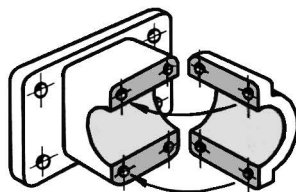
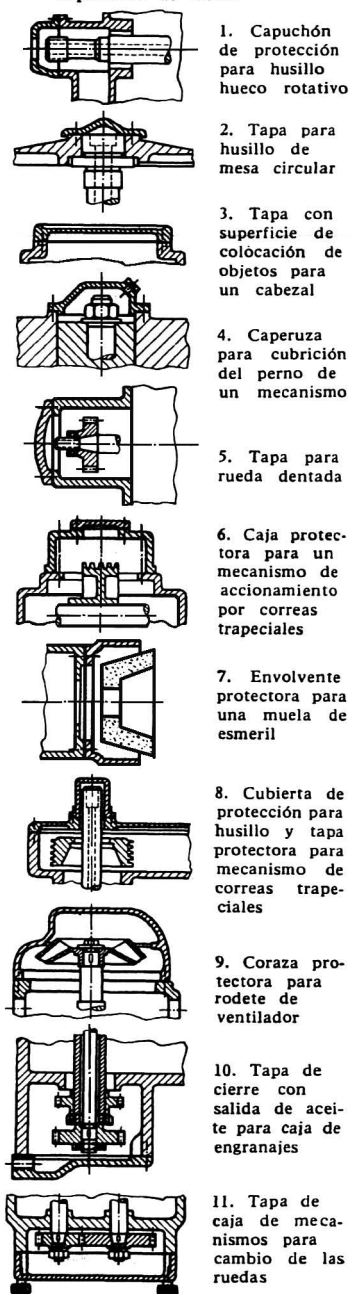


Fig. 23,3. Superficies de unión entre la carcasa de un soporte y la tapa del mismo.

Tabla 24.1. Piezas diversas con superficies de unión



ACOPLAMIENTO MUTUO DE SUPERFICIES DE UNION

11. Piezas sencillas con superficies de unión

Se encuentran superficies de unión en los capuchones de protección, caperuzas de cierre, tapas de protección, cubiertas de engranajes, cajas protectoras, caperuzas de soportes, etc., etc. (T. 24.1). Estas piezas tienen la misión de cubrir por razones de seguridad piezas dotadas de movimiento de giro y también proteger de ensuciamiento, como por ejemplo, en husillos rotativos, ruedas dentadas, poleas trapeciales, rodetes de ventilador, árboles de accionamiento, soportes de rodadura, muelas de esmeril, etc. etc. En otros casos se prevén tapas o piezas análogas, con objeto de hacer fácilmente accesibles desde fuera piezas motrices incorporadas a la máquina.

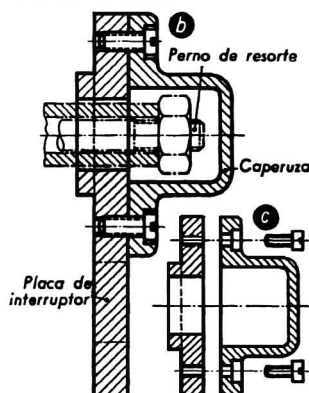


Fig. 24.1. a) La caperuza cubre el perno de resorte dotado de movimiento de rotación; b) dibujo en sección; c) dibujo de montaje

Las superficies de unión deben concordar suficientemente para que puedan acoplarse. En el caso de piezas fundidas o soldadas que hayan de unirse entre sí basta generalmente un sencillo mecanizado con arranque de viruta. En el caso de piezas estampadas y de piezas de material sintético el estado de las superficies es en general apropiado. Únicamente cuando se exige cierre estanco al polvo habrá que proceder a un mecanizado conveniente para conseguir la mutua adaptación de las superficies. A veces se consigue compensar la defectuosa adaptación de las superficies mediante la interposición de una masa obturadora en estado líquido. Este medio auxiliar no se recomienda cuando la unión ha de ser deshecha con frecuencia.

