

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN

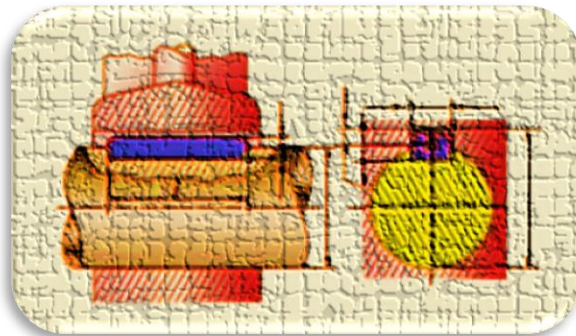
INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

LABORATORIO DE TECNOLOGÍA DE MATERIALES

LECTURAS DE INGENIERÍA 29

CUÑAS Y PASADORES



Recopiló:

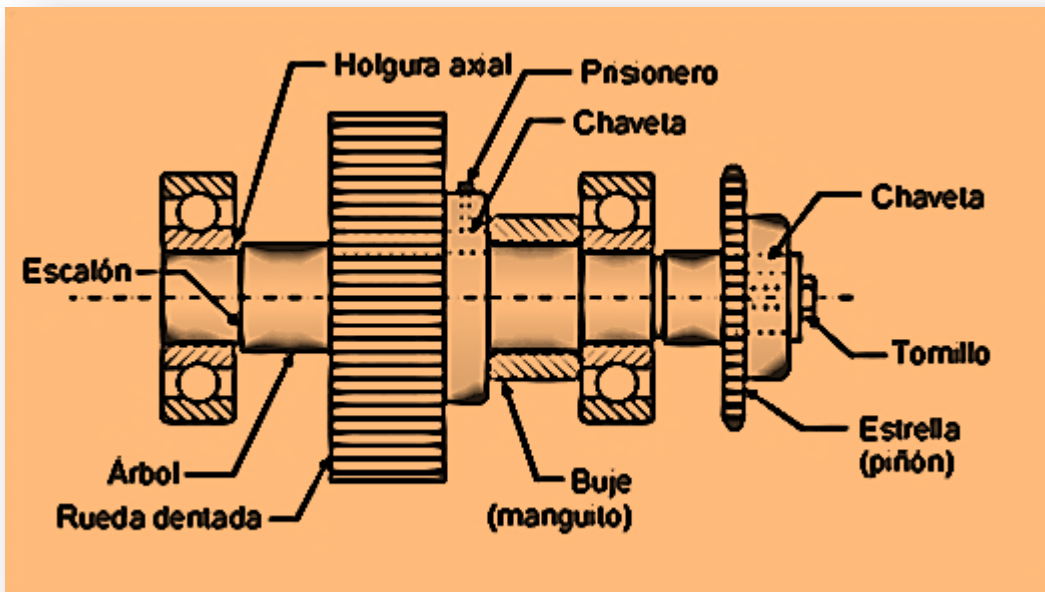
Mtro. FELIPE DÍAZ DEL CASTILLO RODRIGUEZ

CUAUTILÁN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO.

2018-1

INTRODUCCIÓN

Usualmente, los árboles o flechas son cilindros escalonados con el fin de que los hombros o resaltos sirvan para ubicar axialmente los diferentes elementos. Además, los hombros sirven para transmitir cargas axiales. En los árboles se usan diferentes elementos para la transmisión de potencia o para posicionar o fijar las piezas que se montan sobre éstos. Algunos métodos utilizados para transmitir pares de torsión y potencia son las cuñas o chavetas, ejes estriados, espigas o pasadores y conectores estriados o ranurados, de los cuales se dará una descripción en las páginas siguientes.



1. CUÑAS

Son piezas de acero que reposan parcialmente sobre una encajadura del eje llamada caja de cuña o cuñero, y que penetran el resto de su longitud dentro de un alojamiento del cubo del elemento a fijar llamada cuñero. Se utilizan para fijar al eje partes de máquinas, tales como engranes, poleas, manubrios o brazos de cigüeñal, etc. De tal forma que el movimiento de la pieza se transmita al eje o viceversa. Otro de sus usos es el de seguridad, debido a que su tamaño se calcula de tal manera que si se presenta una sobrecarga, la cuña se deformará o romperá, de tal manera que esto no le suceda al eje.

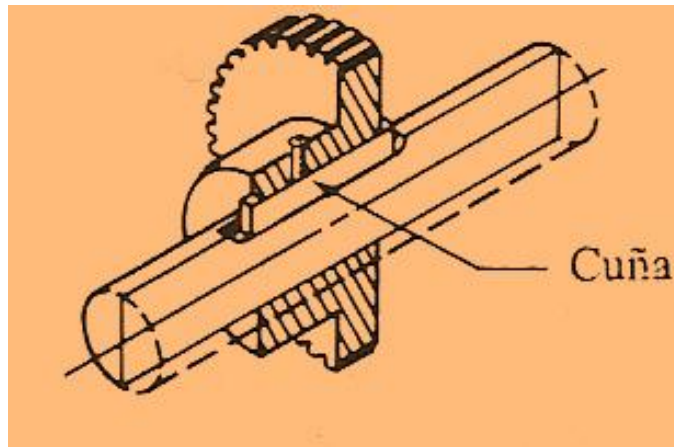


Figura 1. Ensamble flecha-engrane utilizando una cuña.

De los tipos de cuñas mostrados en la figura 1, las cuñas más comunes de usar son la cuña cuadrada, la cuña cónica y la cuña Woodruff, las cuales se describen a continuación:

Cuña cuadrada estándar:

La cuña cuadrada es quizá el tipo de cuña más comúnmente usado donde la dimensión W es igual a la cuarta parte del diámetro de la flecha. Como se observa en la Figura, ésta es ajustada de modo que la mitad del espesor hace contacto con la flecha y la otra mitad con el cubo. El cuñero es cortado por una máquina de hacer cuñeros o por una escariadora. El cuñero en la flecha se corta con una fresa. Se utiliza cortador fresa plano de ancho W para hacer el cuñero con extremos con curvatura igual al radio del cortador. Se utiliza cortador fresa de espiga de diámetro igual al ancho W de la cuña para cortar un cuñero perfilado. Hasta donde sea posible, deberá usarse cuñero con curvatura

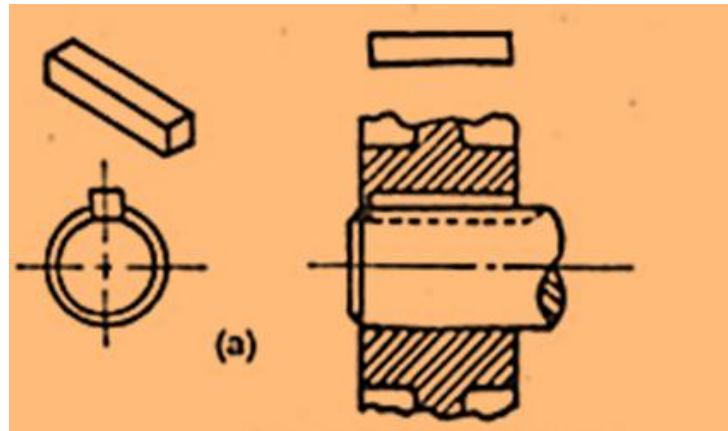


Figura 2. Cuña cuadrada

Cuña estándar plana:

La cuña estándar plana se usa para el caso de que el cubo del engrane, polea, etc., sea de poco espesor. En la flecha, la altura del cuñero es estándar, mientras que la altura es menor en el cubo. La cuña extradelgada plana tiene cuñero de poca altura tanto en la flecha como en el cubo. Esto se aplica para la flecha hueca y para el cubo de poco espesor.

