

**EISA**

*Escobilla Industrial, S.A. de C.V.*

**ANILLOS, SELLOS Y PIEZAS MECANICAS DE CARBON**



## INDICE

	Página
Introducción	4
La Fabricación del Carbón Artificial	5
Propiedades Físicas y Mecánicas del Carbón Artificial	7
· Dureza y elasticidad	7
· Propiedades térmicas	7
· Propiedades de fricción	7
· Propiedades Físicas y Mecánicas del Carbón Artificial	7
· Propiedades químicas	8
· Datos técnicos	9
Consejos Prácticos para el Mecanizado del Carbón	10
Aplicación a los Cojinetes de Fricción	12
· Recomendaciones constructivas	13
· Recomendaciones para el montaje	13
· Medidas y tolerancias	14
· Cálculo de medidas de un cojinete y eje	15
· Juego entre cojinete y eje	16
· Calidad del eje – Rugosidad	16
· Cargas admisibles en los cojinetes	17
· Elección del carbón	18
Aplicación a las Juntas de Estanqueidad	19
· Cierres frontales deslizantes	19
· Conjuntos de Cierres	21
· Cierres axiales-frontales	21
· Tipos de cierre y ejemplos de montaje	22
· Cierres axiales	23
· Cierres de laberinto	24
· Segmentos de Pistón y anillos de guía	24
· Tipos y dimensiones de segmentos y anillos. Tolerancias	25
· Cabezales de cierre para vapor	26
· Paletas de carbón	26
Elección de la calidad del carbón	27
Programa de fabricación	28
Cuestionarios Técnicos	29

## INTRODUCCION

### LA TECNOLOGÍA DEL CARBON ARTIFICIAL

Por sus propiedades autolubricantes, buena conductibilidad eléctrica, excelente duración y gran estabilidad química y térmica. Por estas cualidades, cada día se abre a este material mayor campo de aplicación en la industria.

Nuestros 40 años de experiencia en el sector del Carbón Artificial y una estrecha colaboración con usuarios de la industria, especialmente en el campo mecánico y químico, nos han permitido lograr notables avances en la investigación y tecnología del Carbón Artificial.

A continuación exponemos las propiedades tecnológicas de este material que facilita ciertos conocimientos necesarios para su aplicación. Para casos especialmente difíciles, será necesario que soliciten la colaboración de nuestros ingenieros calificados en esta materia.

## La Fabricación del Carbón Artificial

Las diferentes materias primas empleadas en la fabricación del carbón artificial son:

Coque, negro de humo y, principalmente, grafito.

Estas materias básicas se trozan en machacadoras, se muelen y tamizan posteriormente hasta obtener el grano deseado. Esta materia básica se mezcla bajo diferentes formulaciones, con aglomerantes como la brea, sus aceites derivados y el alquitrán.

El tamaño de grano de cualquier mezcla preparada para la fabricación de una determinada calidad de carbón, está rigurosa y permanentemente controlada, así como las características físicas y químicas de las primeras materias.

Durante esta operación deberán respetarse normas muy concretas porque en ella pueden quedar definidas o modificadas algunas características de las diferentes calidades de carbón.



Horno



Prensa

Una vez trabadas todas las partículas por los aglomerantes la mezcla adquiere una con textura globular o grumosa. Este material es molido nuevamente hasta conseguir el grano deseado; después, con prensas que pueden trabajar con valores de presión de más de 2.000 kgs/cm<sup>2</sup>, la masa pulverulenta es moldeada en placas de diferentes formas geométricas que serán sometidas a un posterior tratamiento térmico. Esta operación se realiza durante dos o tres semanas en hornos estáticos o de túnel a temperaturas de 1.000 a 1.500 °C en ausencia de oxígeno. Por este procedimiento se logra la coquización de los aglomerantes y la consistencia mecánica del carbón artificial. Tras esta fase aumenta la dureza del carbón, en tanto que su peso y volumen disminuyen. Al producto así obtenido se le denomina carbón duro amorfo.

Para conseguir materiales más nobles, este carbón amorfo es tratado en hornos eléctricos especiales hasta temperaturas del orden de 3.000 °C. Así se obtiene el carbón electrografítico que, en relación con el carbón duro amorfo, posee más alta conductibilidad térmica, mayor inercia química y superiores propiedades autolubricantes. Se pueden modificar ampliamente las características tecnológicas del carbón artificial según la clase de las primeras materias utilizadas, su tamaño de grano y proporciones de la mezcla, por la calidad y tipo de los aglomerantes y finalmente, por la duración y temperatura del tratamiento térmico.



Horno

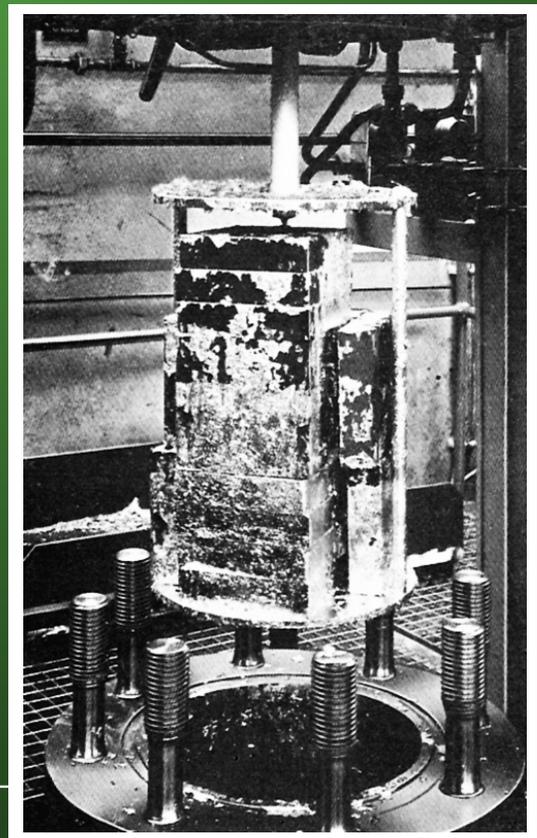


Prensa

La porosidad de los carbones duros y electrografíticos obtenida al final de estos procesos y como consecuencia de la coquización de los aglomerantes, es del 10 al 20 por 100 volumen. Esta porosidad es diferente según la calidad del carbón. Por medio de impregnación del carbón con resinas sintéticas o metales, este valor se puede reducir a menos del 1 por 100.

La tabla de la pagina 9 destaca las superiores características mecánicas de los carbones impregnados sobre los que no lo están.

Por su dureza, el carbón impregnado tiene una mayor resistencia al desgaste, sin que sus excelentes propiedades para la fricción se vean alteradas.



Instalación de impregnación

## Propiedades físicas y mecánicas del carbón artificial

### Dureza y elasticidad

La resistencia a la compresión del carbón artificial es unas cuatro veces mayor que su resistencia a la tracción. En general, puede afirmarse que su solidez aumenta con la temperatura. Teniendo en cuenta que el carbón artificial es relativamente frágil, su solidez no debe ser medida por su elasticidad ni por la resistencia a la tracción. Debemos, pues, fijar nuestra atención en datos más interesantes y significativos como su resistencia a la flexión y a la compresión. En cuanto a los ensayos sobre fatiga, la ley de Hooke no podrá aplicarse sino con un carácter aproximado. Careciendo de frecuencia el carbón artificial, la carga de rotura coincide con el valor superior de la carga en el límite de proporcionalidad elástica.

Puesto que el carbón bruto es muy frágil, es imposible obtener un conformado plástico en frío o en caliente. Su conformado se efectuará siempre por mecanizado con arrancamiento de material.

### Propiedades Térmicas

#### • Dilatación térmica

Cuando se emplea el carbón artificial es muy importante tener presente que su coeficiente de dilatación térmica es inferior al de los metales.

Entre 20 y 150 °C su valor está comprendido entre:  
 $3-5 \times 10^{-6}/\text{°C}$ .

#### • Conductibilidad térmica

Debido a la buena conductibilidad térmica del carbón artificial no deben temerse acumulaciones de calor, por lo que no será preciso instalar disipadores térmicos. En la tabla de la pagina 9 se expresan los coeficientes de conductibilidad calorífica de las diferentes calidades.

#### • Estabilidad térmica – Resistencia a la deformación

El carbón artificial resiste bien temperaturas relativamente altas. En presencia de oxígeno el carbón duro tiene su límite térmico de aplicación alrededor de 350 °C, en tanto que el carbón electrográfitico puede trabajar hasta los 450°C. A temperaturas más altas, la superficie

del carbón presenta tendencia a oxidarse, lo cual motiva la disgregación del material.

Los límites de aplicación de los carbones impregnados vienen determinados por la temperatura de fusión de los impregnantes. Las temperaturas máximas de servicio quedan expresadas en la tabla de la pagina 9.

Además de la buena estabilidad térmica ya mencionada, el carbón artificial posee también una excelente resistencia a la deformación, ya que su solidez no sufre deterioro ni se deforma por efecto de bruscas variaciones de temperatura.

