

# Capacidad de carga estática en rodamientos. Normalización y tendencias.

**A. García Toll, G. González Rey, M. E. García Domínguez.**

Departamento de Mecánica Aplicada. Facultad de Ingeniería Mecánica

Instituto Superior Politécnico *José Antonio Echeverría*.

Calle 114 esq. 127, Marianao 15, Ciudad de la Habana, Cuba

Teléfono: (537) 266 3607 Fax: (537) 260 2267

E – mail: agarciat@mecanica.cujae.edu.cu, cidim@mecanica.cujae.edu.cu, megarcia@mecanica.cujae.edu.cu

(Recibido el 10 de octubre de 2005; aceptado el 22 de diciembre de 2005)

## Resumen

Para ilustrar la funcionalidad de la norma NC-ISO 76: 2006, establecida a partir de una adopción idéntica de la Norma ISO 76: 1987/ amd.1: 1999 (E) "Cojinetes de Rodamiento – Capacidad de Carga Estática", son mostradas las correspondencias entre las magnitudes de capacidad de carga estática declaradas en los catálogos técnicos de reconocidos fabricantes de rodamientos con los valores presentes en NC-ISO 76 y considerando diferentes geometrías de rodamientos radiales de bolas rígidos y de contacto angular, rodamientos axiales de bolas y rodamientos de rodillos cilíndricos. Adicionalmente, el estudio ha permitido establecer las dependencias entre la capacidad de carga nominal estática del rodamiento y algunos parámetros geométricos, como el diámetro del elemento rodante, el diámetro interior y la relación diámetro interior - diámetro exterior del cojinete

**Palabras claves: Rodamientos, capacidad de carga estática, Norma Cubana NC, Norma ISO.**

## 1. Introducción.

En la actualidad, la normalización ha devenido en una importante herramienta para potenciar el intercambio comercial y el desarrollo tecnológico. Esta situación ha hecho que las instituciones dedicadas a la normalización estén desarrollando todo un proceso de integración de las normas internacionales (Normas ISO) como normas nacionales, con el objetivo de lograr un elevado nivel de competitividad en las empresas, servicios y productos.

En el presente, el trabajo en la normalización cubana tiene un marcado interés en lograr la adopción de las Normas ISO como Normas NC (Normas Cubanas) por el aporte que se deriva del consenso internacional y el rigor del trabajo de evaluación y edición que toma en consideración el conocimiento y la experiencia, permitiendo que la norma ISO pueda ser un documento base de norma nacional sin necesidad de cambios significativos.

En el campo de la ingeniería mecánica, algunos elementos de máquinas destacan por su amplio uso y normalización. Tal es el caso de los cojinetes de rodamientos donde se requiere una conciliación entre dimensiones y capacidad de trabajo que facilite la intercambiabilidad de este elemento entre diferentes

productores y posibilite un racional empleo de este multifuncional componente mecánico.

La selección de un cojinete de rodamiento para una aplicación se fundamenta en la elección del tipo de rodamiento y el tamaño. Para elegir el tipo de rodamiento se toma en consideración la magnitud y dirección de las cargas, la autoalineación necesaria y las formas de montaje y desmontaje, entre otros aspectos, en cambio para establecer el tamaño del rodamiento se toman en cuenta los criterios de cálculo que permiten prever el deterioro o alargar el plazo de servicio sin que se manifieste el desperfecto, motivo por el cual se emplean como criterios fundamentales para la selección del tamaño los criterios de capacidad de carga estática y capacidad de carga dinámica.

En particular, se conoce que en piezas que trabajan a bajas velocidades o en oscilación pueden producirse deformaciones permanentes en los elementos rodantes y caminos de rodadura de los cojinetes de rodamiento. Estas deformaciones pueden ocurrir bajo cargas estáticas de magnitud moderada y pueden aumentar gradualmente con el crecimiento de la carga.

A menudo, es poco práctico establecer deformaciones permisibles probando el cojinete en aplicaciones específicas, por lo que son establecidos patrones de referencia. La experiencia muestra que una

deformación permanente total de 0.0001 del diámetro del elemento rodante, en el centro del contacto elemento/camino de rodadura más fuertemente cargado, puede ser tolerada en muchas aplicaciones de los cojinetes sin afectar su funcionalidad del cojinete. Por consiguiente, una definición racional de capacidad nominal de carga estática establecerá una magnitud de carga que produzca aproximadamente esta deformación. Como resultado, se requiere de una norma que especifique los procedimientos y relaciones para calcular la capacidad nominal de carga estática y la capacidad de carga estática equivalente para los cojinetes de rodamiento dentro de los rangos del tamaño de mayor aceptación en las máquinas modernas, fabricados con acero endurecido de buena calidad, de acuerdo con la buena práctica industrial y con un diseño convencional de la forma de rodamiento de las superficies en contacto. En este marco, el Comité de Normalización Nacional de Elementos de Máquinas (CTN-108) ha presentado una norma cubana como adopción idéntica de la Norma ISO 76: 1987/ Amd.1: 1999 (E) "Cojinetes de rodamiento – Capacidad de carga estática" [1].

