

**Los muelles de disco** son arandelas de forma cónica diseñadas para proporcionar un rendimiento predecible y repetible. Pueden utilizarse para aplicar una carga estática, donde la carga es casi constante, o en situaciones dinámicas, donde el muelle de disco experimenta cargas y descargas repetidas. Es fundamental comprender cómo las características de la carga afectan al rendimiento para diseñar adecuadamente un sistema que utilice muelles de disco.

Los muelles son diferentes a otros componentes de ensamblaje; están diseñados para deflectar y almacenar energía mecánica. La deflexión de un muelle de disco es predecible, lo que permite estimar el ciclo de vida de un muelle de disco en un ensamblaje.

El rendimiento óptimo de un muelle de disco se consigue cuando la deflexión de trabajo se mantiene entre el 15% y el 75% de la deflexión total. Es en este rango donde los resultados medidos se ajustan con mayor precisión a las características teóricas de los muelles de disco (Figura 1).

La curva característica medida en el rango inferior (menos del 15% de la deflexión total) se aparta de la curva teórica debido a la tensión residual. En el rango medio de la curva, que corresponde al rango de trabajo normal del muelle de disco, las características medidas y teóricas son muy similares. A medida que la deflexión aumenta más allá del 75% de la deflexión total, el brazo de momento de fuerza se reduce y la desviación de las características teóricas aumenta rápidamente. Por ello, la predictibilidad de la fuerza/deflexión se limita al rango de trabajo normal del muelle de disco.

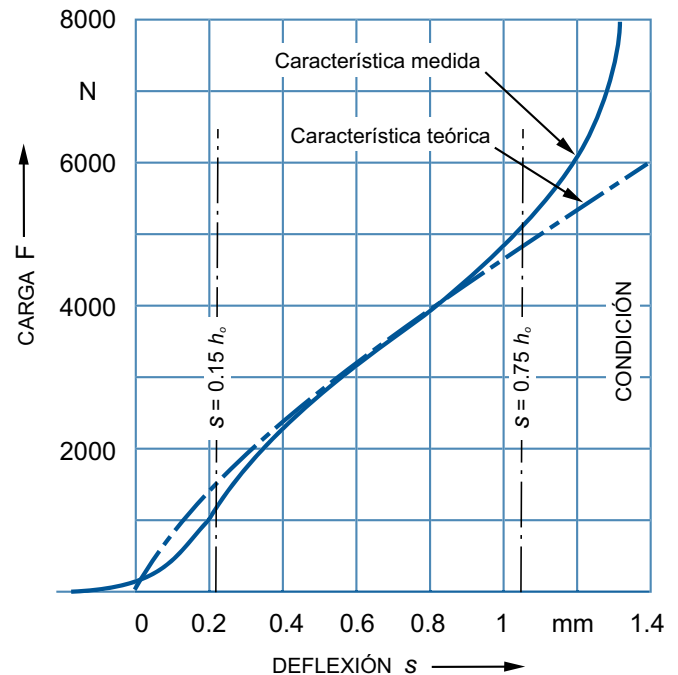


Figura 1: EN 16983, Grupo 2, Series B 50 x 25.4 x 2 (anteriormente DIN 2093)

### Vida del disco

#### Carga estática

La carga estática se define como el hecho de soportar una carga constante o una carga que cambia a intervalos de tiempo relativamente largos, que no superan los 10.000 ciclos durante la vida útil del diseño. En las aplicaciones estáticas, el esfuerzo más alto calculado en la mitad del vano de la superficie superior del muelle de disco es crítico. (Se muestra como punto 0 en la Figura 2.) En este punto, el mayor esfuerzo calculado no debe superar la resistencia a la tracción aproximada del material (1400-1600 N/mm<sup>2</sup>) cuando el muelle de disco está en posición plana. Los muelles de disco estándar podrían utilizarse en carga estática sin realizar el cálculo teórico si la deflexión se mantiene por debajo del 75% total.

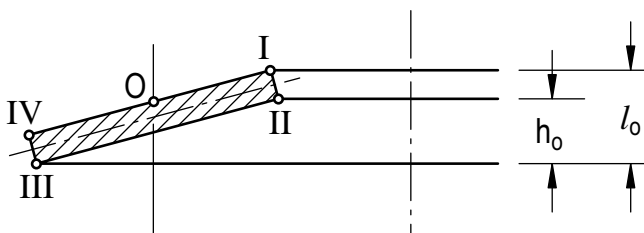


Figura 2

#### Carga dinámica

Los muelles de disco con carga dinámica pueden dividirse en dos categorías generales:

1. Vida de fatiga limitada donde los Muelles de Disco alcanzan de 10,000 a 2,000,000 de ciclos
2. Vida de fatiga alta, en la que los muelles de disco son capaces de soportar más de 2,000,000 de ciclos.

Para aumentar la vida de fatiga de los muelles de disco se pueden utilizar procesos como el granallado. El granallado induce una tensión de compresión favorable en la superficie del disco, reduciendo la propagación de grietas.

La tensión residual de fabricación se produce en el borde del diámetro interior superior del disco, que se muestra como punto 1 en Figura 2:



Durante el funcionamiento, esta tensión de estrés cambia a una tensión de compresión. La vida de fatiga se reduce drásticamente por esta inversión de esfuerzos. Mantener el muelle de disco bajo una precarga constante con una deflexión mínima del 15% elimina estas reversiones de esfuerzos y aumenta la vida útil del muelle de disco.