### Propiedades de fricción

Debido a la estructura laminar del grafito el coeficiente de fricción del carbón es muy bajo. Con carácter puramente orientativo indicamos a continuación los valores de este coeficiente entre acero y carbón artificial:

- Coeficiente de fricción en seco = 0,08-0,2
- Coeficiente de fricción en húmedo = 0,01-0,06
- Coeficiente de fricción mixto = 0,06-0,08

Estos valores, repetimos, son a título indicativo, puesto que en la práctica cualquier otra condición de funcionamiento (calidad de las superficies, rugosidad), pueden modificar estos valores sin poder cualificar ni cuantificar esta variación. Así, en el caso de funcionamiento en condiciones de baja humedad del aire, como por ejemplo a -20°C, los valores antes citados no son válidos. En casos como éste o similares rogamos soliciten nuestra colaboración.

### Propiedades físicas y mecánicas del carbón artificial

El objeto de esta exposición es facilitar al usuario de piezas de carbón una información más amplia, profunda y exacta con un criterio puramente orientativo o indicativo.



## Datos técnicos

Calidad	Densidad g/cm <sup>3</sup>	Dureza Shore	Dureza Brinell Kg/mm <sup>2</sup>	Resistencia a la rotura kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia a comp. kg/cm <sup>2</sup>	E-Modulo de elast. x 10 <sup>4</sup> kg/cm <sup>2</sup>	Porosidad Vol. %	Límite de temperatura		Coef. de dilatación x 10 <sup>-6</sup> /°C	Conduct. calorífica cal/cm x sec. x °C
								oxid. °C	reduc. °C		
T110	1,65	55-65	40	450	1400	15	12	350	1300	4,0	0,04
T120	1,6	75-85	45	400	1300	14	14	350	1300	3,5	0,03
T130	1,6	60-70	35	350	1200	13	13	350	1300	3,5	0,02
T140	1,65	70-80	40	350	1100	10	12	400	1500	3,5	0,07
T110F	1,75	70-80	60	650	2000	16	1,5	180	180	4,2	0,04
T 120F	1,70	90-100	65	600	1900	15	15	180	180	4,0	0,03
T 130F	1,75	90-100	70	500	1500	16	1,5	180	180	3,5	0,02
T 140F	1,75	70-80	50	650	2100	15	1,5	180	180	3,0	0,12
T 360F	1,85	85-90	40	950	2800	12	0	200	200	4,0	0,15
T 110M	2,3	75-85	85	700	2200	22,5	2,0	200	200	4,5	0,05
T 120M	2,5	80-90	90	750	2300	22,0	2,0	200	200	0,04	0,04
T 130M	2,5	85-95	60	700	1900	15	2,0	200	200	4,0	0,2
T 110E	2,5	75-85	90	750	2200	22,0	2,0	400	600	4,5	0,05
T 120E	2,4	90-100	100	700	2100	21,5	2,0	400	600	4,0	0,05
T 130E	2,3	85-95	90	650	2000	13,0	2,0	500	600	4,0	0,08
T 110C	2,4	70-85	90	800	2300	22,0	2,0	400	600	4,5	0,06
T 120C	2,5	80-90	100	750	2200	21,5	2,0	400	600	4,5	0,05
T 130C	2,4	85-95	90	700	1800	13	2,0	500	800	4,0	0,10

En el caso de que los cojinetes o juntas sean fabricados mediante conformación directa, en la descripción de la calidad será antepuesta la letra << P >>.

F = Impregnación de resina E = Antimonio M = Metal Blanco C = Bronce

## Consejos prácticos para el mecanizado del carbón

El carbón artificial deberá ser mecanizado siguiendo las normas que a continuación se detallan.

A causa de la fragilidad de este material no es posible su mecanizado sin arranque de material como procedimientos de cizallado, estirado, troquelado, etcétera. Siempre, por tanto, se realizará con técnicas que suponen arranque de material, como el tronzado con discos, torneado, fresado, lapeado, etcétera.

Se precisa que guías, rodamientos y demás elementos de fricción de la máquina empleada estén limpios de aceite o grasa, puesto que la pasta formada entre éstos, proporcionaría un desgaste prematuro de estos elementos.

La sujeción de las piezas de carbón en la máquina se efectuará a través de los útiles de cierre tradicionales. Se evitarán esfuerzos elevados en la pieza y la fuerza de cierre será inferior a la empleada para los metales. Cuando se han de mecanizar piezas de paredes delgadas, inferiores en valor a  $0,1 \times d$ , en que  $d$  es el  $\varnothing$  de la pieza, es recomendable el uso de mandriles extensibles o pinzas de cierre que aseguran una distribución uniforme del esfuerzo.

### Corte

El carbón artificial puede cortarse en seco y en húmedo. Esta última técnica asegura una mayor calidad de las superficies cortadas, así como una más larga duración de los discos de corte.

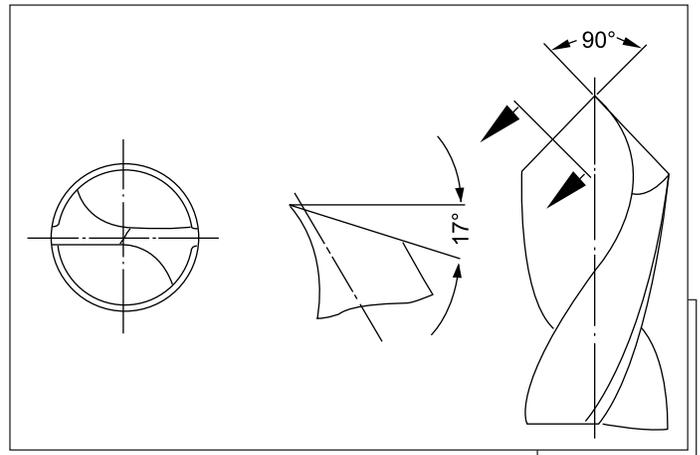
Las herramientas de corte habituales son:

- 1.- Discos de corindón aglomerados con resina artificial, grano 36 y velocidad de 30 m/seg.
- 2.- Discos de diamante con ranuras de salida de material.

### Taladro

Son recomendables brocas con punta de metal duro o carburadas tipo K01 o K05, si la fuerza de corte es demasiado elevada existe el riesgo de rotura del material, sobre todo cuando la broca llega al final de su carrera. En el caso de que esta operación sea realizada con avance automático, deberá prevenirse que el valor del mismo disminuya a medida que la penetración aumente.

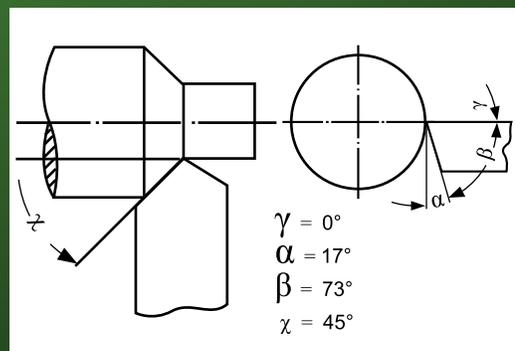
Valores utilizados  
 Avance: 100-300 mm/min.  
 Velocidad 20.50 m/min.



### Torneado

Para trabajos de desbaste se emplean cuchillas de carburo tipo K01 y K05, el mecanizado más perfecto se realiza con útiles diamantados. Son recomendables los valores indicados a continuación:

Condiciones	Desbaste	Acabado	Super-Acabado
Velocidad de corte (m/minuto)	100-250	150-350	300-400
Avance (mm/vuelta)	0,15-0,3	0,1-0,15	0,05-0,1
Carga		0,5	0,1-0,5



### Fresado

Cuando la forma del carbón lo permite, el método más económico mecanizado por arranque de material es el fresado con muelas. Para ello se emplean discos de carburo de silicio y grano 40-60, dureza Jot hasta K, o bien muelas diamantadas. La velocidad de corte usada es de 20-40 m/seg.

### Rectificado

Esta operación se efectúa con rectificadoras de 1 ó 2 discos y con polvo de carburo de silicio vehiculado con agua a velocidades de 3-4 m/seg.  
Grano: 400-1200

### Lapeado

Para obtener una buena calidad en la superficie de mecanizado, se someten las piezas a un tratamiento previo muy preciso. Por medio de discos cincados y de fundición combinados con un aditivo y montados en una pulidora de disco único, se pueden obtener superficies pulidas con velocidades de 3-4 m/seg. Asimismo, se pueden emplear papeles de pulimento con grano 4/0.

### Super-acabado

Son recomendables para esta operación muelas muy porosas aglomeradas con resina artificial y grano 200-400. La dureza será N a P y siempre con un aditivo vehiculado en agua. También pueden emplearse útiles diamantados con grano D46 a D65.



Lapeado



Fresado

## Aplicación a los cojinetes de fricción

Debido a sus buenas condiciones mecánicas, químicas y térmicas, el carbón artificial se emplea con mayor profusión cada día en la construcción de maquinaria e instalaciones químicas.

Los cojinetes fabricados con carbón artificial tienen una aplicación extensa en los campos donde los materiales tradicionales no pueden ser empleados.

Por ejemplo:

- 1.- Servicio en altas o bajas temperaturas, ya que en estas condiciones los lubricantes convencionales (aceites y grasas) no cumplen su función.
- 2.- En líquidos con bajos efectos lubricantes, como agua o soluciones acuosas.
- 3.- En líquidos corrosivos o gases, en los que el empleo de otros materiales antifricción es crítico.
- 4.- En aquellos casos en que el producto no puede ser contaminado con grasas o aceites.