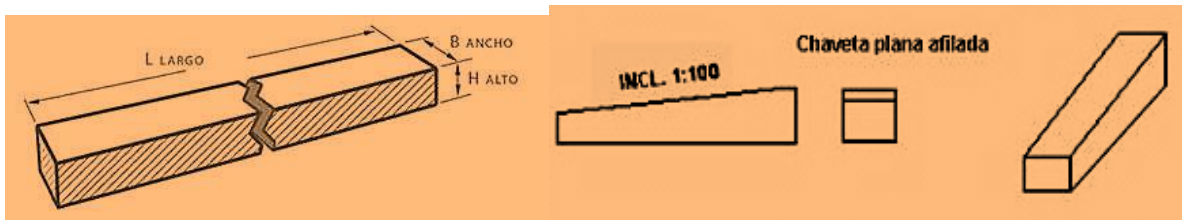


Figura 3. Cuña plana y cuña plana ahusada

Para las cuñas ahusadas, el par de torsión que se transmite depende del contacto friccional entre el cubo y la flecha. El tipo más común de cuña cónica es cualquiera de los tipos de cuña con cabeza o de tipo plano. Esta cuña (cónica) se usa para transmitir pares de torsión de nivel medio y se "fija" en su lugar radially y axialmente por el efecto de cuña de la cuña entre el cubo y la flecha. Algunas veces, las cuñas cónicas se usan también para soportar presiones por aplastamiento en los lados cuando están ajustadas en el cuñero, la superficie superior de la cuña tiene pendiente estándar de $\frac{1}{100}$ plg/pie de longitud, para aparearse con la inclinación tenida en el cubo. La parte inferior de la superficie de la cuña es plana y está en contacto contra la flecha.

Cuña Woodruff:

La cuña Woodruff se emplea para trabajos de servicio ligero, debido a lo profundo del cuñero, hace que la flecha se debilite pero tiene la ventaja de fácil alineación por sí sola con el cubo, debido a la libertad que tiene de girar dentro del cuñero semicircular. Se usa mucho en la industria automotriz y en máquinas herramientas, generalmente su uso está limitado para usarse en flechas de diámetro no mayor a 2 pulgadas. **Este tipo de cuña tiene las ventajas siguientes:** (1) no se voltea debido a lo profundo del cuñero, (2) se ajusta a sí mismo fácilmente para aparearse al cubo, esto debido a su facilidad de giro libre dentro del cuñero, y (3) su uso puede adaptarse para ajuste de flechas ahusadas en cubos. Si la flecha se debilita mucho por el uso de un cierto tamaño de cuña Woodruff, el problema puede reducirse utilizando dos o más cuñas (en línea) en caso de tener cubos largos. Para hacer el cuñero se utiliza un cortador fresa especial, permitiendo ajuste en la flecha tanto en diámetro como en ancho.

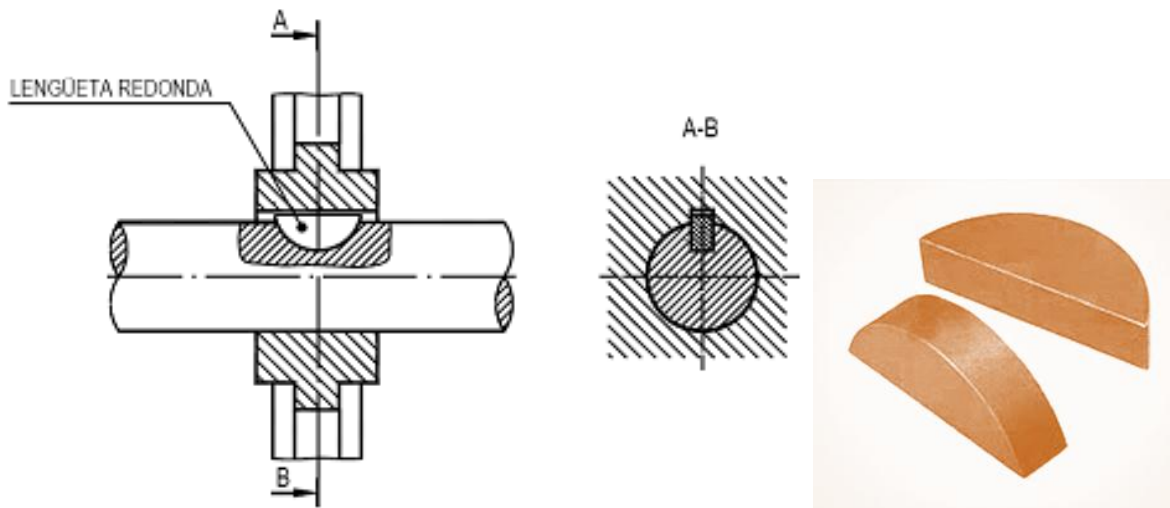


Figura 4. Cuña tipo Woodruff

Cuña con cabeza.

Este tipo de cuña se diseña de modo que la cabeza permanezca fuera del mamelón o cubo. El tipo de cuña con cabeza permite extraerla fácilmente por la acción de una herramienta (por ejemplo, un destornillador) entre el cubo y la cabeza de la cuña. Sin embargo, es prudente cuando se especifica una cuña que la cuña con cabeza que sea colocada en tal forma que no salga más allá del extremo de la flecha por razones obvias de seguridad. De ser posible, debe usarse cuña cónica plana estándar.

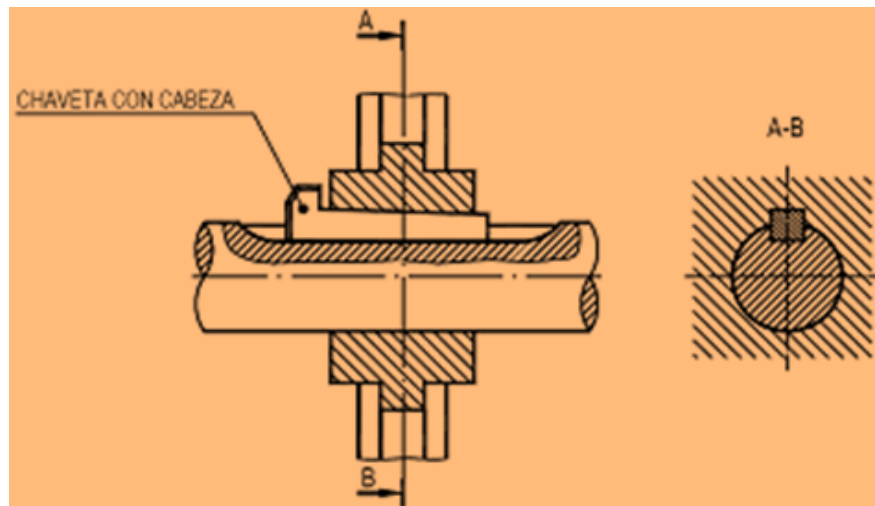


Figura 5. Cuña con cabeza

Cuña Pratt and Whitney

Este tipo de cuña es de extremos redondeados, $\frac{2}{3}$ de esta cuña descansa en el eje y un $\frac{1}{3}$ descansa en el cubo.