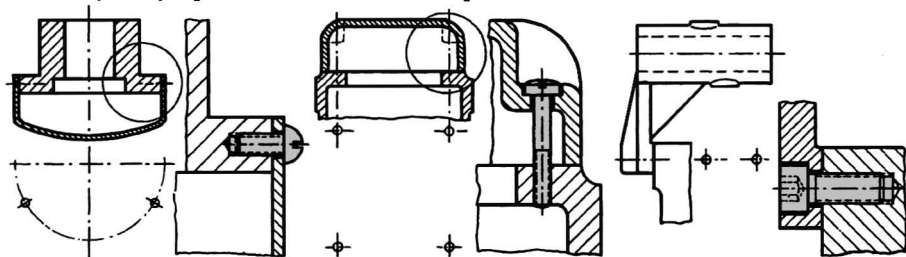
Las piezas con superficies de unión se fijan entre sí generalmente mediante tornillos. El tamaño y la forma del tornillo se rigen por el perímetro de las piezas y la ocupación de sitio de los tornillos, así como por la duración de servicio y su accesibilidad en el caso de tenerse que soltar muy a menudo.

12. Ejecución de uniones atornilladas sencillas

1. Preparación previa de las superficies de unión mediante eliminación de desigualdades, desbarbado y limpieza.
2. Preparación previa de los agujeros de los tornillos mediante verificación en cuanto a posición coincidente de los mismos y por desbarbado y limpieza.
3. Preparación previa de los tornillos verificando si se atornillan bien, si la longitud del vástago es la correcta y mediante engrase de las roscas.
4. Colocación de los tornillos:
 - a) Sujeción de las piezas a unir utilizando varios tornillos.
 - b) Apretado de los tornillos:
Los tornillos pasantes se aprietan con tuercas; los demás se aprietan por la cabeza; en los espárragos se atornilla fuertemente la parte roscada. Las tuercas se aprietan fuertemente en el extremo correspondiente. Hay que prever de manera adecuada elementos de seguridad de los tornillos.
5. Verificación de la unión de las piezas acopladas empleando el sistema de percusión.

Véanse en la tabla 25,1 uniones sencillas por atornillamiento

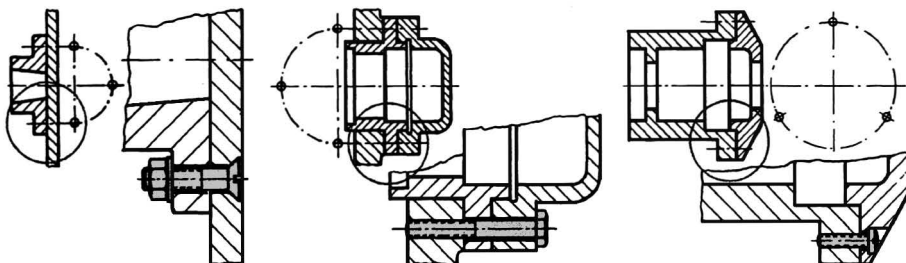
Tabla 25,1. Ejemplos de uniones sencillas por atornillamiento



1. Caperza de chapa para árbol de un tren de engranajes atornillada en el cuerpo del soporte con tornillos de cabeza redonda AM 6 x 25 DIN 86, 4 tornillos en la periferia

2. Tapa de protección para un mecanismo de accionamiento por correas, atornillada sobre la carcasa con tornillos de cabeza en gota de sebo M 6 x 40 DIN 85, 4 tornillos formando rectángulo

3. Válvula reguladora atornillada al carro con tornillo cilíndrico M 10 x 25 DIN 912



4. Plato inclinable atornillado sobre el cubo con tornillos avellanados C M 8 x 20 DIN 63, tuerca hexagonal DIN 936, 4 tornillos en el perímetro del agujero

5. Caperza de cubrición para un árbol de accionamiento, atornillada sobre el cojinete con tornillos hexagonales M 8 x 70 DIN 931, 4 tornillos en la circunferencia del agujero

6. Caperza de protección para el extremo de un husillo, atornillada en el cuerpo del cojinete mediante tornillos de gota de sebo A M 6 x 25 DIN 85, 3 tornillos alrededor del agujero

Afianzamiento mediante tornillos

Las uniones atornilladas para fines de poca importancia están, por lo general, expuestas a reducidas cargas.