Con el objetivo de valorar las correspondencias entre las magnitudes de capacidad de carga dinámica declaradas en los catálogos técnicos de reconocidos fabricantes de rodamientos, con aquellos valores de capacidad de carga estática determinados según las relaciones presentes en la norma NC-ISO 76:2006 [2], son comparados varios resultados que incluyen diferentes tipos y geometrías de rodamientos. Además, el estudio ha permitido establecer las dependencias entre la capacidad de carga nominal estática del rodamiento y algunos parámetros geométricos del cojinete

## 2. Principales relaciones para el cálculo de la capacidad de carga estática según Norma NC-ISO-76.

Como fue mencionado, la Norma NC-ISO/76:2006 [2] especifica métodos para calcular la capacidad nominal de carga estática y la capacidad de carga estática equivalente para los cojinetes de rodamiento.

En particular, se refiere la capacidad nominal de carga radial estática  $C_{or}$  a la consideración de una presión aplicada en el centro del contacto elemento/camino de rodadura mayormente cargado. Los valores de esfuerzos de contacto límite se establecen en una magnitud de 4600 MPa para cojinetes de bolas autoalineantes, 4200 MPa para todos los otros tipos de cojinetes de bolas radiales y 4000 MPa para cojinetes de rodillo. En cojinetes de contacto angular de una sola hilera, la capacidad de carga radial se refiere a la componente radial de esa carga que causa un desplazamiento

puramente radial de los aros del cojinete en relación uno con el otro.

En el caso de la capacidad nominal de carga estática axial  $C_{oa}$ , se hace referencia a una presión aplicada en el centro del contacto elemento/camino de rodadura más fuertemente cargado de 4200 MPa para cojinetes axiales de bolas y 4000 MPa para cojinetes axiales de rodillo.

Los valores de esfuerzos declarados como límites para el establecimiento de las capacidades nominales de carga radial y carga axial estática corresponden con esfuerzos que provocan una deformación permanente total del elemento rodante en su camino de rodadura de aproximadamente 0.0001 del diámetro del elemento rodante.

Según la Norma NC-ISO/76:2006, la capacidad nominal de carga estática radial para los cojinetes radiales de bolas puede ser calculada con empleo de la fórmula (1).

$$C_{or} = f_o \cdot i \cdot Z \cdot D_w^2 \cdot \cos \alpha \quad (1)$$

Siendo:

$C_{or}$ : Capacidad nominal de carga estática radial (N)

$i$ : Número de hileras de elementos rodantes en un cojinete.

$Z$ : Número de elementos rodantes en una sola hilera del cojinete o el número de elementos rodantes por hilera de un cojinetes de múltiples hileras.

$D_w$ : Diámetro de bola (mm)

$\alpha$ : Ángulo de contacto nominal del cojinete (°).

$f_o$ : Factor que depende de la geometría de los componentes del cojinete y del esfuerzo de contacto (ver tabla 1). La influencia de la geometría del cojinete requiere del cálculo del diámetro primitivo según la ecuación (2) y la relación (3).

$$D_{pw} = \frac{(D+d)}{2} \quad (2)$$

$$\frac{D_w \cdot \cos \alpha}{D_{pw}} \quad (3)$$

Donde:

$D$ : Diámetro exterior del rodamiento.

$d$ : Diámetro interior del rodamiento.

$D_{pw}$ : Diámetro primitivo

Según se refiere en la Norma NC-ISO/76:2006, el cálculo de la capacidad nominal de carga estática axial  $C_{oa}$  en cojinetes axiales de bolas de simple o doble efecto puede ser efectuado con empleo de la fórmula (4).

$$C_{oa} = f_o \cdot Z \cdot D_w^2 \cdot \text{sen} \alpha \quad (4)$$

En la fórmula anterior,  $Z$  es el número de bolas que soportan carga en una dirección y los valores de  $f_o$  pueden ser obtenidos de la tabla 1.

Tabla 1 - Valores del factor  $f_o$  para cojinetes de bolas (fragmento).