Es preciso destacar que los cojinetes de fricción de carbón no deben ser lubricados con aceites ni grasas, ni siquiera ponerlos en contacto con estas materias, puesto que el polvo de desgaste natural del cojinete mezclado con ellas forma una pasta altamente abrasiva.

La presencia de esta pasta puede originar, incluso, el bloqueo y la destrucción del cojinete.



## Recomendaciones constructivas

### Recomendaciones constructivas

El carbón artificial puede mecanizarse como los metales por medio de arranque de material, pero se tendrá en cuenta su textura cerámica. Ver los consejos de mecanizado en las páginas 10-11.

Para el proyectista pueden ser útiles las siguientes sugerencias:

- Procurar el uso de cojinetes cilíndricos simples.
- Es más aconsejable utilizar varios cojinetes cilíndricos que un solo cojinete con diferentes diámetros.
- Se evitarán inflexiones bruscas en el contorno de la pieza.
- Se procurará no tener que mecanizar taladros de pequeño diámetro y gran profundidad, ya que resulta difícil mantener sus tolerancias.

En el caso de nueva construcción será conveniente respetar las normas DIN no 1850 (1968). En el caso de cojinetes empleados en líquidos será conveniente dotarlos de ranuras longitudinales o helicoidales, respetando las normas antes expresadas.

### Recomendaciones para el montaje

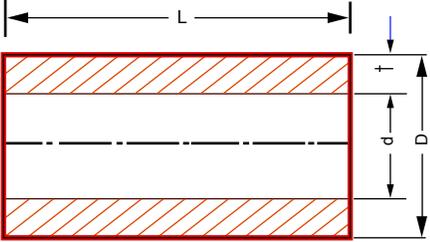
El carbón artificial tiene una resistencia a la rotura y una tenacidad inferiores a las de los metales.

Por esta razón, es recomendable alojar siempre los cojinetes de carbón en cajas metálicas o zunchos.

Esta operación se realiza en frío, introduciendo a presión el carbón en su alojamiento, o bien en caliente, aprovechando la propiedad ya mencionada de que el coeficiente de dilatación térmica del carbón es inferior al de los metales.

Precisamente esta circunstancia debe tenerse siempre en cuenta, puesto que si para el mecanizado de los cojinetes se eligiera una tolerancia igual que para los zunchos metálicos que los contienen, existiría el peligro, incluso a temperaturas inferiores a 100 °C, de que los cojinetes de carbón girasen dentro de su alojamiento.

Normas prácticas para dimensionar un cojinete de carbón:



$L = 2 d \text{ (mm)}$   
 $t = 0,15 - 0,2 d \text{ (mm)}$   
 $t \text{ min} = 3 \text{ mm}$

Tolerancias usadas:  
 Tolerancia exterior = IT6  
 Tolerancia interior = IT8  
 Juego = IT8

En los casos en que  $L > 2d$  s preferible dividirlo en 2 ó 3 cojinetes iguales.

## Medidas y Tolerancias

La técnica más aplicada para introducir el carbón en su alojamiento metálico, es la presión en frío. Para utilizarla recomendamos un ajuste con tolerancias H7/s6 (H7 será la tolerancia elegida para el diámetro interior de la caja metálica).

Con dicho ajuste puede garantizarse la solidez del conjunto hasta temperaturas de servicio del orden de 120-150 °C. La introducción se realiza presionando el carbón mediante un útil adecuando contra el alojamiento. En función de las diferentes calidades de carbón y del grueso de pared del cojinete, su diámetro interior disminuirá, tras la introducción en frío, entre un 70 y 85 por 100 de la tolerancia superior elegida para mecanizar el diámetro exterior del cojinete de carbón.

Cuando se emplee a temperaturas superiores a 150 °C, el cojinete deberá ser introducido en caliente en la caja metálica. En este caso, la tolerancia del diámetro exterior del cojinete será elegida teniendo en cuenta los diferentes coeficientes de dilatación térmica.

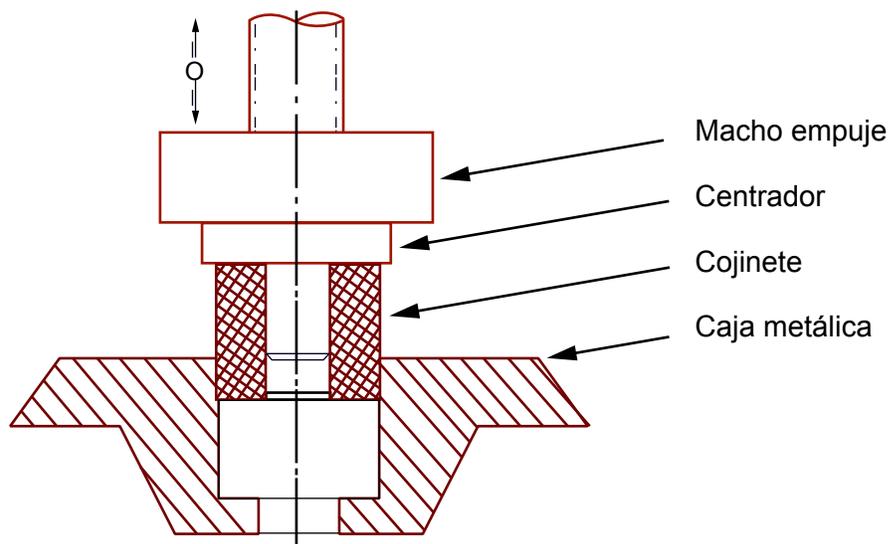
La práctica ha demostrado que la utilización de las tolerancias H7/z8 garantiza un alojamiento sólido del carbón en el acero de hasta temperaturas del orden de 300 °C.

Si se emplea un metal distinto del acero, con mayor coeficiente de dilatación térmica y con tolerancias antes mencionadas, la temperatura de régimen que admitiría el conjunto sería consecuentemente más baja.

Cuando se desee introducir en caliente el cojinete de carbón en su caja metálica, ésta será calentada previamente hasta una temperatura a la cual el cojinete de carbón se introduzca con facilidad.

Después de enfriado, el diámetro interior del cojinete disminuirá de un 80 a un 95 por 100 de la tolerancia superior elegida para el mecanizado del diámetro exterior de aquél.

Es recomendable, si ello es técnicamente posible, volver a mecanizar el diámetro interior del cojinete a las tolerancias deseadas, independientemente de que el ensamble entre carbón y caja se haga en frío o en caliente.

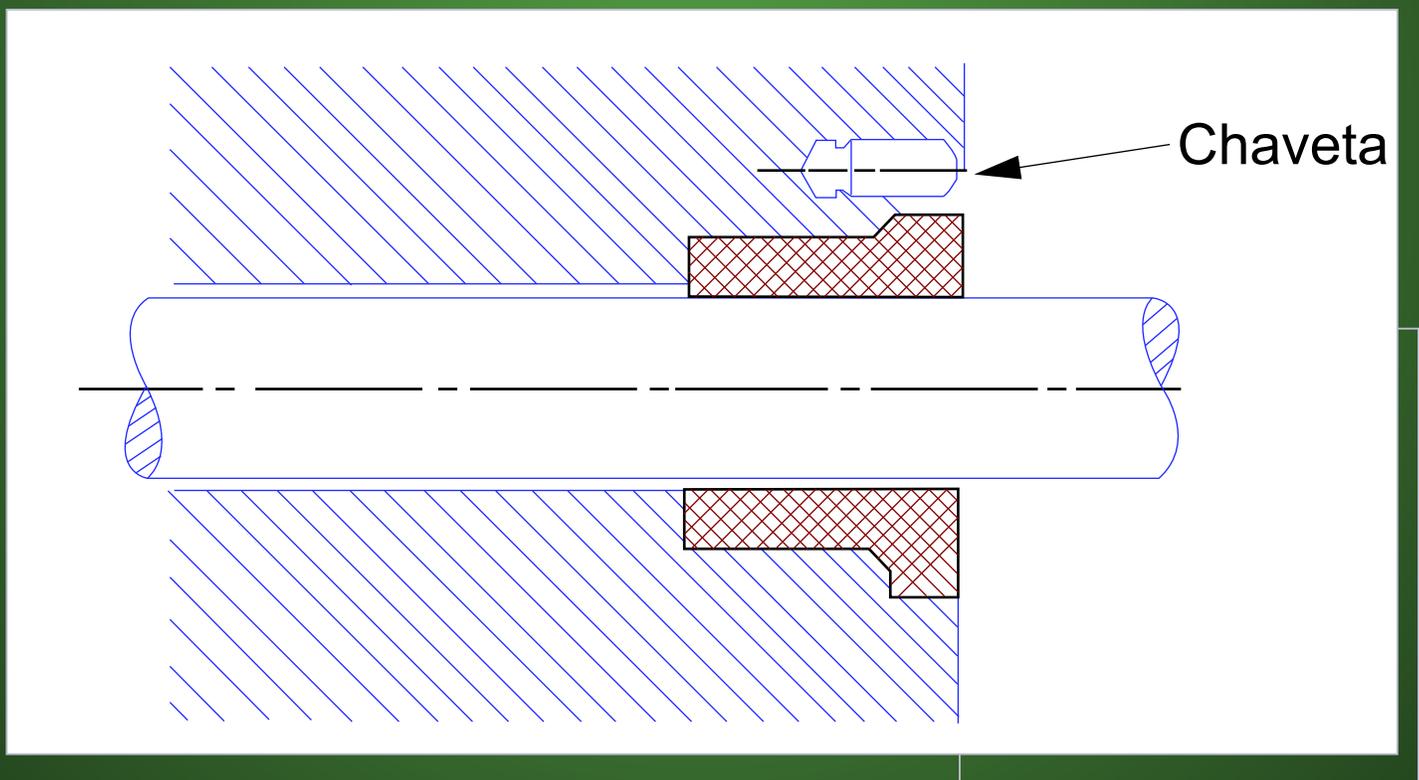


## Cálculo de medidas de un cojinete y eje

### Modo de cálculo

Este método tiene por finalidad la determinación de las tolerancias que aplicaremos al mecanizado de un cojinete que deba funcionar sometido a alta temperatura. Se supone que, por razones constructivas, no es posible un mecanizado final del diámetro interior del cojinete a las tolerancias deseadas, después de su ensamblaje a la caja de acero.