Apretado de tornillos de fuerza. Pero existen uniones atornilladas que tienen que ser capaces de resistir la acción de los esfuerzos que se producen en el funcionamiento de la máquina. Estos tornillos se llaman tornillos de fuerza y existen en todas las uniones atornilladas que transmiten esfuerzo, por ejemplo, en bielas, bridas, culatas de cilindros, cojinetes, etc. (fig. 26,1).

Para el montaje de tornillos de fuerza altamente solicitados y de importancia vital —en caso de fallar correrían peligro las cosas y las vidas humanas— hay que poner gran cuidado y realizar el trabajo con sentido de responsabilidad.

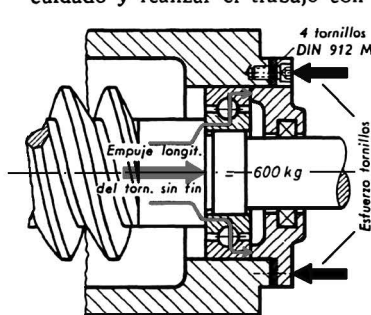


Fig. 26,1. Unión atornillada en una tapa de rodamiento de bolas

En las uniones que transmiten esfuerzos, las piezas se mantienen unidas en virtud del **esfuerzo de apriete** de los tornillos. El esfuerzo de apriete se obtiene en virtud de la tensión del tornillo al ser apretado. La tensión obtenida tiene que ser mayor que las fuerzas opuestas a ella que actúan durante el servicio. La tensión que se presenta al apretar un tornillo se llama **tensión previa** o **esfuerzo de pretensado**.

En el proceso del apretado de un tornillo crece la resistencia al apretarlo de modo continuo hasta un cierto límite. Al seguir apretando, disminuye la resistencia, necesiéndose entonces sólo un pequeño esfuerzo de apretado. Si se sigue apretando, acaba finalmente por romperse el tornillo (fig. 26,2 a).

En el campo de la resistencia progresiva, el tornillo se ha dilatado elásticamente al ser apretado. Un tornillo dilatado elásticamente tiene la tendencia a recuperar su primitiva longitud. Si el tornillo se ve dificultado para recuperar esa longitud en virtud de las piezas de la unión atornillada, ejercerá un **esfuerzo de apriete** proporcional a la tensión (fig. 26,2 b). De este modo se explica el aumento de la resistencia al apretar. Ahora bien, si cuando disminuye la resistencia se sigue apretando el tornillo, este empieza a adquirir alargamientos permanentes, es decir, que al cesar el esfuerzo de tensión conservará el tornillo la longitud estirada que ha alcanzado. Un tornillo apretado de este modo no poseerá por esta razón ninguna fuerza de apriete. Un tornillo queda bien apretado cuando lo ha sido dentro del campo elástico de tensiones (dentro del límite de fluencia del material de que está hecho el tornillo). Las fuerzas interiores de un tornillo elásticamente tensado son las que dan origen a su **esfuerzo de apriete** (fig. 26,2 c).

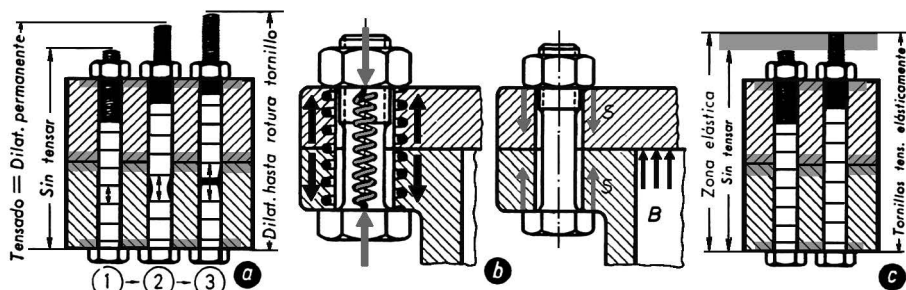
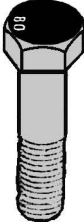