$\frac{D_w \cos \alpha}{D_{pw}}$	Factor $f_o$		
	Cojinetes radiales de bolas		Cojinetes axiales de bolas
	contacto radial y angular	autoalineante	
0	14.7	1.9	61.6
0.01	14.9	2	60.8
0.02	15.1	2	59.9
0.03	15.3	2.1	59.1
0.04	15.5	2.1	58.3
0.05	15.7	2.1	57.5
0.06	15.9	2.2	56.7
0.07	16.1	2.2	55.9
0.08	16.3	2.3	55.1
0.09	16.5	2.3	54.3
0.1	16.4	2.4	53.5
0.11	16.1	2.4	52.7
0.12	15.9	2.4	51.9
0.13	15.6	2.5	51.2
0.14	15.4	2.5	50.4
0.15	15.2	2.6	49.6
0.16	14.9	2.6	48.8
0.17	14.7	2.7	48
0.18	14.4	2.7	47.3
0.19	14.2	2.8	46.5
0.2	14	2.8	45.7

Para cojinetes de rodillos, también la Norma ISO 76 ofrece relaciones para evaluar la capacidad nominal de carga estática según sea el sentido de la carga que soporta el rodamiento. Las fórmulas (5) y (6) contemplan las relaciones entre los parámetros geométricos del rodamiento y la capacidad de carga estática en el caso de rodamientos con elementos rodantes de contacto lineal.

Para rodamientos radiales de rodillos:

$$C_{or} = 44 \left( 1 - \frac{D_{we} \cdot \cos \alpha}{D_{pw}} \right) \cdot i \cdot Z \cdot L_{we} \cdot D_{we} \cdot \cos \alpha \quad (5)$$

Para rodamientos axiales de rodillos:

$$C_{oa} = 220 \left( 1 - \frac{D_{we} \cdot \cos \alpha}{D_{pw}} \right) Z \cdot L_{we} \cdot D_{we} \cdot \sin \alpha \quad (6)$$

Siendo:

$C_{or}$  : Capacidad nominal de carga estática radial (N)

$C_{oa}$  : Capacidad nominal de carga estática axial (N)

$i$  : Número de hileras de elementos rodantes.

$Z$  : Número de elementos rodantes en una sola hilera.

$D_{we}$  : Diámetro medio del rodillo. (mm)

$L_{we}$  : Longitud del rodillo. (mm)

$\alpha$  : Ángulo de contacto nominal del cojinete (°).

### 3. Comparación de capacidad de carga nominal estática de rodamientos según fabricantes y resultados derivados de la Norma NC-ISO-76.

Para ilustrar la funcionalidad de la norma NC-ISO 76 fueron compilados valores de capacidad de carga estática para varios tipos de rodamientos a partir de la información brindada por algunos de los principales fabricantes de rodamientos en catálogos técnicos [3], [4], [5], [6], [7] y comparada con la capacidad de carga estática que se obtiene de las declaraciones de la norma NC-ISO-76. Un estudio [8] realizado permitió conocer la dispersión del comportamiento de los valores de capacidad nominal de carga estática según el cálculo propuesto en la mencionada norma con relación a los que declaran fabricantes de rodamientos. Para realizar la comparación se seleccionaron cojinetes de los fabricantes de rodamientos: *SKF*, *FAG*, *NSK*, *RHP* y *KOYO*.

Para el estudio, fueron utilizados rodamientos con diámetros medios representativos, de forma tal que el análisis no resultara saturado innecesariamente, para cada uno de los diferentes tipos de rodamiento. Aunque la norma está definida para todos los cojinetes de rodamiento, fue preferido un estudio de los rodamientos más comunes y sencillos desde el punto de vista geométrico. Los tipos de rodamientos considerados fueron cojinetes de rodamiento radiales de bolas, cojinetes de rodamiento radiales de rodillos cilíndricos, cojinetes de rodamiento axiales de bolas, y cojinetes de rodamiento de bolas con contacto angular. En la tabla 2, son presentados los tipos de rodamientos y tamaños que se tomaron en consideración para el estudio.

Tabla 2. Cojinetes de rodamientos estudiados.

Tipo de rodamiento	Serie	Diámetros (mm)
Radiales rígidos de bolas	62	(10-35) (80-105)
Radiales de bolas con contacto angular	72B	35 - 65
Axiales de bolas	512	35 - 65
Radiales de rodillos cilíndricos	NU22	30 - 60

Debido a que las dimensiones y características internas del rodamiento (diámetro del elemento rodante, radio de curvatura del camino de rodadura y cantidad de elementos rodantes), no están normalizadas y generalmente no es información disponible en los catálogos técnicos, pueden ser utilizadas algunas relaciones empíricas para valorar algunos datos de la geometría de los rodamientos.

Con este objetivo, en la tabla 3 se sugieren algunos criterios para el cálculo del diámetro del elemento rodante (bola o rodillo) y la cantidad de elementos rodantes. Aparte del margen de error de estos criterios, es justo reconocer que en algunos casos se ofrece una incertidumbre de forma directa, que hace necesario la evaluación en un rango que permita hablar de un límite inferior y superior de la capacidad de carga según ISO.