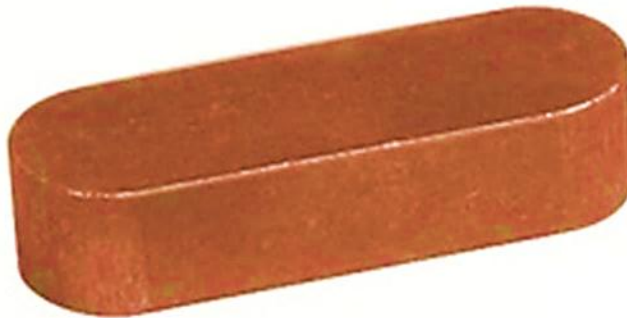


Figura 6. Cuña Pratt and Whitney

Materiales de fabricación de cuñas

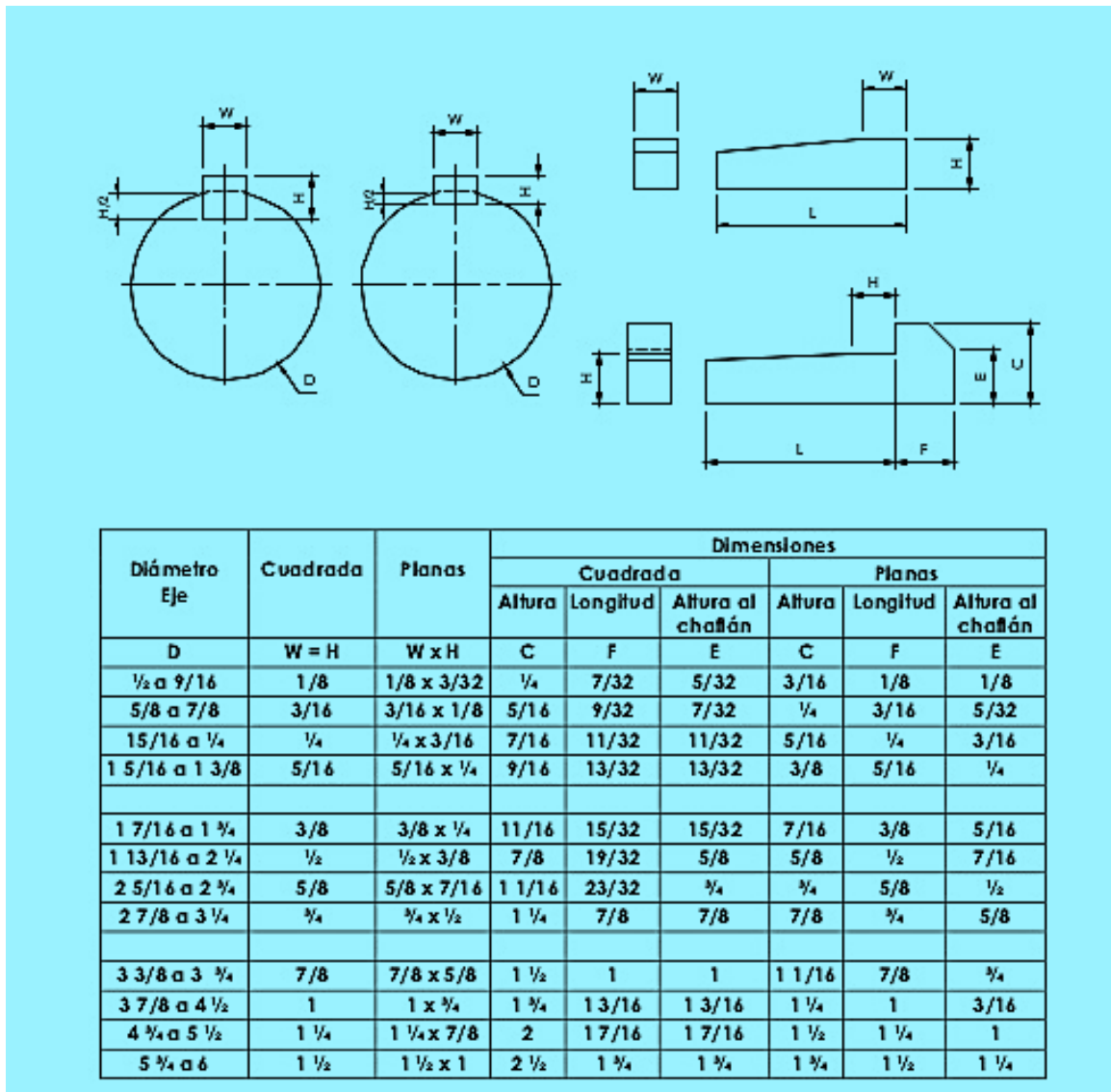
Las cuñas se fabrican en su mayoría, de acero laminado en frío a bajo carbono. Si el acero de bajo carbono no es lo suficientemente resistente, puede emplearse acero con un contenido más alto de carbono, también del tipo cold rolled. Los aceros a los que se les da tratamiento térmico pueden utilizarse para obtener una resistencia aún mayor.

No obstante, el material debe conservar una buena ductilidad como lo indica un valor de elongación porcentual mayor del 10% aproximadamente, en particular cuando es probable que se presenten cargas de choque o de impacto.

Debido a que la distribución real del esfuerzo para uniones con cuñas no se ha comprendido totalmente, deberá usarse un factor de seguridad de 1.5 cuando el par de torsión sea estable, y de 2.5 hasta 4.5 cuando se tengan choques fuertes (sobre todo si las cargas son fluctuantes). Para evitar desgane del cubo sobre la flecha, cuando se utiliza cuña recta (es decir, no cónica) y para asegurar buen agarre, la longitud del cubo deberá ser por lo menos 25% mayor que el diámetro de la flecha. La longitud mínima de la cuña deberá también ser por lo menos 25% mayor que el diámetro de la flecha. Por lo general, el cubo se fija en su lugar sobre la cuña recta mediante el uso de opresores. Cuando no se usan opresores, deberá especificarse ajuste de poca presión entre la flecha y el cubo.

Las dimensiones para varios tipos de cuñas han sido estandarizadas y pueden obtenerse de la tabla 1.

Tabla 1. Dimensiones estándar para cuñas cuadradas y planas



Fallas en las cuñas

En los cuerpos sometidos a esfuerzos torsionales es típico que los materiales dúctiles fallen por corte, en sus fibras internas, y en los materiales esforzados a compresión, por lo regular fallan por aplastamiento de su estructura y se lambean en debido a su relación ancho/altura.

En las chavetas claramente se inducen estos dos tipos de esfuerzo, por lo que la altura o espesor dentro del eje y su ancho producen resultados distintos.

Entonces de una manera sencilla de decirlo, se puede asegurar que sobre la misma base, las cuñas planas más anchas que profundas fallan en compresión, y las que son más profundas que anchas fallan en corte.