Fig. 26,2. a) Apretado de un tornillo hasta la rotura; b) Juego de esfuerzos en un tornillo transmisor de fuerza; S = esfuerzo de apriete del tornillo, B = fuerza de funcionamiento; c) apretado de un tornillo dentro del campo elástico

Tabla 27,1. Límites de fluencia (límite aparente de elasticidad) de los materiales para tornillos

 Los tornillos llevan la designación abreviada.	Designación abreviada del material	Resistencia del material	Límite aparente de elasticidad del material
	6 G	60—70 kg/mm ²	54 kg/mm ²
	8 G	80 —90 kg/mm ²	64 kg/mm ²
	10 K	100—120 kg/mm ²	90 kg/mm ²
	12 K	120—140 kg/mm ²	108 kg/mm ²
	Designación abreviada: cifra $\times 10$ = resistencia en kg/mm ² Letra: distintivo del límite de fluencia		

Se entiende por límite de fluencia o límite aparente de elasticidad del material de un tornillo la magnitud de la tensión de tracción para la cual no se sobrepasa el alargamiento permanente del 0,2 % (T. 27,1). Al apretar el tornillo debe mantenerse este límite, pero si nos quedamos, por el contrario, muy por debajo de él, la verdadera fuerza tensora del tornillo no se aprovechará sino en una reducida parte.

Pueden, pues, presentarse tres casos al apretar un tornillo:

1. El tornillo puede quedar muy débilmente apretado y su esfuerzo de tensión previo es, por lo tanto, reducido.
2. El tornillo está correctamente apretado hasta su límite aparente de elasticidad y su esfuerzo de tensión previo tiene, por lo tanto, todo su valor.
3. El tornillo se ha sobredilatado en virtud de un apretado demasiado fuerte, por lo cual el tornillo queda casi sin tensión previa.

Por lo general los tornillos se aprietan a ojo, cosa que es muy insegura. La práctica nos dice que los tornillos pequeños reciben, por lo general, un apretado demasiado fuerte (por encima del límite aparente de elasticidad) y los grandes, por el contrario, demasiado débil (por debajo del límite aparente de elasticidad). Es más seguro trabajar midiendo el apretado de los tornillos mediante una herramienta indicadora del apretado (fig. 27,1).

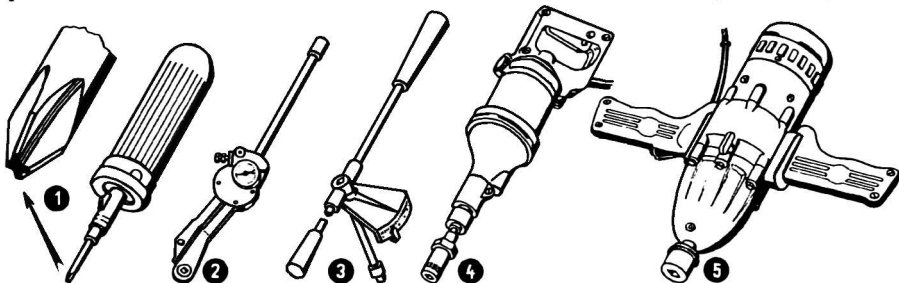


Fig. 27,1. Herramientas para un apretado medido. 1. Destornillador de momento de rotación para el apretado de tornillos de ranura (momento ajustable y desacoplamiento al ser alcanzado éste); 2. Llave de momento de rotación para el apretado de tornillos de cabeza y tuercas (momento de rotación ajustable y desacoplamiento al ser alcanzado éste); 3. Llave para esfuerzo límite y momento de rotación para el apretado de tornillos de cabeza y tuercas (magnitud del momento de rotación legible); 4. Destornillador eléctrico para el apretado de diversas formas de tornillos (doble acoplamiento para momento de rotación ajustable, desacoplamiento al alcanzarlo); 5. Destornillador de percusión para apretado y aflojado de tornillos de diversas formas. Después de atornillado el tornillo se desacopla. La magnitud de la tensión previa varía según el número de las percusiones de rotación. (El aflojado de los tornillos se verifica actuando en sentido contrario).