Si, por cualquier razón, no es posible la introducción en caliente del carbón en su alojamiento metálico y el conjunto debe actuar a temperaturas superiores a 150 °C, recomendamos proveerle de algún elemento bloqueador. Este será liso y alojado en la parte del cojinete menos cargada. El empleo de tornillos o chavetas podría ocasionar, debido al efecto de cizalladura de estas piezas, la rotura del cojinete.



## Juego entre cojinete y eje

Es importante advertir una vez más que el coeficiente de dilatación del carbón es inferior al de los metales, por lo que se refiere a la determinación del juego necesario entre cojinete y eje. Si se olvidase este aspecto siguiendo el valor de este juego en frío, sin tener en cuenta las dilataciones, podrían motivarse serios problemas mecánicos, sobre todo a altas temperaturas de servicio.

En consecuencia, para determinar el juego del cojinete deberá ser prevista la dilatación del eje a la temperatura de régimen. En el caso de ejes que giran a alta velocidad, deberán prevenirse los aumentos de temperatura motivados por pérdidas mecánicas. Según nuestra experiencia, el valor medio del juego a la temperatura de servicio será de 0,2 por 100 del diámetro del eje para marcha de húmedo y 0,40 por 100 para marcha en seco.



Los valores del diagrama deben ser tomados como medios, por lo que son admisibles desviaciones de  $\pm 1\%$

--- Marcha en húmedo      — Marcha en seco

Puesto que el empleo cojinetes de carbón permite un juego relativamente elevado, no es económico elegir tolerancias restringidas para el diámetro interior del cojinete. Estimamos que no debe ser inferior a IT8.

## Calidad del eje – Rugosidad

Para valores elevados de cargas y velocidad se emplean aceros templados con alto contenido de cromo (15 por 100). Para valores inferiores, son recomendables aceros inoxidables sin contenido de níquel, incluso para marcha en húmedo. No estimamos aconsejables los aceros con níquel, menos duros, porque existe el riesgo de formación de ranuras, sobre todo para régimen en seco y por tanto, un prematuro desgaste del cojinete.

También la calidad de la superficie del eje juega un papel decisivo en el desgaste del cojinete. En principio, es suficiente un acabado de la superficie obtenido por un rectificado normal, debiendo ser progresivamente más fino a medida que aumentan cargas y velocidades. No deben emplearse aceros con dureza inferior a 70 kgs /mm<sup>2</sup> para poder obtener en el rectificado una buena calidad de superficie.

Valores medios de rugosidad:

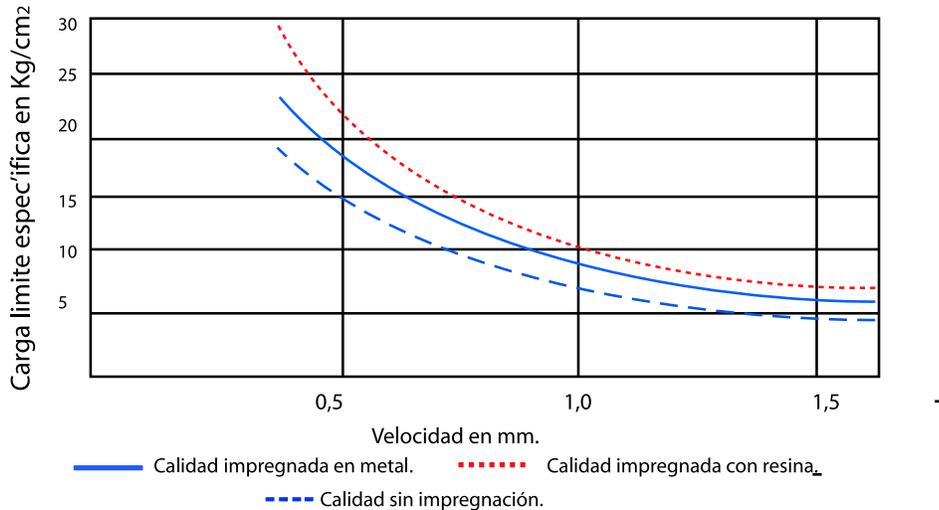
$$R_t \leq 1,5 \mu m.$$

$$R_t \leq 0,5 \mu m. \text{ para cargas elevadas.}$$

## Cargas admisibles de los cojinetes de carbón

Para proyectar un cojinete de carbón es fundamental conocer a las cargas a las que va a ser sometido. Por otra parte, la cualidad autolubrificante del carbón obliga a establecer otra definición diferente de la carga, totalmente distinta a la concebida para el uso de cojinetes metálicos engrasados en aceite, con un efecto lubricante hidrodinámico permanente.

Puesto que los cojinetes de carbón trabajan casi siempre en seco o en medios de efectos lubricantes bajos como, por ejemplo, el agua, siempre existirá en mayor o menor grado, un desgaste del carbón.



Debido a esta particularidad hemos realizado diferentes ensayos para relacionar la carga y la velocidad con un desgaste admitido en la práctica, con lo que hemos obtenido un índice de duración de un cojinete. Este desgaste admitido se ha fijado en 0,5 mm/1000 h. Recogiendo los valores obtenidos a través de estos ensayos se han determinado las curvas que expresan las cargas límites y continuas para marcha en seco a diferentes velocidades.

Por supuesto, los valores recogidos en las curvas son medios. No existe un diagrama diferente para cada calidad, no siendo válido éste sino para los valores de velocidad indicados en el mismo, por lo que no pueden extrapolarse las curvas. Si esta eventualidad se presentara, rogamos consulten.

### Condiciones de los ensayos:

Cojinetes radiales 25/15  $\Phi$  x 12 mm.  
 Eje: Acero x20 Cr. 13, W. Nr. 1.4021.  
 Rugosidad:  $R_t \sim 0,4 \mu\text{m}$ .  
 Temperatura: Ambiente normal

### Marcha en húmedo

Puede asegurarse que, partiendo de los valores del diagrama en seco obtenido anteriormente, el desgaste de un cojinete funcionando en ambiente húmedo disminuirá de 7 a 10 veces, puesto que existe un engrase dinámico entre cojinete y eje. Así pues, los desgastes en estos casos son realmente poco importantes. Caso de que el cojinete deba trabajar a valores elevados de velocidad (10 a 20 m/seg.) deberá proveérsele de ranuras axiales o helicoidales, a fin de provocar la formación de una película líquida permanente entre ambas superficies en fricción. La ejecución de este tipo de ranuras puede jugar un papel decisivo en el funcionamiento del cojinete.

### Cojinetes axiales

Lo dicho hasta aquí para los cojinetes radiales en funcionamiento, tanto en seco como en húmedo, es válido para los cojinetes de tipo axial.

## Elección del carbón

### Aplicaciones – Recomendaciones

#### Marcha en seco

En los medios de trabajo donde a causa de las altas temperaturas no pueden ser utilizados los cojinetes tradicionales, han encontrado un extenso campo de aplicación los cojinetes de carbón, por ejemplo, en las cadenas de transportes apoyadas en rodillos que discurren a través de un horno de túnel. Nuestras calidades de T-110 y T110-F marchan perfectamente a los hornos de secado de madera aglomerada y en hornos de túnel para cocción de placas de yeso. Conocemos casos concretos en los que nuestra calidad T-110 ha funcionado durante diez años en un horno de secado de madera.

Nuestras calidades T-130F y T-130E, montadas en los tornillos sin fin impulsores en instalaciones químicas, se comportan excelentemente bajo altas temperaturas y velocidades elevadas.

Los cojinetes de carbón son ampliamente utilizados en máquinas industriales textiles. Por sus especiales condiciones de estabilidad química y térmica se emplean los cojinetes de carbón en instalaciones para la fabricación de fibras químicas, funcionando bajo elevadas temperaturas y concentraciones gaseosas.

Sería demasiado extenso poder citar aquí todos los casos en que la utilización del carbón, como material para los cojinetes, ha encontrado solución a los problemas planteados. De un modo general, puede asegurarse que es más indicado el uso del carbón electrográfitico a temperaturas de 300 °C a 350 °C y marcha en seco, que el carbón duro, sobre todo en los casos en que no pueda asegurarse que exista continuamente una lámina lubricante entre eje y cojinete.