Maquinado de cuñeros

Para la obtención de cuñeros en flechas se pueden utilizar máquinas fresadoras verticales y horizontales en donde se han montado fresas de vástago o disco como se muestra en la figura 7.

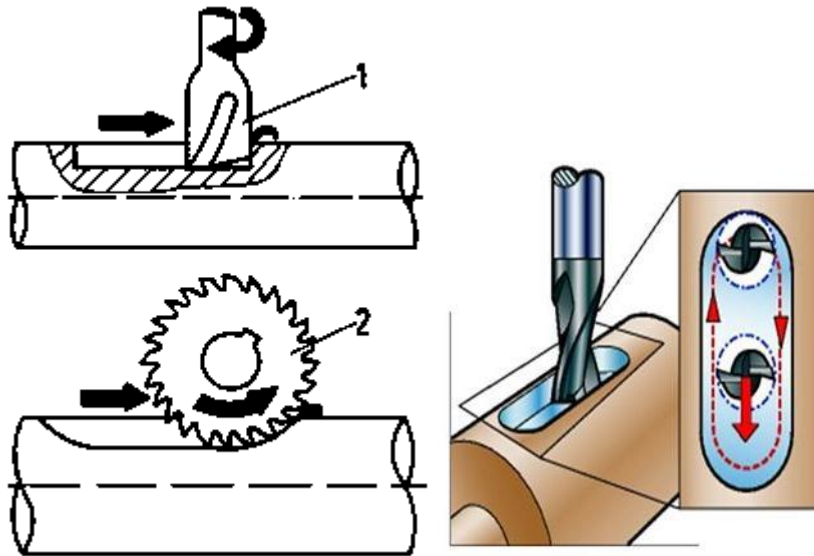


Figura 7. Maquinado de cuñeros

Para el alojamiento de cuñas de tipo Woodruff se utilizan cortadores especiales como se muestra en la figura 8.

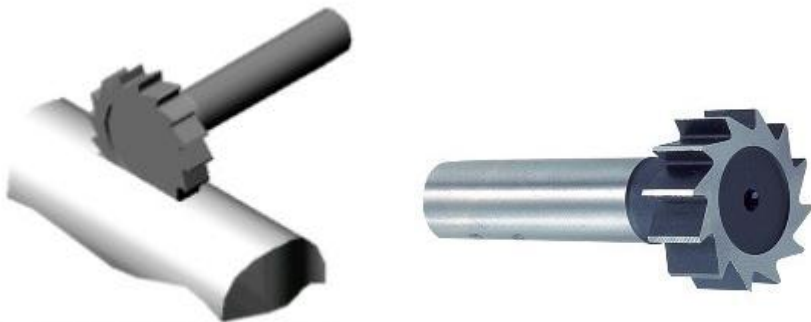


Figura 8. Cortadores para cuñero Woodruff

Para la realización de cuñeros en engranes y poleas se puede emplear herramientas conocidas como brochas montadas en una brochadora o a baja escala, en una prensa.



Figura 9. Brochado de cuñeros



Figura 10. Brochadora y prensa.

Sin embargo, también se puede usar un tono convencional para realizar dichas ranura, como se muestra en la figura 11.

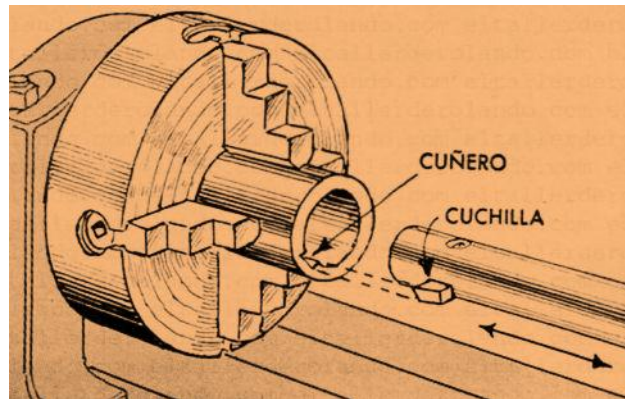


Figura 11. Maquinado de un cuñero en un torno.

2. PERNOS O PASADORES

Es un elemento de fijación mecánica desmontable, de forma cilíndrica o cónica, cuyos extremos pueden variar en función de la aplicación. Se emplea para la fijación de varias piezas a través de un orificio común, impidiendo el movimiento relativo entre ellas. El empleo de estos sistemas de fijación es de gran uso en máquinas industriales y productos comerciales; como dispositivos de cierre, posicionado de los elementos, pivotes, etc.

Tipos de pasadores

Los pasadores deben ser más duros que las piezas que van a unir. Si por razones de funcionamiento no se pueden desgastar los pasadores, deberán ser empleados entonces pasadores templados

Pasador cilíndrico

Se emplea como elemento de fijación y de posicionamiento entre dos o más piezas. La fijación de estos pasadores se realiza mediante un ajuste con apriete sobre una de las piezas y con juego sobre la otra

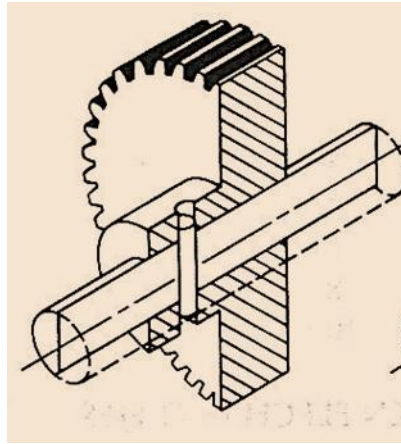


Figura 12. Uso de un pasador cilíndrico

Pasador cónico

Se emplea para asegurar la posición relativa de elementos mecánicos que se montan y desmontan con relativa frecuencia, puesto que la forma cónica del vástago facilita el centrado de las piezas

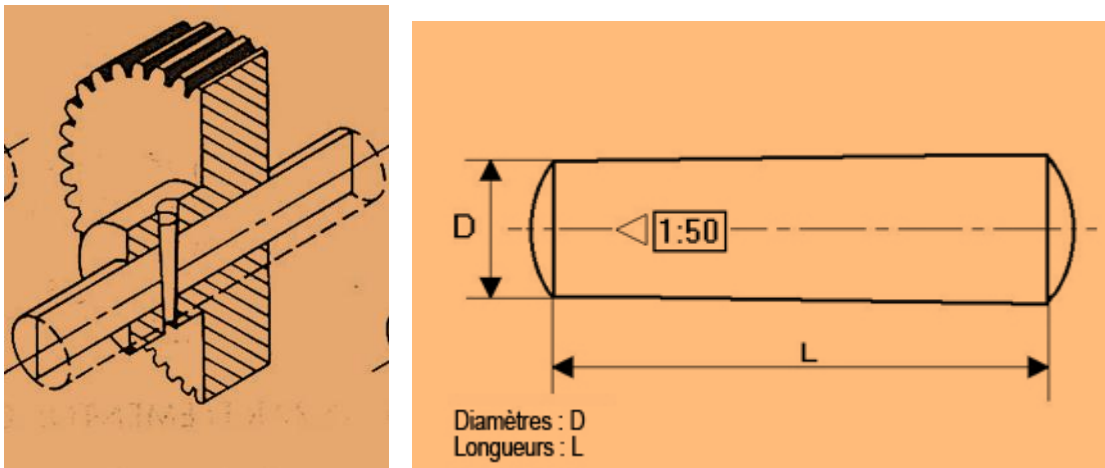


Figura 13. Pasador cónico o ahusado

Pasador ajustado con cabeza

Es un elemento de unión empleado en articulaciones que tienen habitualmente juego en el cojinete. Se asegura por medio de arandelas y pasadores de aletas o bien va provisto de extremo roscado.