13. Tornillos, tuercas, arandelas

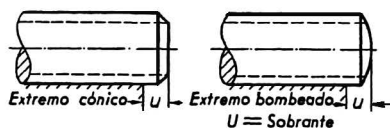


Tabla 28.1. Medida del sobrante de vástago

Tornillo	M 10	M 16	M 20	M 24	M 30
Sobrante	2	3	4	4,5	5



Fig. 28.1. Medida v del vástago ocupado por la tuerca y la arandela

$$v = h + s + u$$

h = altura de la tuerca; s = espesor de la arandela, seguro; u = sobrante

Longitud del vástago de los tornillos

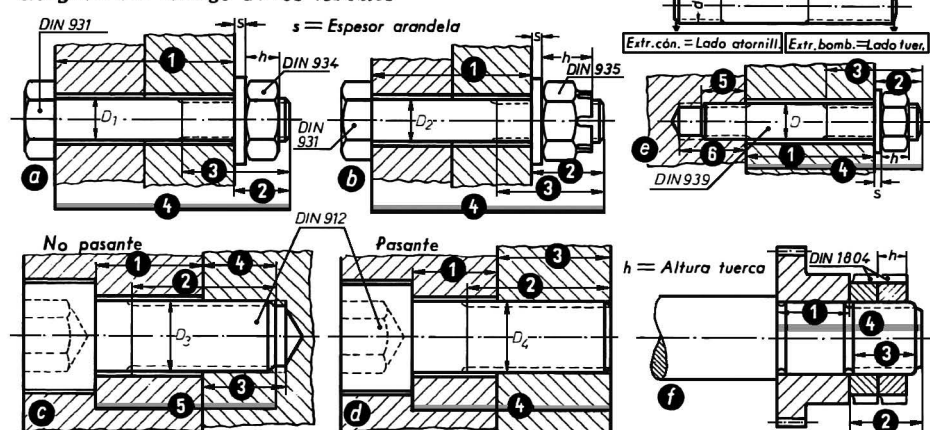


Fig. 28.2. Determinación de la longitud del vástago del tornillo. a) Tornillo hexagonal (DIN 931) con tuerca (DIN 934); 1 = longitud de apriete; 2 = sobrante de vástago; 3 = longitud de rosca; 4 = longitud de vástago, $4 = 1 + 2$; b) tornillo hexagonal (DIN 931) con tuerca de corona (DIN 935); 1 = longitud de apriete; 2 = sobrante de vástago; 3 = longitud de rosca; 4 = longitud de vástago, $4 = 1 + 2$; c) tornillo cilíndrico con hexágono interior (DIN 912); 1 = longitud de apriete; 2 = longitud de rosca; 3 = profundidad de rosca; 4 = profundidad de atornillado; 5 = longitud de vástago, $5 = 1 + 4$; d) tornillo cilíndrico con hexágono interior (DIN 912); 1 = longitud de apriete; 2 = longitud de rosca; 3 = longitud de atornillado; 4 = longitud de vástago; $4 = 1 + 3$; e) espárrago roscado (DIN 939); 1 = longitud de apriete; 2 = sobrante de vástago; 3 = longitud de rosca (lado tuerca); 4 = longitud del vástago; 5 = longitud de la rosca (lado del atornillamiento); 6 = profundidad de rosca (tuerca de la varilla), $4 = 1 + 2$; f) espiga roscada con tuerca de muescas (DIN 1804); 1 = longitud de apriete; 2 = sobrante de vástago; 3 = longitud de rosca; 4 = longitud de vástago; $4 = 1 + 2$

Tabla 28.2. Agujeros de núcleos de roscas (DIN 336)

Ø broca	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 10	M 12	M 14	M 16	M 20
Ø rosca Serie 1	3,20	4,10	4,90	5,90	6,60	8,20	9,90	11,50	13,50	17,00
Serie 2	3,30	4,20	5,00	6,00	6,70	8,40	10,00	11,75	13,75	17,25