#### Marcha en húmedo

Por su buena estabilidad química, los cojinetes de carbón son ampliamente empleados en las máquinas de tintorería y decoloración. Tienen aquí su aplicación específica las calidades impregnadas con resinas como T-120F, T-360F y T-130F.

En los contadores de líquidos se empleará la calidad T-120M. Desde hace muchos años nuestros cojinetes están siendo empleados en las bombas de calefacción y químicas. Una de las ventajas más notables que han permitido su introducción en este amplio campo, es su funcionamiento exento de ruidos y vibraciones.

El uso del cojinete de carbón permite al fabricante una gran libertad en su proyecto, puesto que es innecesaria la previsión de una lubricación permanente, pudiendo funcionar durante largos períodos en seco sin que se presenten desgastes anormales.

A través de nuestra experiencia, hemos podido constatar que las calidades duras impregnadas son las de mejor comportamiento para marcha en húmedo, siendo su desgaste, en estas condiciones, muy bajo. Por ello, recomendamos nuestras calidades T-120F, T-120M y T-120E.

#### Nota:

Las calidades impregnadas, siempre son más caras que las no impregnadas sin embargo, sus mejores características tecnológicas se reflejan favorablemente en el desgaste. Por ello, y debido a su mayor capacidad de carga (ver diagrama de página 17), será preferible utilizar el carbón impregnado.

El mejor comportamiento se obtiene con las calidades impregnadas con metal, a menos que en el servicio pudieran presentarse problemas de descomposición química del impregnante

## Aplicación a las juntas de estanqueidad

En muchas ocasiones, en la industria, son precisos elementos de estanqueidad en órganos con movimientos alternativos o rotativos.

Estos elementos pueden presentarse bajo diferentes formas y cometidos como:

- Juntas de estanqueidad deslizantes.
- Segmentos de pistón y guías de biela.
- Cierres de laberinto.
- Conjuntos de cierres.
- Cabezales de cierre para vapor.
- Paletas para bombas.

Estas piezas son fabricadas en carbón artificial:

- Donde es exigida una estanqueidad perfecta a elementos agresivos (ácidos, álcalis, vapores y gases).
- Cuando existen sustancias disolventes de lubricantes convencionales.
- En trabajos a altas temperaturas que dejan fuera de uso estos tipos de engrase convencionales.
- En los casos de fricción en seco, ya que en ellos el empleo de metal a materiales sintéticos no es correcto.



### Cierres frontales deslizantes

Este tipo de cierres está caracterizado porque la superficie de fricción es perpendicular al eje.

La fuerza de cierre es obtenida por materiales elásticos o resortes, los cuales son deformados frecuentemente por la misma presión de servicio del fluido. Tienen la ventaja de que a pesar del desgaste, no se ve modificada la forma del cierre y, por tanto, el eje no será deteriorado.

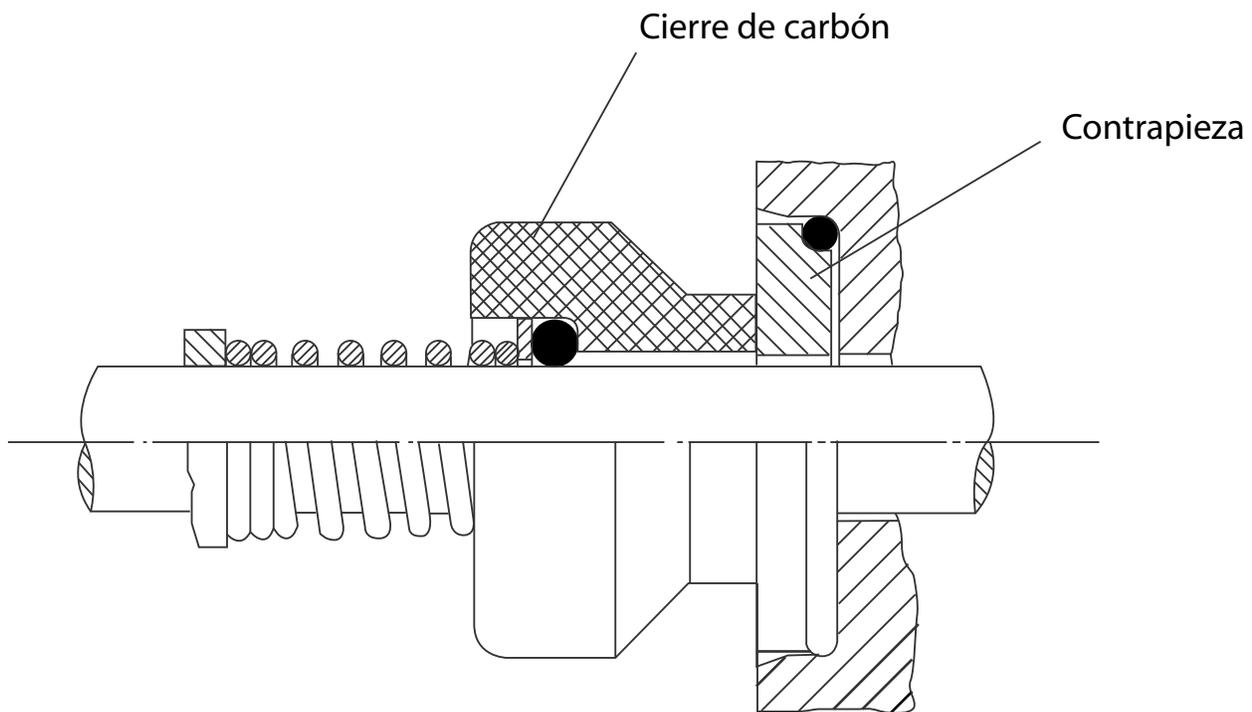
Se emplea en:

1. Bombas utilizadas con líquidos como agua de refrigeración, bencinas, gas-oil, ácidos, bases, etcétera.
2. Máquinas de lavar, compresores, motores de combustión.
3. Maquinas de herramientas y de producción.

Por sus cualidades autolubricantes y su estabilidad química y térmica, el carbón artificial se emplea para asegurar la estanqueidad a gran número de elementos.

El cierre deslizante axial está compuesto de una contrapieza fija, de un anillo deslizante que gira con el eje y de un elemento que proporciona la fuerza del cierre para obtener una presión de 1 a 2 kgs/cm<sup>2</sup>.

La contrapieza suele ser de acero duro, acero al cromo templado (HRC>40) o de material cerámico.



En casos muy especiales, como cuando es precisa una hermeticidad a elementos corrosivos, la junta y la contrapieza pueden ser fabricadas en carbón. En estos casos, hay que tomar la precaución de que las superficies deslizantes de ambos elementos sean iguales a fin de evitar que con el desgaste una pieza se introduzca en la otra.

Por el contrario, cuando las superficies en contacto son carbón-metal, la superficie de la contrapieza metálica deberá ser mayor que la del cierre de carbón.

El mecanizado de la pieza de carbón será efectuado por arranque de material. Sólo si la aplicación o las cantidades solicitadas lo justifican, estas piezas serán directamente conformadas.



### Conjuntos de cierres

Según su composición, este tipo de cierres puede clasificarse en cierres monopiezas o compuesto de varios segmentos.

Atendiendo al modo de efectuar al cierre pueden ser:

- Cierres axiales
- Cierres axiales-frontales

En el caso de cierres compuestos de varios segmentos, éstos son adosados al eje o biela por medio de un resorte helicoidal convenientemente calculado. Se estima que se obtiene una presión igual en los diferentes segmentos, montando un muelle helicoidal, el cual, en su posición de trabajo, es un 10 por 100 superior a su longitud inicial. El valor de esta presión específica más conveniente, puede cifrarse en 0,12 a 0,15 kgs /cm<sup>2</sup>, ya que valores superiores pueden originar desgastes innecesarios en el cierre.

Se recomienda utilizar para la construcción del muelle, en trabajos a temperatura de hasta 300 °C, el acero de resorte y, a temperatura de 300° a 500 °C, el hilo denominado "Silverín".

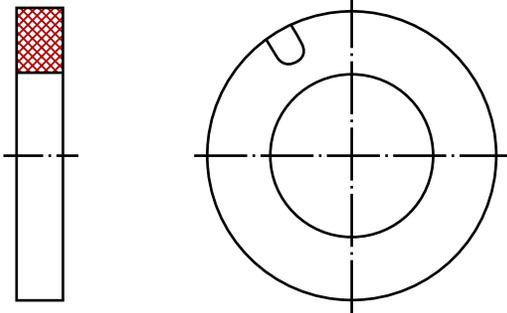
### Cierres axiales-frontales

En el caso de un cierre monopieza, la ejecución del mismo estará supeditada sólo a los diferentes valores de los coeficientes de dilatación térmica de los materiales en fricción. Por el contrario, en el caso de cierres compuestos de varios segmentos, estas tolerancias no deben ser tan restringidas, ya que los segmentos estarán adosados contra el eje por medio de un resorte helicoidal. Estos conjuntos se montan con un desplazamiento angular entre los sucesivos anillos que componen el cierre. Tienen la particularidad de que durante el rodaje, en tanto las holguras en las cabezas de los segmentos existan, funcionan como cierre axial contra el eje, aparte del cierre frontal que, asimismo, realizan.