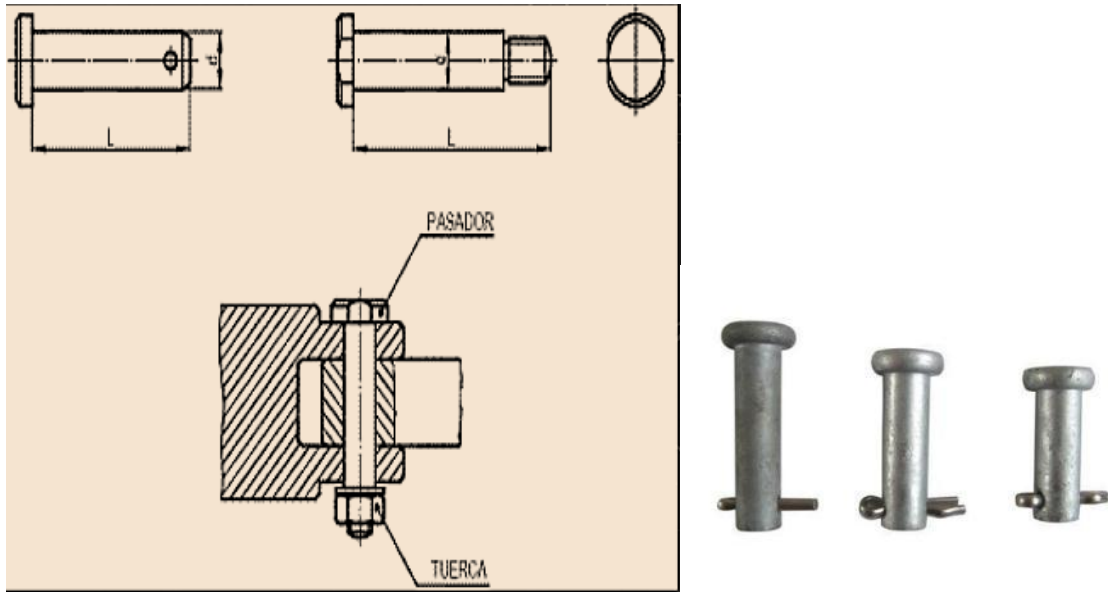


Figura 14. Pasador ajustado con cabeza

Pasadores estriados

Estos tienen 3 entalladuras longitudinales, las cuales se desplazan 120° al rededor de la periferia. De acuerdo a la diferente configuración de las entalladuras se emplean diferentes tipos de acabado.

Los pasadores estriados se golpean en perforaciones sencillas, sin frotación, el asentamiento fijo resulta a través de la deformación elástica de los refuerzos de las entalladuras. Estos pueden ser empleados hasta 20 veces.

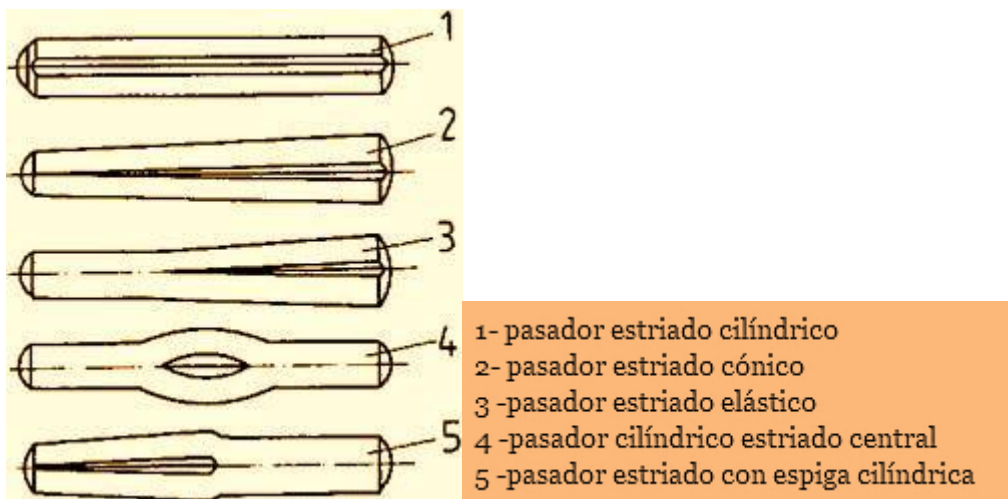


Figura 15. Pasadores estriados.

Pasadores elásticos ranurados

El pasador elástico ranurado es un tubo cilíndrico sin cabeza con una ranura que lo recorre longitudinalmente y bordes achaflanados o redondeados para facilitar su instalación. Este tipo de pasador se fabrica con un diámetro exterior controlado ligeramente mayor que el agujero en el que va a ir instalado. Al comprimirse durante la instalación, el pasador ejerce una presión constante contra las paredes del agujero. Esta presión crea una tensión radial impidiendo que se la unión se afloje bajo vibración o choque.

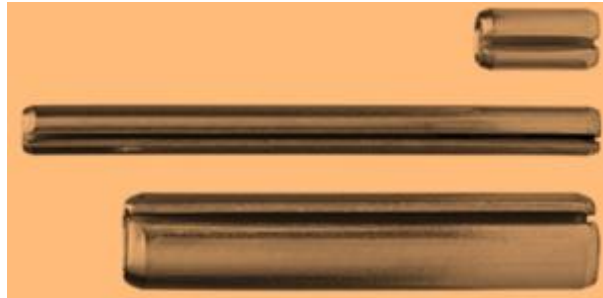


Figura 16. Pasadores elásticos ranurados.

Tabla 2. Dimensiones estándar de pasadores elásticos.