Tabla 3. Criterios para cálculo del diámetro del elemento rodante y cantidad en cojinetes de rodamiento.

Tipo de rodamiento	Diámetro del elemento rodante	Cantidad de elementos rodantes
Radial de bolas	$D_w = (0.275 \div 0.3175)(D-d)^*$	$Z = 2.9 \frac{(D+d)^*}{(D-d)}$
De bolas con contacto angular	$D_w = (0.275 \div 0.3175)(D-d)^*$	$Z = 4.205 \frac{(D+d)^*}{(D-d)}$
Axial de bolas	$D_w = 0.375(D-d)^*$	$Z = 3.05 \frac{(D+d)^{**}}{(D-d)}$
Radial de rodillos cilíndricos	$D_{we} = \frac{(E-F)^{**}}{2}$	$Z = 4.28 \frac{(D+d)^{**}}{(D-d)}$

E: diámetro interior del aro exterior del cojinete radial de rodillos cilíndricos (mm)  
 F: diámetro exterior del aro interior del cojinete radial de rodillos cilíndricos (mm)

Nota: \* Recomendada en [9], \*\* Recomendada en [8].

### 3.1 Cojinetes de rodamiento radiales rígidos de bolas.

Para los rodamientos rígidos de bolas, los valores de comparación y determinados según norma ISO se muestran en las tablas 4 y 5. Se consideraron rodamientos de la serie 62 y diámetros interiores en los rangos 10 – 35mm y 80 – 105mm. Las dependencias de la capacidad nominal de carga estática en función del diámetro interior del rodamiento son mostradas en los gráficos de las figuras 1 y 2.

En la figura 1, correspondiente con diámetros interiores del rodamiento entre 10 y 35 mm, se observa que el valor de capacidad de carga estática de los rodamientos según ISO y la declaración de resistencia de los fabricantes tiene un comportamiento muy semejante a los derivados de aquellos valores geométricos asociados a la mayor capacidad de carga estática.

En la figura 2, se aprecia una notable uniformidad de la capacidad de carga estática que reportan los fabricantes de rodamientos y la tendencia de la capacidad de carga estática según ISO en los valores mayores de diámetros de bola. Es marcado el hecho que las series de los fabricantes (excepto los rodamientos RHP) y la serie ISO presentan un comportamiento en forma lineal para diámetros interiores entre 80 y 105

mm. El anterior resultado puede ser explicado por el crecimiento constante del diámetro de la bola en relación con el aumento del diámetro interior del rodamiento. La capacidad de carga calculada con mayor diámetro de bola sigue siendo la que corresponde con los valores declarados por los fabricantes.

Tabla 4. Geometría y capacidades de carga estática en rodamientos rígidos de bolas (d: 10 – 35mm).

Características	Valores						
	Serie 62	00	02	04	05	06	07
D <sub>w</sub> menor (mm)	5.5	5.5	7.4	7.4	8.8	10.2	
D <sub>w</sub> mayor (mm)	6.3	6.3	8.6	8.6	10.2	11.7	
D <sub>pw</sub> (mm)	20	25	33.5	38.5	46	53.5	
i	1	1	1	1	1	1	
Z	5	7	7	8	8	8	
f <sub>0</sub> min	12.2	13.4	13.4	14.1	14.2	14.2	
f <sub>0</sub> max	11.2	12.7	12.6	13.4	13.5	13.5	
d (mm)	10	15	20	25	30	35	
D (mm)	30	35	47	52	62	72	
ISO C <sub>or</sub> menor (N)	1845	2848	5190	6237	8781	11757	
ISO C <sub>or</sub> mayor (N)	2268	3579	6493	7889	11126	14913	

Rodamientos radiales de bolas. Serie 62. d = 10 - 35 mm.

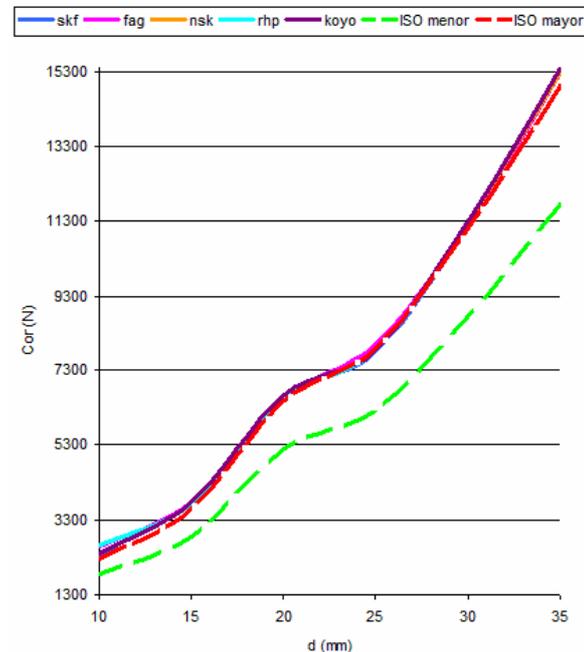


Fig. 1 - Capacidad de carga estática vs diámetro interior del rodamiento.