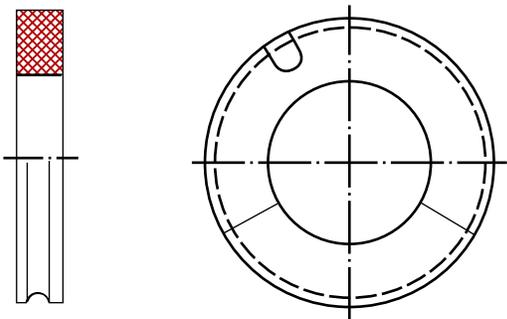
Una vez que desaparezcan estas holguras en las cabezas, funcionarán realizado un cierre frontal. Es por ello que las superficies en contacto deben estar limpias y con una planitud casi perfecta. Se evita el arrastre angular por medio de chavetas. Durante su mecanizado son cuidadosamente respetadas las tolerancias angulares de los segmentos, a fin de obtener una perfecta estanqueidad durante el funcionamiento.

## Tipos de cierre

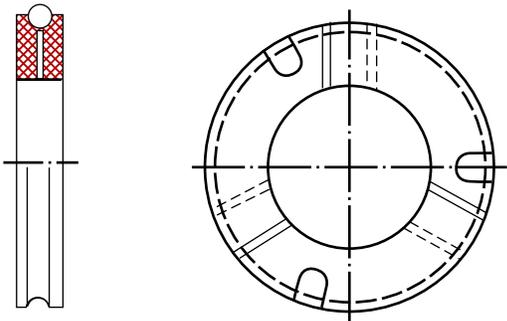
### Monopiezas



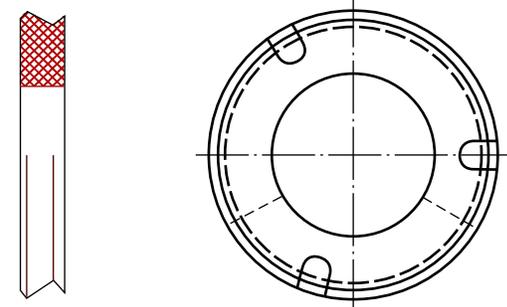
### Anillos de segmentos a tope



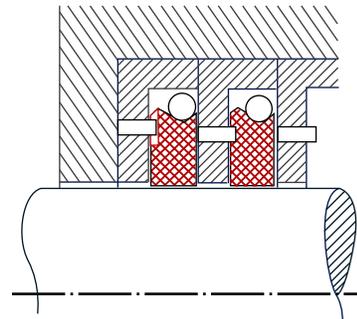
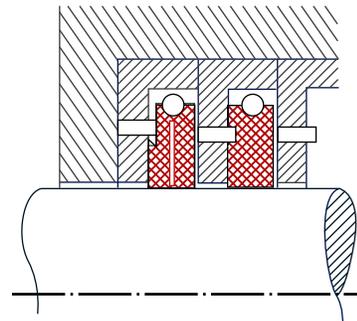
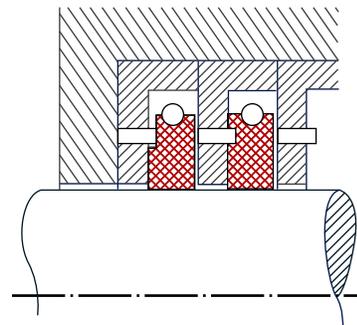
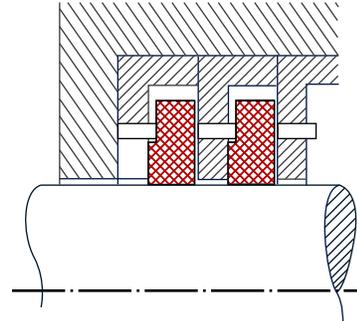
### Anillos de segmentos solapados

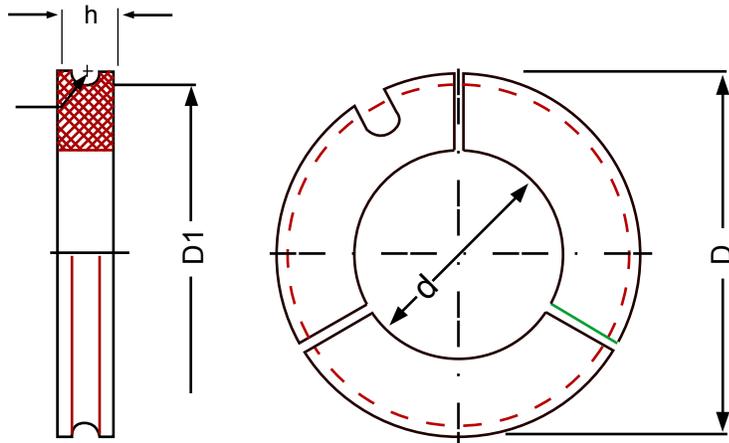


### Anillos de segmentos a tope y garganta asimétrica



## Ejemplos de montaje





**Dimensiones aconsejables**

$D = 1,5 \times d$

$h = 0,14 \times d$

$D1 = D$  -- Diametro del resorte

$S = 0,3$  a  $2$  mm. según tamaño y número de segmentos

Diámetro del resorte

$r = \frac{\text{Diámetro del resorte}}{2} + 0,5$

**Cierres Axiales**

Se emplea este tipo de cierres sobre bielas con movimiento alternativo. Durante el funcionamiento están en contacto permanente, por lo cual el desgaste es uniforme y continuo en el anillo.

Por la característica autolubrificante del carbón artificial, puede garantizarse un correcto funcionamiento de la junta. Para obtener una mejor hermeticidad, los segmentos son desplazables tangencialmente. En la figura inmediata son mostrados diferentes tipos. Siempre se montan por pares para garantizar la hermeticidad y, contrariamente a los cierres axiales-frontales antes explicados, sin juego axial.

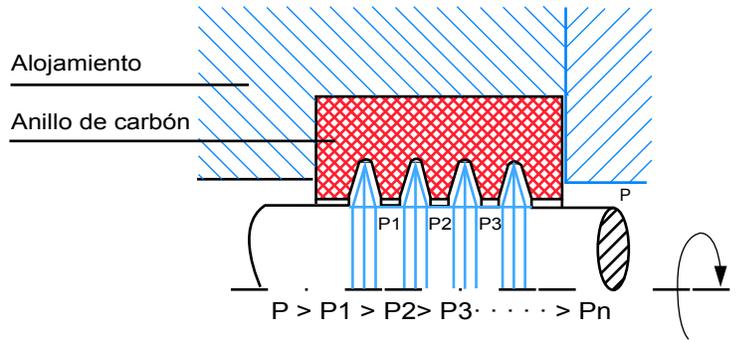
Se utilizan resortes que proporcionen una previsión no superior a  $0,15 \text{ kg/cm}^2$  a fin de no provocar un desgaste prematuro del cierre.



### Cierres de laberinto

Estos cierres se utilizan para la hermetización de líquidos, vapores o gases en los ejes de turbinas o compresores rotativos.

Usando el carbón se evitan los riesgos de los cierres metálicos, los cuales, por calentamientos, arrancadas tras detención prolongada o desalineación del eje, pueden dañarlo. En este caso, no son precisas tolerancias tan restringidas como en los anteriores, que deben prever los coeficientes de dilatación térmica mutuos. Por el buen contacto obtenido entre eje y cierre es factible usar juntas más estrechas con el carbón artificial.