Líneas directrices para el empleo: Serie 1, materiales con poco aplastamiento previo: hierro fundido, bronce, latón aleaciones de cobre (agrias), aleaciones de aluminio, aleaciones de magnesio, aleaciones para fusión inyección y forja. Serie 2, materiales que presentan fácilmente un aplastamiento previo: acero, acero fundido, fundición maleable, aleaciones de cinc, aleaciones de aluminio, materiales prensados

Tabla 29.1. Agujeros pasantes para tornillos

Ø rosca	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10	M 12	M 14	M 16	M 20
Agujeros pasantes, fino	4,3	5,3	6,4	8,4	10,5	13	15	17	21
medio	4,8	5,8	7,0	9,5	11,5	14	16	18	23
basto	—	—	—	—	—	—	18	19	24

Líneas directrices para el empleo: fino: mecánica fina, construcción de maquinaria fina; medio: construcción de maquinaria corriente; basto: construcción de conductos tubulares.

Formas de tornillos

Los tornillos se diferencian en los campos de diámetro, los tipos de rosca, las formas de cabeza y el material de que están hechos. Hay **tornillos sin tuercas** y **tornillos con tuercas**, que se llaman **tornillos pasantes** (tornillos de cabeza, fig. 30,1).

Las espigas roscadas van provistas de rosca a lo largo de todo el vástago (fig. 30,2). En los tornillos de vástago la rosca está tallada ocupando solamente una parte del mismo. Para el apretado se ha previsto una ranura o un hexágono interior. Los extremos del tornillo tienen distinta forma según la aplicación del mismo (fig. 30,3). Las espigas roscadas y los tornillos de vástago se emplean principalmente para asegurar piezas acopladas que no deban desplazarse longitudinalmente entre sí ni girar una respecto a otra. En otros casos se utilizan como tornillos de tope, de ajuste o de presión.

Los tornillos calibrados se utilizan en piezas que después de soltarse y volverse a montar hayan de mantener entre sí su primitiva posición. El tornillo tiene un vástago calibrado que da un ajuste forzado⁶ (véase fig. 30,1). Una forma especial de tornillos es la formada por los **espárragos roscados** con un extremo para ir atornillado en el material de la pieza (extremo de forma cónica) y un extremo para la tuerca (forma bombeada) (T. 29,2).

Tabla 29.2. Espárragos roscados normalizados con distintas longitudes de atornillamiento

Forma del tornillo		DIN	Material a atornillar	Longitud a atornillar	Forma de los tornillos	Paso de rosca	
						Extremo a atornillar	Extremo tuerca
a		833	Fundición gris	1,25 d	—	M	M fino
b		834	Fundición gris	1,25 d	Ranura en el extremo a atornillar	M o también M fino	M fino M
c		835	Aleac. de Alu.	2 d	a partir de Ø 18, con ranura	M	M
d		836	Aleac. de Alu.	2 d	—	M	M fino
e		938	Acero	1 d	con vástago liso con vástago de dilatación	M o también M fino	M o también M fino
f		939	Fundición gris	1,25 d	con vástago liso con vástago de dilatación	M o también M fino	M o también M fino
g		940	Material blando	2,5 d	—	M	M