<p>CHAFLÁN A AMBOS EXTREMOS, CONTORNO DE CHAFLÁN OPCIONAL</p>	B Acero al carbono HV 458-560 C Acero inoxidable al cromo HV 423-544 D Acero inoxidable al níquel Endurecido		K Liso* T Con baño de cinc										
	* Los pernos de acero al carbono liso tienen un acabado de aceite protector.												
ESPECIFICACIONES en pulgadas													
Diámetro del perno nominal	Diámetro del perno		Diámetro del chaflán	Longitud del chaflán		Espesor de pared	Tamaño de orificio recomendado		Doble resistencia al corte				
	D			C	S		recomendado		Acero inoxidable al cromo y al carbono		Acero inoxidable al níquel		
	Min. ¹	Máx. ²	Máx.			Min.	Máx.	Min.	Máx.	Lbs.	kN	Lbs.	kN
1/16	.062	.066	.069	.059	.007	.028	.012	.062	.065	430	2.00	250	1.10
5/64	.078	.083	.086	.075	.008	.032	.018	.078	.081	800	3.56	460	2.05
3/32	.094	.099	.103	.091	.008	.038	.022	.094	.097	1150	5.12	670	2.98
1/8	.125	.131	.135	.122	.008	.044	.028	.125	.129	1875	8.34	1090	4.85
5/32	.156	.162	.167	.151	.010	.048	.032	.156	.160	2750	12.23	1600	7.12
3/16	.187	.194	.199	.182	.011	.055	.040	.187	.192	4150	18.46	2425	10.79
7/32	.219	.226	.232	.214	.011	.065	.048	.219	.224	5850	26.02	3400	15.12
1/4	.250	.258	.264	.245	.012	.065	.048	.250	.256	7050	31.36	4100	18.24
5/16	.312	.321	.330	.306	.014	.080	.062	.312	.318	10800	48.04	6300	28.02
3/8	.375	.385	.395	.368	.016	.095	.077	.375	.382	16300	72.50	9500	42.25
7/16	.437	.448	.459	.430	.017	.095	.077	.437	.445	19800	88.08	11500	51.16
1/2	.500	.513	.524	.485	.025	.110	.094	.500	.510	27100	120.55	15800	70.28
5/8 ³	.625	.640	.653	.608	.030	.125	.118	.625	.637	42500	189.06	—	—
3/4 ³	.750	.768	.784	.730	.045	.150	.145	.750	.764	62500	278.02	—	—

¹ El diámetro mínimo es el promedio de D1, D2 y D3. ² Máximo medido con calibrador anular de tolerancia mínima. ³ Estándar SPIROL Solamente, Acero al Carbono.

Pasador de aletas

A veces también se le llama chaveta, está formado por un alambre de sección semicircular plegado sobre sí mismo y permitiendo un ojal que actúa de tope y facilita su extracción. Una vez introducido en su alojamiento se doblan en sentido opuesto sus extremos produciendo su fijación.

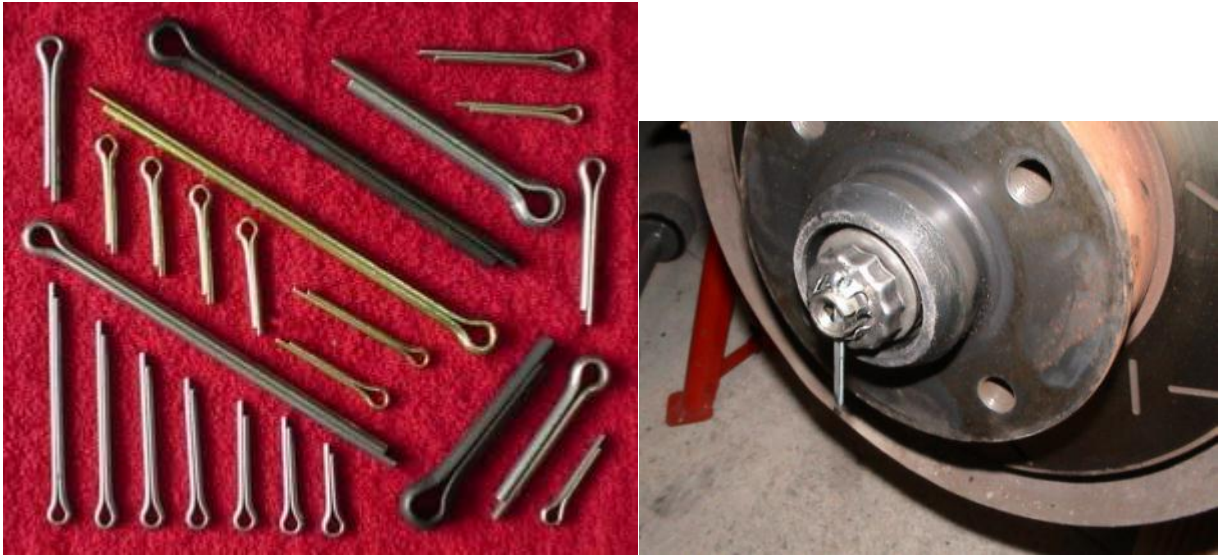


Figura 17. Pasadores de aletas (chaveta)

3. FLECHAS Y CUBOS ESTRIADAS O RANURADAS

Tienen por objeto transmitir torques muy grandes, las nervaduras o flancos son rectos siendo muy utilizados para las ruedas deslizables de las cajas de cambios y embragues. Hay dos tipos principales de estriados, a saber:

- ✚ Estrías de lados rectos y
- ✚ Estrías de involuta o envolvente.

Sus dimensiones vienen definidas según las siguientes normas:

- ANSI B92.1-1970 (R1982), Involute Splines, American National Standards Institute.
- ANSI B92.2-1980, Metric Module Involute Splines, American National Standards Institute.

- **SAE Straight Tooth Splines**

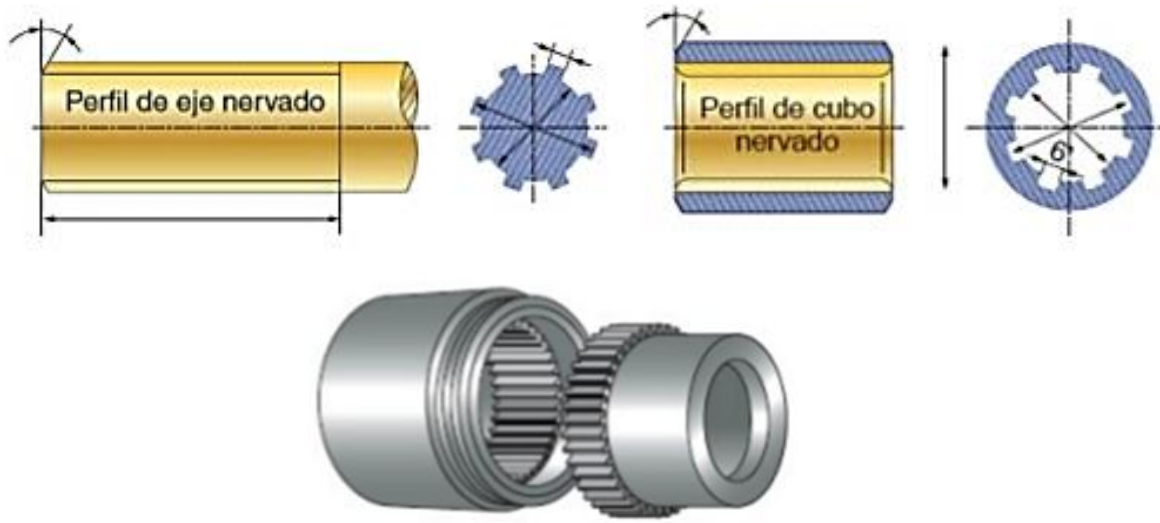


Figura 18. Estriado interno y externo

Ejes estriados con flancos rectos

Son aptos para transmitir grandes torques, pero no son aptos para grandes velocidades de rotación.

De acuerdo a SAE, los ejes estriados pueden tener 4, 6, 10 y 16 ranuras, y sus dimensiones son controladas por el tipo de **ajuste** requerido, como se muestra en la figura 19.