Cierre de laberinto



### Segmentos de pistón y anillos de guía.

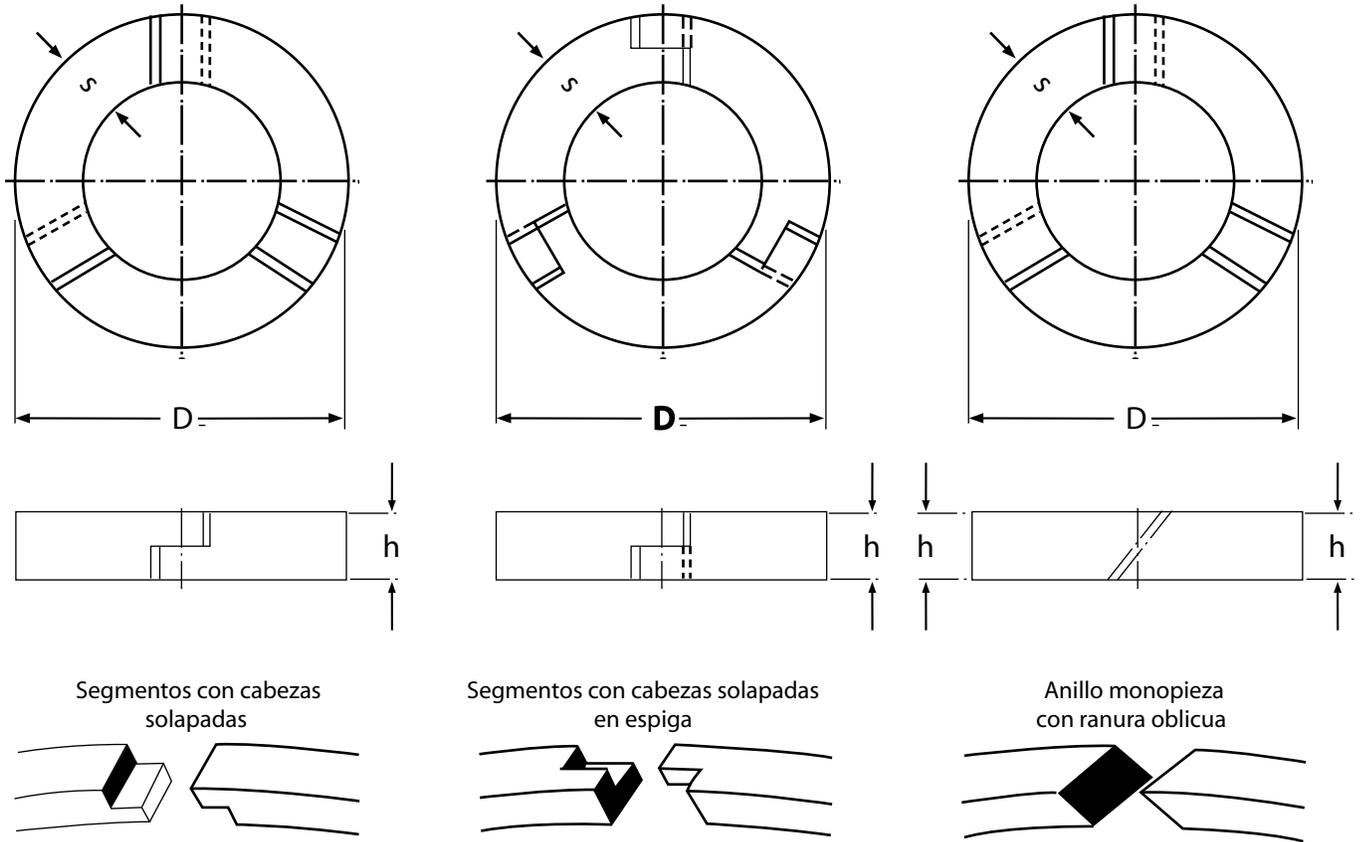
En los compresores alternativos usados para aire, gases o vapores, y en los cuales estos elementos no deben estar contaminados con los lubricantes convencionales, puede ser empleado el carbón artificial para fabricar los segmentos de pistón y los anillos de guía. Esta utilización es posible gracias a sus características autolubricantes y a su excelente estabilidad química y térmica. Si la superficie interior del cilindro se halla en condiciones óptimas de trabajo  $R_a \leq 0,5 \mu m.$ , con una elección correcta de la calidad del carbón y una humedad adecuada en el gas a comprimir, puede obtenerse una duración de hasta 12.000 horas.

La humedad del gas a comprimir juega un importante papel en la duración de los segmentos. Efectivamente, si este gas contiene una humedad escasa, la duración puede ser de 2.000 horas e, incluso, si la humedad absoluta alcanza valores de  $0,8 \text{ grs}/m^3$ , el desgaste es rapidísimo. También las velocidades de deslizamiento (hasta 4 metros/seg), la construcción del pistón, el tipo de gas y la presión de los segmentos contra las paredes del cilindro influyen en el comportamiento al desgaste de la pieza del carbón. Son normales los valores de la presión antes mencionada entre  $0,08$  y  $0,17 \text{ kgs}/cm^2$ .

Puesto que las características mecánicas del carbón son inferiores a las de los metales serán precisas mayores secciones en aquél que en éstos. Nosotros podemos servir anillos en una sola pieza de hasta 320 mm. de diámetro. En caso de que la tensión propia de estos anillos de carbón no fuera suficiente para garantizar la hermeticidad deseada, deben utilizarse otros elementos que aumenten esta tensión introduciéndolos en la ranura del pistón, como el caso de anillos compuestos por varios segmentos. Normalmente, un anillo extensor fabricado en acero inoxidable o en bronce de muelles, será suficiente para asegurar esta tensión.

A fin de obtener un movimiento alternativo rectilíneo del pistón, suele proveerse al mismo de los llamados anillos de guía. Estos deberán estar fijados, por razones de seguridad, al pistón, de uno u otro modo. Deberá tenerse en cuenta que el diámetro interior del anillo de guía se calculará a la temperatura de servicio y teniendo en cuenta los coeficientes de dilatación térmica de los materiales utilizados.

## Tipos y dimensiones



Ø Cilindro		Segmento de pistón		Longitud en la ranura	Anillo de guía		Longitud de la ranura
		$h$	$s$		$h$	$s$	
bis	30	6	5	6	10	6	10
31	60	8	7	8	12	8	12
61	100	10	8	10	15	10	15
101	150	12	10	12	18	14	18
151	200	14	12	14	20	16	20
201	260	16	18	16	24	18	24
261	330	18	20	18	28	22	28
331	400	20	22	20	32	24	32
401	500	22	24	22	38	26	38

## Tolerancias

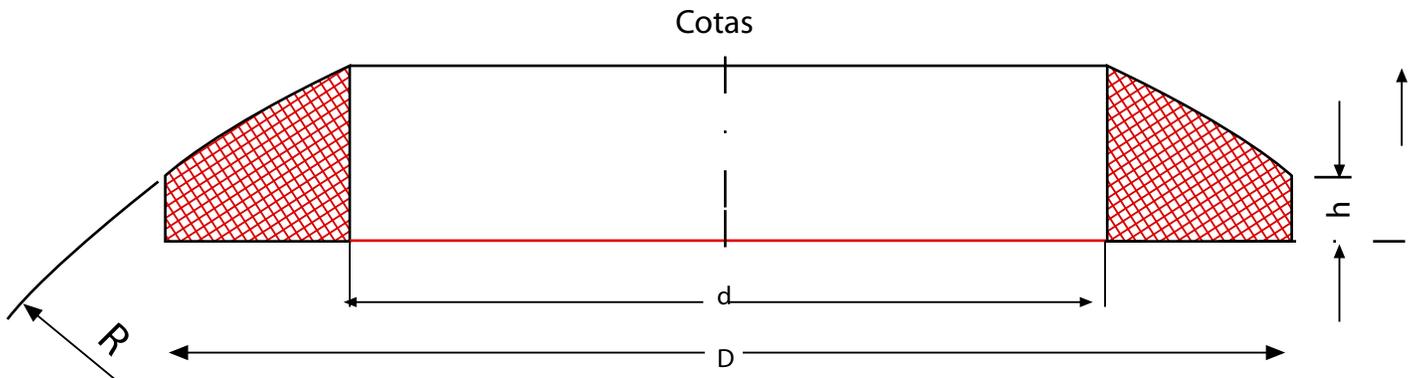
	Ø exterior	Ø interior	Altura	Longitud de la ranura
Segmentos de pistón	f8	H10	f7 - f8	H8
Anillo de guía	f7-f8		h7 - h8	H8
Cilindro	-	H7	-	-

## Cabezales de cierre para vapor

Este tipo de juntas permite la alimentación de vapor a los rodillos y tambores de las máquinas que trabajan en industrias de papel, textiles o plásticos. Por la forma de su superficie de fricción, cóncava o convexa, se compensan las holguras que pueden producirse con los movimientos y vibraciones que acompañan a los rodillos en su movimiento natural rotativo. Estas juntas, correctamente construidas y en condiciones óptimas de funcionamiento del resto de los elementos del cierre, pueden durar mucho tiempo. Puesto que es la presión del vapor la que produce la fuerza de cierre necesario, la presión de montaje es baja ( $0,1 \text{ kg/cm}^2$  se considera suficiente).

Utilizando estas juntas en carbón artificial, se evita la contaminación del vapor que se padecería con los lubricantes tradicionales.

Si la superficie de fricción está bañada por el vapor, recomendamos las calidades T110 y T130. Si, por el contrario, el vapor no llega a esta superficie, será mejor emplear la calidad electrográfica T110-F y T130-F.



## Paletas de carbón

En los compresores rotativos que se utilizan como bombas de vacío, o compresores de líquidos y gases se emplean a menudo paletas fabricadas en carbón artificial.

Las ventajas de emplear el carbón con respecto al uso de metales son las siguientes:

- Autolubricación
- Marcha más silenciosa.
- Baja densidad.
- Buena estabilidad química a los agentes químicos agresivos.

Por su baja densidad, la fuerza centrífuga que adosa la paleta a la carcasa tendrá un valor bajo, siéndolo por tanto los esfuerzos de fricción obteniéndose buenos resultados en el desgaste de las paletas.

Sin embargo, esta fuerza centrífuga es suficiente para obtener una estanqueidad correcta entre las diferentes células compresoras y la carcasa.

Por ello no se estima en principio ventajoso el empleo de calidades de carbón impregnadas con metales por su más alta densidad.

La paleta de carbón puede trabajar correctamente a velocidades de hasta  $12 \text{ m/seg.}$  Y presión de 3-5 atmósferas.

Se puede obtener una estanqueidad casi perfecta utilizando discos de carbón en los extremos axiales del rotor. El borde de la paleta que fricciona en la carcasa está conformado a fin de mejorar el deslizamiento inicial entre estas superficies.