## Importancia de la precarga y la carga final

### Precarga

La carga inicial del muelle de disco cumple dos objetivos:

1. En los muelles de disco sin carga, la tensión residual de fabricación se produce en el punto I que se muestra en la Figura 2. La precarga del disco cambia el estrés de tensión en el punto I por una tensión de compresión. Mantener la parte superior del disco bajo tensión de compresión reduce el riesgo de propagación de grietas. La variación del estrés de tensión a la de compresión limita en gran medida la resistencia a la fatiga del muelle de disco. El Muelle de Disco debe ser precargado a un mínimo del 15% de la deflexión total para eliminar el estrés de tensión.

2. El muelle de disco se asienta cuando la fuerza inicial aplicada se distribuye uniformemente por la periferia del muelle. Los muelles de disco no son 100% simétricos, por lo que hay un ligero aumento de la fuerza a medida que se asientan durante la precarga. Aunque este aumento de la fuerza puede anticiparse, no se tiene en cuenta en los cálculos de fuerza/deflexión.

### Carga final

El aumento de la carga final incrementa la cantidad de tensión en el muelle de disco y resulta en una menor resistencia a la fatiga. Como en cualquier componente estructural, una menor deflexión se traduce en una menor tensión y una mayor vida útil. Si se carga el muelle de disco por encima del 75% de la deflexión total, el disco sobrepasa la sección lineal de la curva de rendimiento (Figura 1), y la tensión puede aumentar de forma no lineal, lo que provoca una rápida pérdida de resistencia a la fatiga. Cuanto menor sea la carga final que cumpla los requisitos de diseño, mayor será la vida de fatiga.

La vida de fatiga puede aumentarse disminuyendo la deflexión del Muelle de Disco. Si se requiere un recorrido adicional, los muelles de disco pueden apilarse para proporcionar una mayor deflexión sin aumentar la tensión en cada disco individual, lo que resulta en un aumento de la vida de fatiga.

### Resumen

El rango de deflexión del Muelle de Disco determina su previsibilidad y resistencia.

En caso de carga estática, no es necesario realizar cálculos de tensión teórica siempre que la deflexión no supere el 75% de la deflexión total del disco. Las deflexiones más altas dan lugar a una tensión elevada que provocará una pérdida de fuerza del muelle. Entender cómo el rango de deflexión afecta a la vida del muelle del disco es la clave para determinar la vida a la fatiga.

Los lineamientos proporcionados en este documento son de naturaleza general; por lo tanto, se recomienda consultar a los Ingenieros de Aplicación que se especializan en el diseño y especificación de Muelles de Disco para asegurar que se cumplan los requisitos de desempeño para cada ensamble específico.

## Centros Técnicos

### Las Américas

**SPIROL México**  
Avenida Avante #250  
Parque Industrial Avante Apodaca  
Apodaca, N.L. 66607 Mexico  
Tel. +52 81 8385 4390  
Fax. +52 81 8385 4391

**SPIROL EEUU Corporativo**  
30 Rock Avenue  
Danielson, Connecticut 06239 EEUU  
Tel. +1 860 774 8571  
Fax. +1 860 774 2048

**SPIROL EEUU división Iainas**  
321 Remington Road  
Stow, Ohio 44224 EEUU  
Tel. +1 330 920 3655  
Fax. +1 330 920 3659

**SPIROL Brasil**  
Rua Mafalda Barnabé Soliane, 134  
Comercial Vitória Martini, Distrito Industrial  
CEP 13347-610, Indaiatuba, SP, Brasil  
Tel. +55 19 3936 2701  
Fax. +55 19 3936 7121

**SPIROL Canadá**  
3103 St. Etienne Boulevard  
Windsor, Ontario N8W 5B1 Canadá  
Tel. +1 519 974 3334  
Fax. +1 519 974 6550

### Europa

**SPIROL España**  
08940 Cornellà de Llobregat  
Barcelona, España  
Tel. +34 93 669 31 78  
Fax. +34 93 193 25 43

**SPIROL Francia**  
Cité de l'Automobile ZAC Croix Blandin  
18 Rue Léna Bernstein  
51100 Reims, Francia  
Tel. +33 3 26 36 31 42  
Fax. +33 3 26 09 19 76

**SPIROL Reino Unido**  
17 Princewood Road  
Corby, Northants NN17 4ET Reino Unido  
Tel. +44 1536 444800  
Fax. +44 1536 203415

**SPIROL Alemania**  
Ottostr. 4  
80333 Munich, Alemania  
Tel. +49 89 4 111 905 71  
Fax. +49 89 4 111 905 72

**SPIROL República Checa**  
Sokola Tůmy 743/16  
Ostrava-Mariánské Hory 70900  
República Checa  
Tel. +420 417 537 979

**SPIROL Polonia**  
Aleja 3 Maja 12  
00-391 Warszawa, Polonia  
Tel. +48 510 039 345

### Asia/Pacífico

**SPIROL Asia**  
1st Floor, Building 22, Plot D9, District D  
No. 122 HeDan Road  
Wai Gao Qiao Free Trade Zone  
Shanghai, China 200131  
Tel. +86 21 5046 1451  
Fax. +86 21 5046 1540

**SPIROL Corea**  
160-5 Seokchon-Dong  
Songpa-gu, Seoul, 138-844, Corea  
Tel. +86 21 5046-1451  
Fax. +86 21 5046-1540

e-mail: [info-mx@spirol.com](mailto:info-mx@spirol.com)

**SPIROL.com.mx**