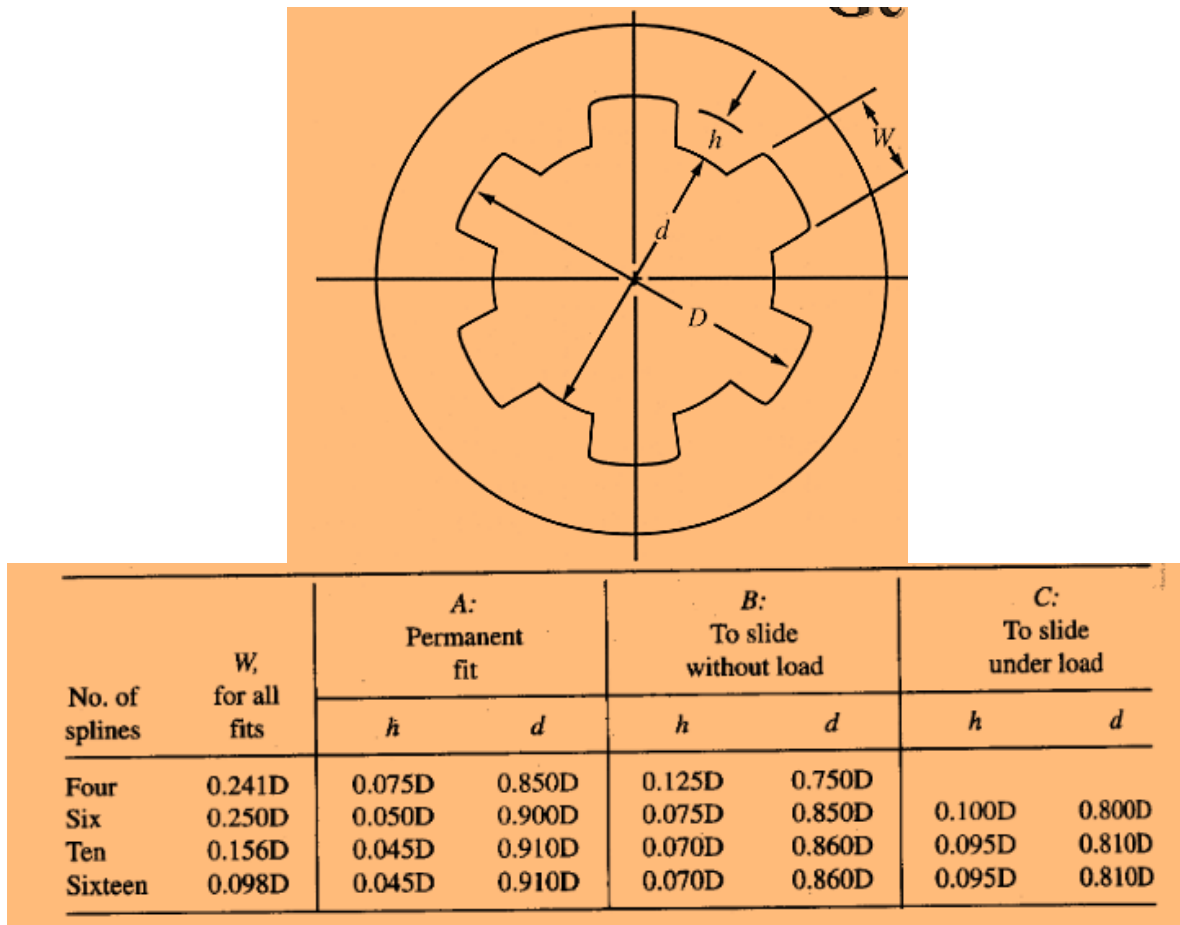


Figura 19. Dimensionado de estrías, según SAE

Ejes Ranurados con flancos en envolvente

Permiten grandes velocidades de rotación y muy buen centrado. Generalmente, las ranuras de involuta se fabrican con un ángulo de presión de 30°, con diecisiete posibles valores de paso diametral (Diametral pitch), tal y como se muestra en la tabla 2:

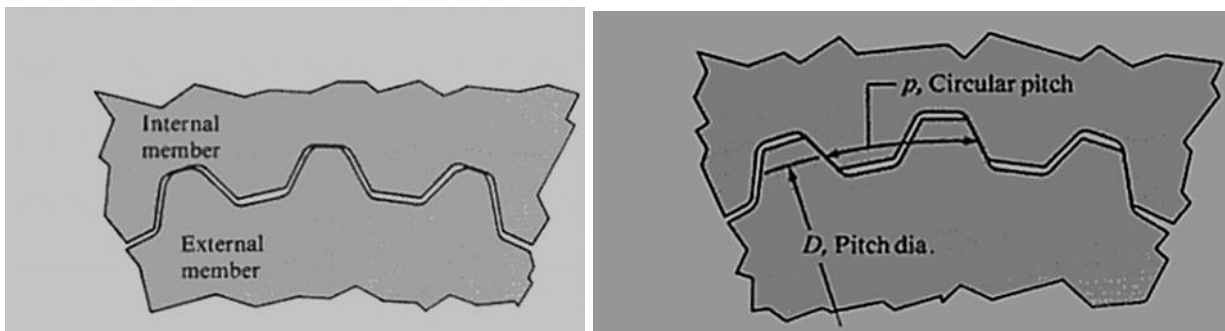


Figura 20. Estrías con flanco de envolvente

Tabla 3. Posibles valores del paso diametral P

2.5	3	4	5	6	8	10
12	16	20	24	32	40	48
64	80	128				

Comúnmente los diseños utilizan longitud de la ranura en el rango de $0.75 D$ a $1.25 D$, en donde D es el diámetro de paso de la estría. Cuando se utilizan dichas relaciones, la resistencia al corte de la sección ranurada es mayor que la de la flecha en donde fueron maquinadas.

*Figura 21. Algunas aplicaciones de ejes estriados*

4. ANILLOS DE RETENCIÓN.

Los anillos de retención se utilizan en flechas para mantener la posición axial de algunos componentes, tales como rodamientos, poleas, etc.

Se pueden distinguir dos principales, internos, externos y E-type los cuales se describen a continuación:

Anillos de retención internos

Los anillos de retención internos o circlips, son comprimidos en la parte interna de un orificio para realizar una fijación segura. El montaje de este tipo de anillos de retención es axial. Una

vez instalado en la ranura del orificio, la parte del anillo que sobresale de la ranura (llamado hombro) mantiene el montaje en su lugar.



Figura 22. Anillo de retención interno

Anillo de retención externo

Los anillos de retención externos son empleados para la fijación sobre ejes. Al igual que ocurre con los anillos de retención internos, la porción del anillo que sobresale de la ranura mantiene el montaje en su lugar. La instalación de estos elementos, al igual que con los internos, se realiza de manera axial, normalmente con ayuda de pinzas especiales.



Figura 23. Anillo de retención externo.

E-type (seguro Omega)

Un tipo específico de anillos de retención, es llamado así por su forma de E redondeada. Los elementos de fijación Tipo E requieren un eje ranurado para mantener los artículos en su lugar, tales como cojinetes. Este tipo de anillo se fija radialmente en una ranura. Las tres partes de la E hacen contacto con la parte interna de la ranura y proporcionan un hombro para la retención efectiva de los montajes.