Tabla 5. Geometría y capacidades de carga estática en rodamientos rígidos de bolas (d: 80 – 105mm).

Características	Valores					
Serie 62	16	17	18	19	20	21
D <sub>w</sub> menor (mm)	16.5	17.9	19.2	20.6	22	23.4
D <sub>w</sub> mayor (mm)	19.1	20.6	22.2	23.8	25.4	27,0
D <sub>pw</sub> (mm)	110	117.5	125	132.5	140	147.5
i	1	1	1	1	1	1
Z	10	10	10	10	10	10
f <sub>o</sub> min	15.1	15.1	15.1	15.0	15.0	14.9
f <sub>o</sub> max	14.6	14.5	14.5	14.4	14.4	14.3
d (mm)	80	85	90	95	100	105
D (mm)	140	150	160	170	180	190
ISO C <sub>or</sub> menor (N)	41245	48362	55880	63937	72530	81662
ISO C <sub>or</sub> mayor (N)	53000	61887	71454	81701	92718	104446

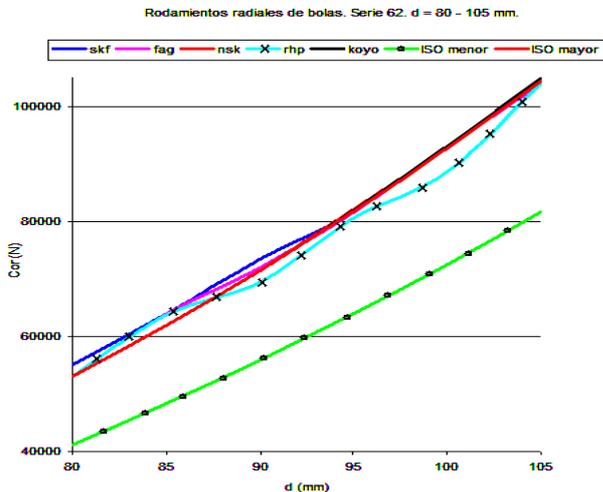


Fig. 2 - Capacidad de carga estática vs diámetro interior del rodamiento.

Ante una relación proporcional directa entre el diámetro del elemento rodante y la capacidad de carga estática se observa que una variación en el número de bolas tiene menos repercusión en el resultado de la pendiente. Para diámetros pequeños, la serie ISO con mayor capacidad de carga (determinada a partir de la recomendación que ofrece mayor diámetro de bola), es la más cercana a los valores reales ofertados por los fabricantes. Destaca la coincidencia de los fabricantes en cuanto a la capacidad de carga se refiere. Para rodamientos con diámetros superiores se evidencia una mayor dispersión en la capacidad de carga estática entre las compañías fabricantes de rodamientos. En general, las declaraciones de los fabricantes de resistencia de los rodamientos a la carga estática se quedan entre los valores obtenidos mediante la norma, con marcada tendencia a la capacidad ISO mayor.

### 3.2 Cojinetes de rodamiento de bolas con contacto angular.

Los cojinetes de rodamiento de contacto angular son diseñados y contruidos para soportar cargas combinadas en dirección radial y axial. Es conocido, que estos rodamientos pueden contener físicamente un 45% más de bolas que los cojinetes radiales con las iguales dimensiones, lo que permite suponer un aumento de la capacidad de carga estática en los cojinetes de rodamiento de bolas con contacto angular en relación con los cojinetes de rodamiento radiales rígido de bolas. En la tabla 6 son mostrados los valores iniciales empleados en el análisis comparativo de la capacidad de carga estática en rodamientos de bolas con contacto angular.

Tabla 6. Geometría y capacidades de carga estática en rodamientos de bolas con contacto angular (d: 35 – 60mm, ángulo de contacto = 40°).

Características	Valores					
Serie 72 B	07	08	09	10	11	12
D <sub>w</sub> menor (mm)	10.2	11	11	11	12.4	13.7
D <sub>w</sub> mayor (mm)	11.7	12.7	12.7	12.7	14.3	15.9
D <sub>pw</sub> (mm)	53.5	60	65	70	77.5	85
i	1	1	1	1	1	1
Z	12	12	13	14	14	14
f <sub>o</sub> min	15.3	15.4	15.6	15.9	15.8	15.8
f <sub>o</sub> max	14.7	14.9	15.2	15.4	15.4	15.3
d (mm)	35	40	45	50	55	60
D (mm)	72	80	85	90	100	110
ISO C <sub>or</sub> menor (N)	14547	17119	18810	20618	25999	32000
ISO C <sub>or</sub> mayor (N)	18693	22028	24425	26673	33660	41456