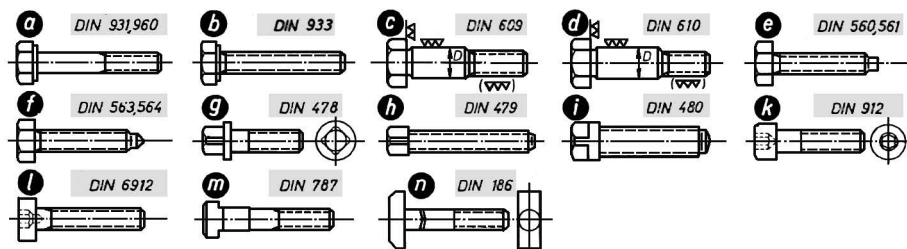


Fig. 30.1. Tornillos de cabeza. a) Tornillo hexagonal; b) tornillo hexagonal; c) tornillo hexagonal de ajuste con rosca larga; d) tornillo hexagonal de ajuste con rosca corta; e) tornillo hexagonal con espiga; f) tornillo hexagonal con punta; g) tornillo cuadrado con collar; h) tornillo cuadrado con núcleo saliente; i) tornillo cuadrado con collar y espiga; k) tornillo de hexágono interior; l) tornillo de hexágono interior con guía para la llave; m) tornillo en T de ranuras; n) tornillo de martillo con cuadrado

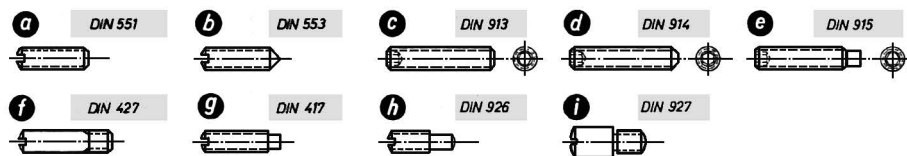


Fig. 30.2. Espigas roscadas. a) Espiga roscada con saliente cónico; b) espiga roscada con punta; c) espiga roscada con hexágono interior y saliente cónico; d) espiga roscada con hexágono interior y punta; e) espiga roscada con hexágono interior y vástago; f) tornillos de vástago; g) espigas roscadas con vástago; h) tornillos con pivote

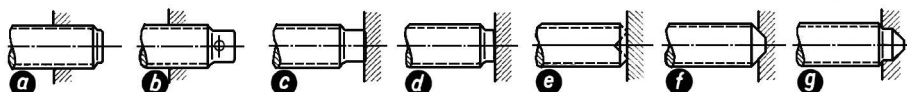


Fig. 30.3. Extremos de tornillo. a) Núcleo saliente; b) vástago para pasador; c) vástago; d) espiga rebajada; e) filo anular; f) punta; g) saliente con punta

Tornillos con ranura longitudinal

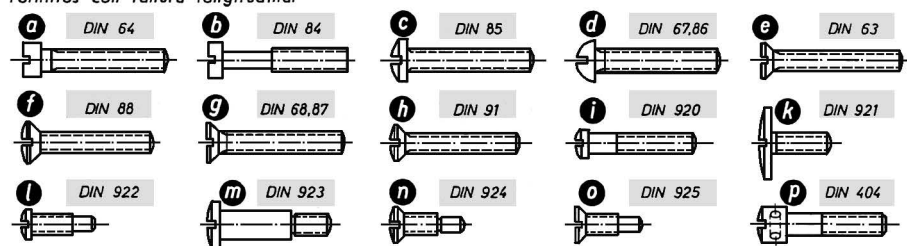


Fig. 30.4. Tornillos con ranura longitudinal. a) Tornillo cilíndrico; b) tornillo cilíndrico; c) tornillo de gota de sebo; d) tornillo de cabeza redonda; e) tornillo avellanado; f) tornillo de gota de sebo; g) tornillo avellanado con cabeza pequeña; h) tornillo de gota de sebo con cabeza pequeña; i) tornillo de gota de sebo con cabeza grande; k) tornillo de gota de sebo con vástago o espiga; m) tornillo de gota de sebo con saliente; n) tornillo de gota de sebo avellanado con espiga; p) tornillo con taladros cruzados

Tornillos con ranuras cruzadas

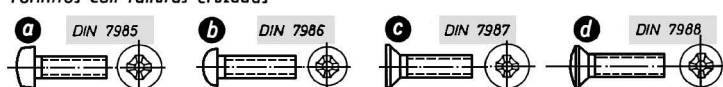


Fig. 30.5. Tornillos de ranuras cruzadas. a) Tornillo de gota de sebo con ranuras cruzadas; b) tornillo redondo con ranuras cruzadas; c) tornillo avellanado con ranuras cruzadas; d) tornillo de gota de sebo con ranuras cruzadas