Es preciso, para obtener un buen funcionamiento del conjunto, que la superficie de la carcasa esté en buenas condiciones. Se estiman valores cerrados en rugosidad, las siguientes:

Paletas:  $R_a \leq 2 \mu / \text{m.}$

Carcasa:  $R_a \leq 5 \mu / \text{m.}$

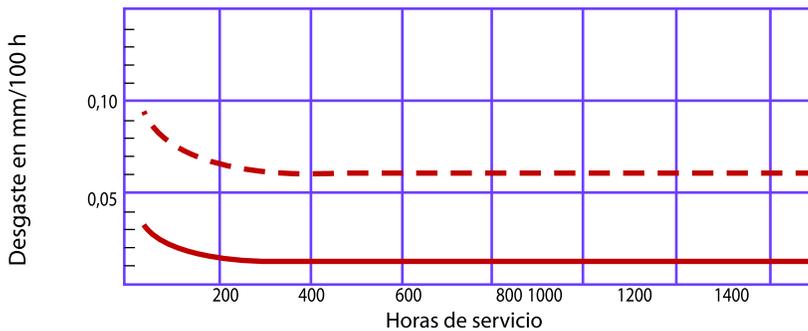
### Elección de la calidad del carbón

Si la velocidad no sobrepasa los 6 m/seg, bajo temperaturas de 30°C y sobre todo, si la carcasa está construida con fundición gris o en acero recomendamos preferentemente nuestra calidad en carbón duro T11.

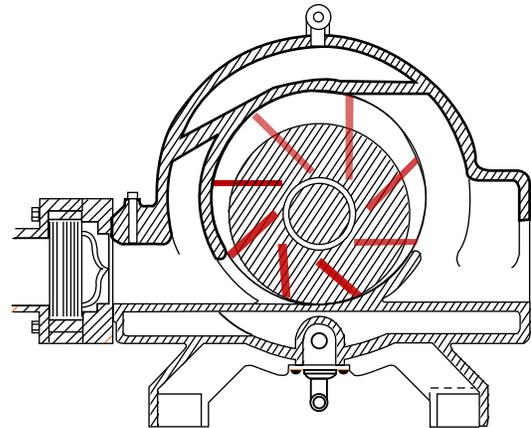
Si por el contrario, la velocidad es superior a 6 m/seg y bajo temperaturas mayores de 60°C la calidad a emplear será electrográfitica T110-F.

Los ensayos efectuados en un compresor comercial de serie, son expresados en el diagrama adjunto para las calidades T-110 y T120-F, dando los desgastes en función del tiempo de servicio.

Estas curvas muestran el comportamiento de estas calidades, con un desgaste proporcional tiempo, durante el periodo de rodaje, para estabilizarse a partir de las 200 horas de funcionamiento.

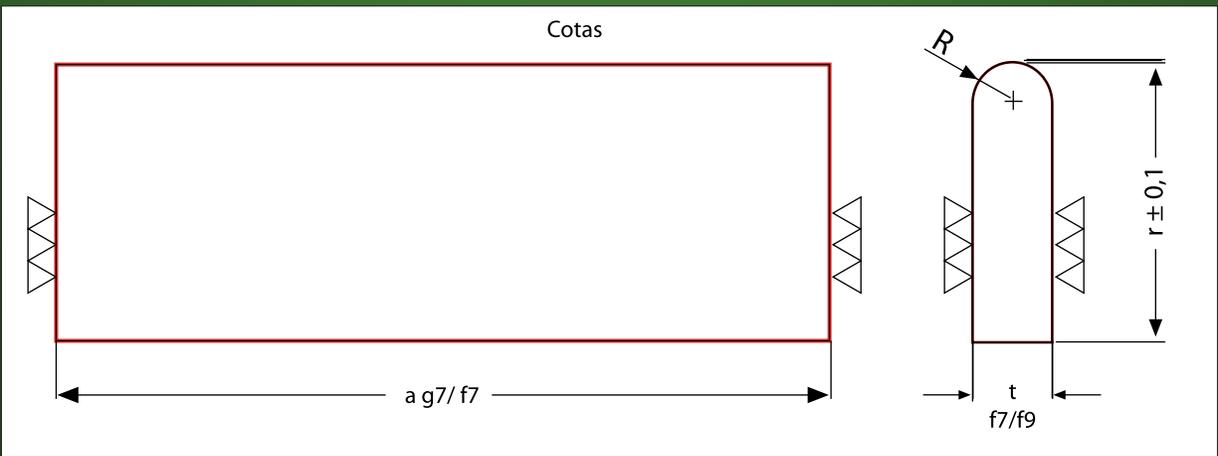


Calidad: — T110 a 6 m/seg.  
 - - - T120F a 9 m/seg.  
 Material de la carcasa: Fundición gris GG 22  
 Rugosidad: Rt 1 μ m.



Cuando las paletas funcionan en bombas que vehicular líquidos (como en las máquinas automáticas expendedoras de refrescos), es recomendable nuestra calidad impregnada con resina artificial T120-F.

Esta impregnación e incluso en algunos casos la impregnación metálica, hace a las paletas más aptas para soportar los esfuerzos mecánicos, relativamente importantes, que se producen en sillas cuando se trata de vehicular líquidos viscosos.



# Programa de fabricación

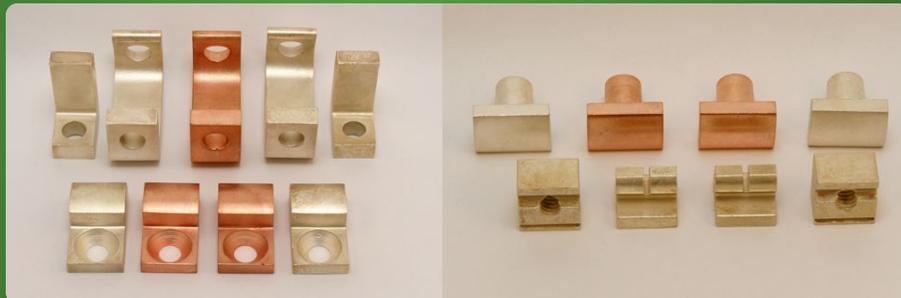
Escobillas de carbón



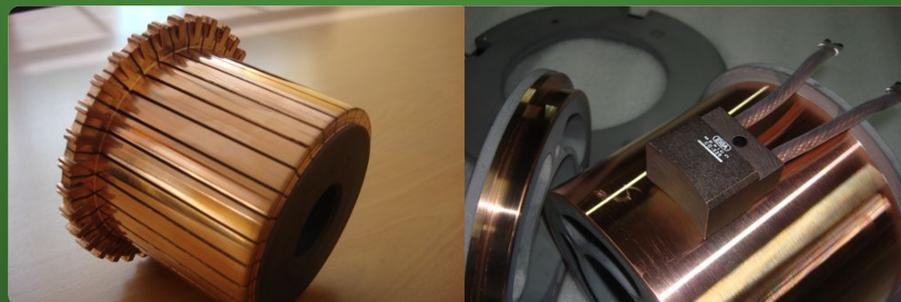
Porta escobillas



Contactores



Colectores de anillos y Colectores



Trenzas



# Cuestionario técnico para cojinetes de carbón

Fecha: \_\_\_\_\_

Empresa: \_\_\_\_\_ División: \_\_\_\_\_

Persona responsable: \_\_\_\_\_ Televisión: \_\_\_\_\_

1.- Uso: \_\_\_\_\_

Solución y resultados actuales

¿Es nuevo proyecto?

2. Datos generáles de servicio

2.1 Funcionamiento continuo o intermitente: \_\_\_\_\_

2.2. Carga mecánica:

2.2.1. Fuerza total sobre el cojinete: \_\_\_\_\_ kg.

radial: \_\_\_\_\_ axial: \_\_\_\_\_

constante: \_\_\_\_\_ intermitente: \_\_\_\_\_

2.3 Velocidad periférica: \_\_\_\_\_ m/seg.

2.4 Datos de la contrapieza: \_\_\_\_\_

2.5.1. Mecanizado de la superficie: \_\_\_\_\_

2.5.2. Rugosidad de la superficie: \_\_\_\_\_  $\mu\text{m}$

2.6. Material de alojamiento del cojinete: \_\_\_\_\_

2.7. Temperatura de servicio: \_\_\_\_\_  $^{\circ}\text{C}$

2.8. Condiciones de marcha.

Marcha en seco:

Marcha en húmedo:

Medio en que trabaja: \_\_\_\_\_

3. Dimensiones:

3.1. Diámetro y tolerancia del alojamiento (Recomendada H7) \_\_\_\_\_

3.2. Diámetro y tolerancia del eje: \_\_\_\_\_

3.3. Longitud máxima para el cojinete: \_\_\_\_\_

4. Otras necesidades: \_\_\_\_\_

5. Para otros datos o croquis, adjuntar separadamente:



Calle Plata No. 6, Unidad Industrial Morelos, Xalostoc, 55320 - Edo. de México.  
Tels. 5569 - 3633 , 5569 - 3275, 5755 - 2046 y Fax: 5755 2766

*Líderes en productos de alta calidad*

[www.escobillaindustrial.com.mx](http://www.escobillaindustrial.com.mx)