Un análisis de la figura 3, permite apreciar que el comportamiento de la relación entre la capacidad de carga estática y el diámetro interior del rodamiento para el cojinete de rodamiento de bolas con contacto angular es muy similar al del rodamiento radial de bolas. A partir del diámetro interior de 50 mm, el diámetro de bola comienza a crecer en los diseños de rodamientos y esto provoca un aumento de la pendiente según se aprecia en la figura 3. Es destacable, que en el caso de rodamientos de bolas con contacto angular las capacidades de carga estática son algo superior a los valores mayores destacados en la norma ISO-76. La comparación muestra una mayor capacidad de carga estática declarada en los rodamientos de la firma SKF en diámetros inferiores a 55 mm y para diámetros superiores los rodamientos de firmas japonesas, como KOYO y NSK, aventajan a la competencia en capacidad de carga estática.

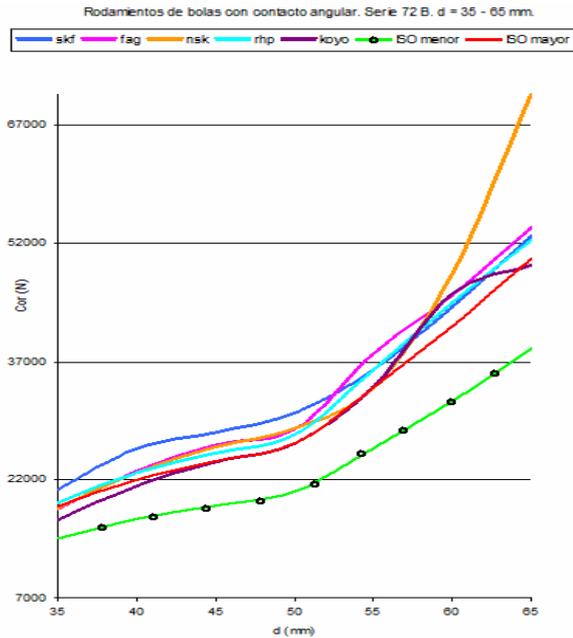


Fig. 3 - Capacidad de carga estática vs diámetro interior del rodamiento.

**3.3 Cojinetes de rodamiento axiales de bolas.**

Los cojinetes axiales de bolas están diseñados para soportar cargas en sentido axial exclusivamente (excepto cuando son fabricados con un ángulo de contacto diferente de 90°, lo cual le permite soportar cargas radiales). Su capacidad de carga estática es mucho mayor que la de otros rodamientos de bolas para carga radiales con dimensiones exteriores semejantes, pues el diseño del rodamiento permite que todos los elementos rodantes puedan soportar la misma carga. En la Tabla 7 se informan los valores empleados de parámetros geométricos y capacidad nominal de carga estática en el análisis comparativo de rodamientos axiales de bolas.

Tabla 7. Geometría y capacidades de carga estática en rodamientos axiales de bolas (d: 35 – 60mm, ángulo de contacto = 90°).

Características	Valores					
Serie 512	07	08	09	10	11	12
D <sub>w</sub> (mm)	10.1	10.5	10.5	10.5	13.1	13.1
D <sub>pw</sub> (mm)	48.5	54	59	64	72.5	77.5
Z	12	13	15	16	14	15
f <sub>o</sub>	45.1	46.1	47.4	48.5	47.2	48.1
d (mm)	35	40	45	50	55	60
D (mm)	62	68	73	78	90	95
ISO C <sub>0a</sub> (N)	55464	66136	78457	85509	113874	124164

Un análisis comparativo de los resultados destacados en la figura 4, muestra que en rodamientos de bolas axiales las capacidades nominales de carga estática

difieren en las magnitudes declaradas en catálogos técnicos los fabricantes de rodamientos.

Rodamientos axiales de bolas. Serie 512. d = 35 - 65 mm.

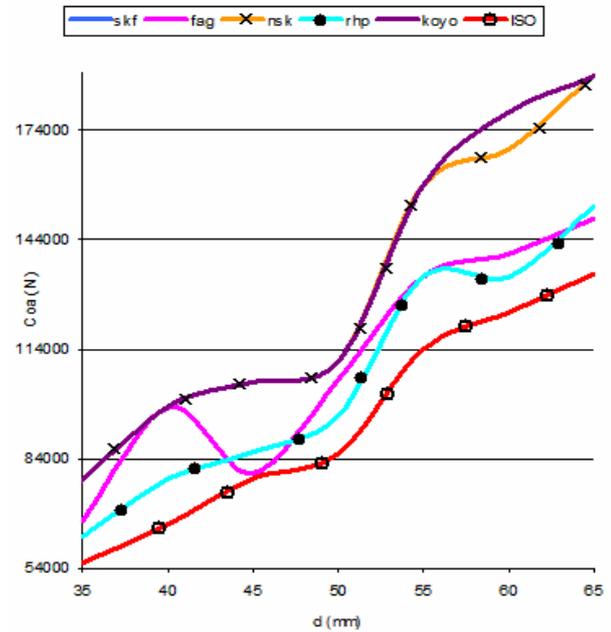


Fig. 4 - Capacidad de carga estática vs diámetro interior del rodamiento.