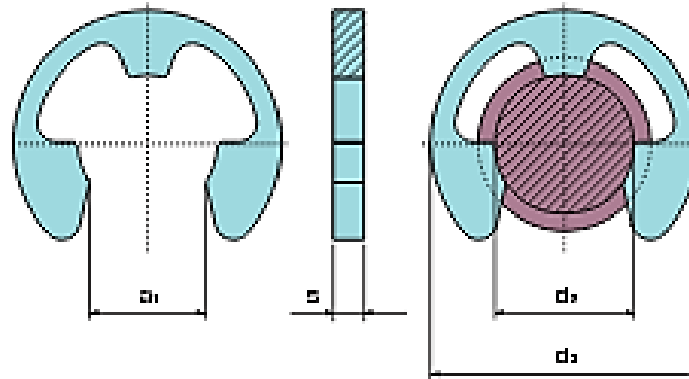


Figura 24. Anillo E-type

Comercialmente los principales tipos de anillos de retención disponibles se muestran en la figura 25.





















 EXTERNAL RETAINING RING DIN 471	 INTERNAL RETAINING RING DIN 472	 EXTERNAL E-CLIP DIN 6799	 TYPE AV EXTERNAL V-RING	 TYPE JV INTERNAL V-RING
 TYPE NT-0, MS-0 BEVELED EXTERNAL RETAINING RING	 TYPE MT BEVELED INTERNAL RETAINING RING	 TYPE BETW-0 BOWED EXTERNAL E-CLIP	 EXTERNAL RETAINING RING HEAVY SERIES DIN 471	 INTERNAL RETAINING RING HEAVY SERIES DIN 472
 EXTERNAL K-RING DIN 983	 INTERNAL K-RING DIN 984	 TYPE H CRESCENT RINGS	 TYPE S INTERLOCKING RINGS	 TYPE G GRIP RINGS
 TYPE AW BOWED EXTERNAL W-RING	 TYPE JW BOWED INTERNAL W-RING	 TYPE ST CIRCLIPS	 TYPE K-O CIRCLIPS	 TYPE UTW-O CIRCLIPS
 TYPE AL EXTERNAL L-RING	 TYPE JL INTERNAL L-RING	 TYPE SL CIRCLIPS	 FLAT WIRE CIRCLIPS DIN 5417	 PISTON PIN CIRCLIPS DIN 73130/73123

Figura 25. Anillos de retención disponibles comercialmente.

De la figura anterior, los tipos de anillos más empleados son los siguientes:

Anillos de retención DIN 471/472

Para ejes y rodamientos son los sistemas de retención más aplicable universalmente. Esta serie ofrece una solución favorable con respecto al grosor y la anchura radial. Transfieren grandes fuerzas axiales del componente situado sobre la pared de la ranura. Los anillos externos también se pueden utilizar para velocidades muy altas. se fabrican a partir de acero elástico y por lo tanto no pierden su elasticidad después de ser colocado en la ranura. La sección transversal del **anillo de retención** es más grande en el centro y su anchura radial reduce hacia los extremos. Si se dobla el **anillo**, actúa como una viga con la misma fuerza y por lo tanto las fuerzas que actúan a lo largo de toda la circunferencia de la **arandela de retención** son iguales.

Bajo cualquier deformación del anillo de retención mantiene su forma circular precisa debido a su alta flexibilidad.



Figura 26. Anillos de retención DIN 471/472

Aplicaciones:

Ingeniería mecánica, automoción y eléctrico. Sistemas de engranajes, mecánica de precisión y construcción de aparatos.

Anillo retención tipo “E” DIN 6799

Anillo de retención radialmente instalado para ejes. Ampliamente utilizados en una amplia gama de aplicaciones, entre ellas, la ingeniería automotriz y eléctrica, máquinas de oficina y mecánica de precisión.



Figura 27. Anillos de retención E-type

A continuación se muestran algunos ejemplos de cómo la industria utiliza los anillos de retención de Rotor Clip (<https://www.rotorclip.com/es/appring.php>)



Figura 28. Aplicaciones industriales de los anillos de retención.

Y en la industria automotriz:

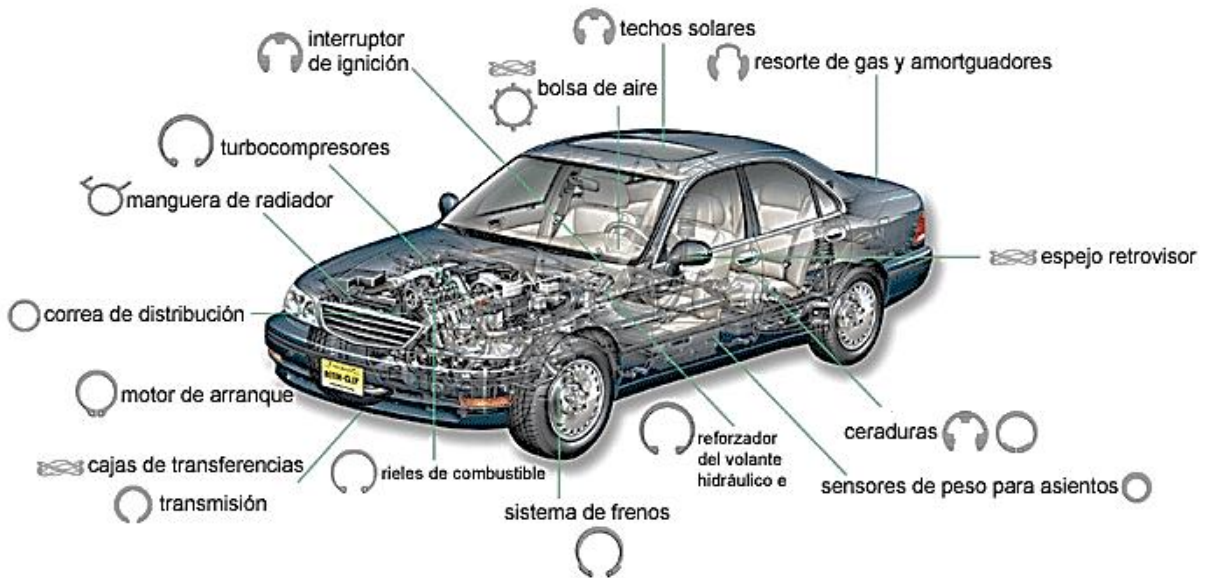


Figura 29. Aplicaciones de los anillos de retención en la industria automotriz.

(https://www.rotorclip.com/es/images/automotive_apps.gif)

Finalmente, debe tenerse cuidado con la concentración de esfuerzos producidos en la flecha.

BIBLIOGRAFÍA

1. <http://www.comunidadindustrial.com/>
2. Hall, Allen: “Teoría y problemas de diseño de máquinas”. Serie Schaum, editorial McGraw Hill, México 1988.
3. Joseph E. Shigley: “Diseño en Ingeniería Mecánica”. Editorial McGraw Hill
4. http://www.sitenordeste.com/mecanica/cu%F1as_a.htm
5. <https://www.grainger.com.mx/Todas-las-Categor%C3%ADas-de-productos/Sujetadores-y-Torniller%C3%ADa/Anillos-de-Retenci%C3%B3n/Anillos-de-Retenci%C3%B3n/c/4204>