En los rodamientos objetos de estudio, las capacidades de carga estática axial fundamentalmente se agrupan en tres grupos. Los rodamientos japoneses de las firmas KOYO y NSK ofrecen una capacidad de carga estática mayor, coincidiendo sus curvas de comportamiento con una pendiente creciente que solo varían en el rango de diámetros interiores entre 55 y 65 mm. Los rodamientos de las firmas europeas SKF y FAG ofrecen una capacidad de carga estática algo menor que los rodamientos de firmas japonesas y una curva de comportamiento descrita por variaciones en la tendencia de la pendiente. Los rodamientos de la firma inglesa RHP tiene la menor capacidad de carga estática y el comportamiento de la capacidad en función del diámetro interior presenta la misma tendencia que los rodamientos NSK. Estos resultados confirman la predisposición de los fabricantes de usar diferentes propuestas tecnológicas en cojinetes menos usuales y por lo tanto la variación de las características técnicas entre sus productos. La capacidad nominal de carga estática axial según ISO sigue el mismo perfil de comportamiento de los rodamientos de los principales fabricantes, aunque denota resultados algo inferiores en consonancia con el comportamiento habitual y conservador que permite un margen de acomodo ante la posibilidad de que un rodamiento de otro fabricante disponga una capacidad menor y aún cumpla con los índices internacionales de aceptabilidad.

**3.4 Cojinetes de rodamiento radiales de rodillos.**

Los rodamientos radiales de rodillos cilíndricos, no son fabricados para soportar cargas axiales, particularmente cuando su ángulo de diseño es 0°. Hay criterios de especialistas, que aseguran que pueden soportar pequeñas cargas axiales según las características de diseño de algunos de estos cojinetes, aunque dicha capacidad no va a depender del contacto camino de rodadura – elemento rodante. Por esta razón, es usual que en los cojinetes de rodamiento radiales de rodillos la carga que se recomienda aplicar sea dirección radial pura, para un ángulo de diseño del rodamiento igual a cero. Los rodamientos radiales de rodillos presentan las mayores capacidades nominales de carga estática ante rodamientos de bolas con dimensiones exteriores semejantes, pues el rodillo permite un contacto lineal con el camino de rodadura que aumenta apreciablemente la resistencia a la deformación en comparación con los rodamientos de contacto puntual. En la Tabla 8 se declaran los valores de parámetros geométricos y capacidad nominal de carga estática empleados en el análisis comparativo de rodamientos radiales de rodillos. En el caso de cojinetes radiales de rodillos fue empleada la serie NU 22 para diámetros interiores entre 30 y 60 mm.

Tabla 8. Geometría y capacidades de carga estática en rodamientos radiales de rodillos (d: 35 – 60mm).

Características	Valores					
Serie NU22	07	08	09	10	11	12
$L_{we}$ (mm)	10	11	11	11	12	14
$D_{we}$ (mm)	10	11	11	11	12	14
$D_{pw}$ (mm)	53.5	60	65	70	77.5	85
$i$	1	1	1	1	1	1
$Z$	12	12	13	14	14	14
$E$ (mm)	55.5	64	71.5	76.5	81.5	90
$F$ (mm)	37.5	44	49.5	54.5	59.5	66
$d$ (mm)	35	40	45	50	55	60
$D$ (mm)	72	80	85	90	100	110
Cor - ISO (N)	42930	52175	57499	62823	74969	100850

Un análisis de la figura 5, permite conocer la tendencia de la capacidad de carga estática en cojinetes radiales de rodillos. Según se aprecia, los rodamientos de la firma inglesa RHP coincide con el comportamiento en capacidad de carga estática con los rodamientos de productores japoneses y permite definir dos grupos de tendencia en los rodamientos objetos de estudio. En uno de los grupos, destacan los rodamientos de las firmas europeas SKF y FAG con las mayores capacidades de carga estática. Nuevamente, el

comportamiento de los resultados de la capacidad de carga estática según ISO-76 es similar a la de los principales fabricantes de rodamientos pero con valores inferiores a los declarados en la información técnica relevante de los productores de aquellos rodamientos estudiados.

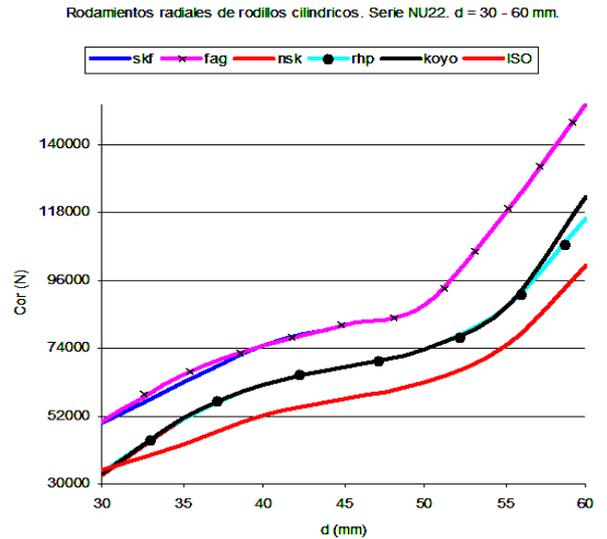


Fig. 5 - Capacidad de carga estática vs diámetro interior del rodamiento.

**4. Conclusiones.**

En sentido general, la actividad normativa en el tema de cojinetes de rodamiento cuenta con el apoyo de numerosos especialistas que estimulan y respaldan esta actividad, conscientes de su necesidad e impacto en la sociedad. En particular, se demuestra la conveniencia aceptar la norma NC-ISO 76: 2006 como norma idéntica a la Norma ISO 76: 1987/ Amd.1: 1999 (E).

Al realizar el estudio comparativo, se comprobó la factibilidad de usar la Norma ISO 76 para el cálculo aproximado de la capacidad de carga estática de cojinetes de rodamiento convencionales y constituye una herramienta práctica para la selección de los cojinetes de rodamiento; destinada a profesionales, técnicos y estudiantes dedicados al tema.

A través del estudio realizado se pudo ratificar la dependencia existente entre la capacidad de carga estática y la geometría del rodamiento, particularmente del diámetro del elemento rodante.

En general, se observa que el valor de capacidad nominal de carga estática de los rodamientos según la Norma NC-ISO-76 y la declaración de resistencia de los principales fabricantes de rodamientos tienen un comportamiento muy semejante a los derivados de la geometría de rodamientos asociada a la mayor capacidad de carga estática.

## 5. Referencias.

- 1 ISO 76: 1987/ Amd. 1: 1999 (E). *Rolling Bearing – Static Load Rating/ Annex A (informative) - Discontinuities in the calculation of basic static load rating.*
- 2 NC ISO 76: 2006. *Cojinetes de Rodamiento – Capacidad de Carga Estática.*
- 3 Catálogo SKF. *General Catalogue* [4000 E]. Germany: 1999.
- 4 Catálogo NSK. *Rodamientos* [V0292]. Tokyo: Motion & Control, 1992.
- 5 Catálogo RHP. *Manual de rodamientos RHP* [C825/S]. England: 1990.
- 6 Catálogo KOYO. *Ball & Roller Bearings* [201E]. Tokyo: 1995.
- 7 Catálogo FAG. *Programa standard FAG* [WL41510/2 SA]. Alemania: 1988.
- 8 Esquivel Duque, A.; *Propuesta de Norma Cubana: Cojinetes de Rodamiento – Capacidad de carga estática, a partir de la adopción de la norma ISO 76: 1987/Amd. 1: 1999 (E).* Trabajo de Diploma de Ingeniero Mecánico. CUJAE. Julio 2005.
- 9 Reshetov, D. *Elementos de Máquinas.* La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1985.

## Agradecimientos.

Los autores agradecen al Ing. Aded Esquivel Duque, graduado de la Facultad de Ingeniería Mecánica del Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría, por su valioso aporte a la normalización nacional en el tema de la evaluación de la capacidad de carga estática en cojinetes de rodamientos. Sus resultados fueron base de un exitoso de Trabajo de Diploma en Ingeniería y de la actual propuesta de norma NC-ISO-76.

---

## Basic static load rating of rolling bearing. Standardization and trends.

### Abstract:

At the present time, Standard NC-ISO 76: 2006 is a national standard established as identical adoption of ISO standard 76:1987 / amd.1: 1999 (E) "Rolling Bearings - Static Load Rating". In this sense, the static load rating of rolling bearings declared in technical catalogs of renowned bearing manufacturers and the basic static load rating according to calculation procedures stated in Standard NC-ISO 76 are compared. The evaluation has taken into account different geometries of radial groove ball bearings, angular contact ball bearings, thrust ball bearings and radial roller bearings. Additionally, they are established dependences between the static load rating of rolling bearings and the interior diameter of different types of radial and thrust bearings.

**Key words:** static load rating, rolling bearing, NC/ISO Standard.