

NB LINEAR SYSTEM

El sistema lineal NB es un mecanismo de movimiento lineal que utiliza el movimiento rotacional de bola y/o elementos de rodillo. NB ofrece una amplia gama de productos de movimiento lineal de alta calidad de precisión que contribuyen a la reducción de tamaño y peso de la maquinaria y equipo.

VENTAJAS

Dea Baja Fricción y Excelente respuesta

La fricción dinámica de la bola o elementos de rodillo es sustancialmente menor que el deslizamiento de fricción de toda la superficie de la cara. Dado que la diferencia entre la resistencia de fricción estática y dinámica es pequeña, la respuesta de movimiento es excelente en cuanto a la precisión de posicionamiento y en aplicaciones de alta velocidad con aceleración y desaceleración.

Alta Precisión y Movimiento Suave

El sistema lineal NB está diseñado para que los elementos rodantes logren un movimiento extremadamente suave. La superficie de rodadura es terminada por un rectificado de precisión para un movimiento de alta precisión con tolerancia óptima.

Alta Capacidad de Carga y Larga Vida

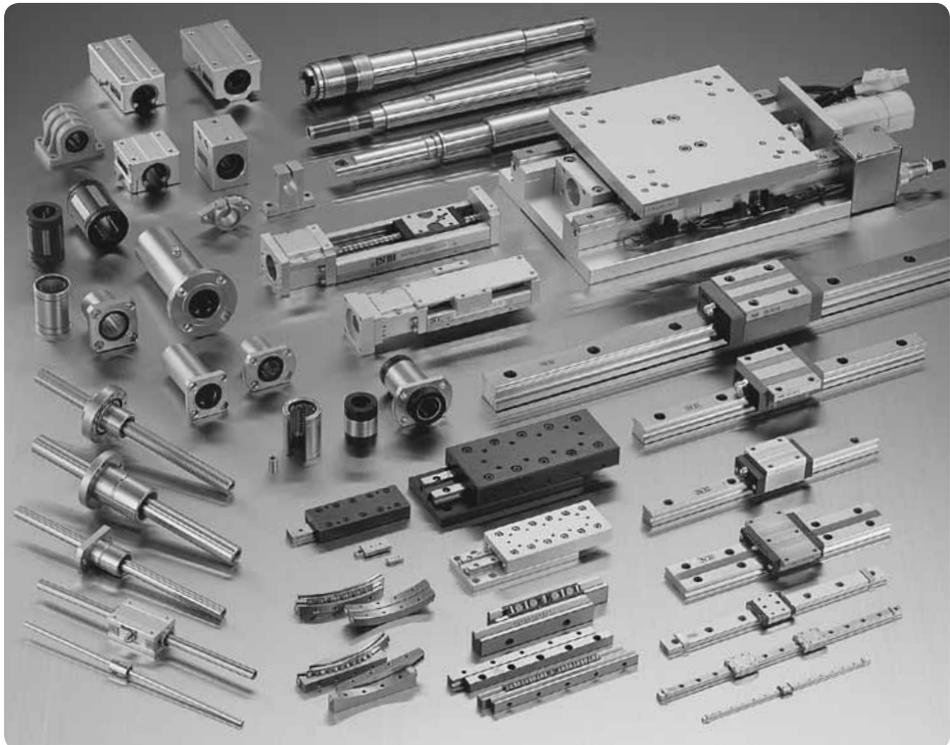
A pesar de lo compacto del sistema lineal NB, el sistema utiliza elementos grandes rodantes en una superficie de rodadura larga resultando en una alta capacidad de carga y larga duración de vida.

Facilidad de Instalación

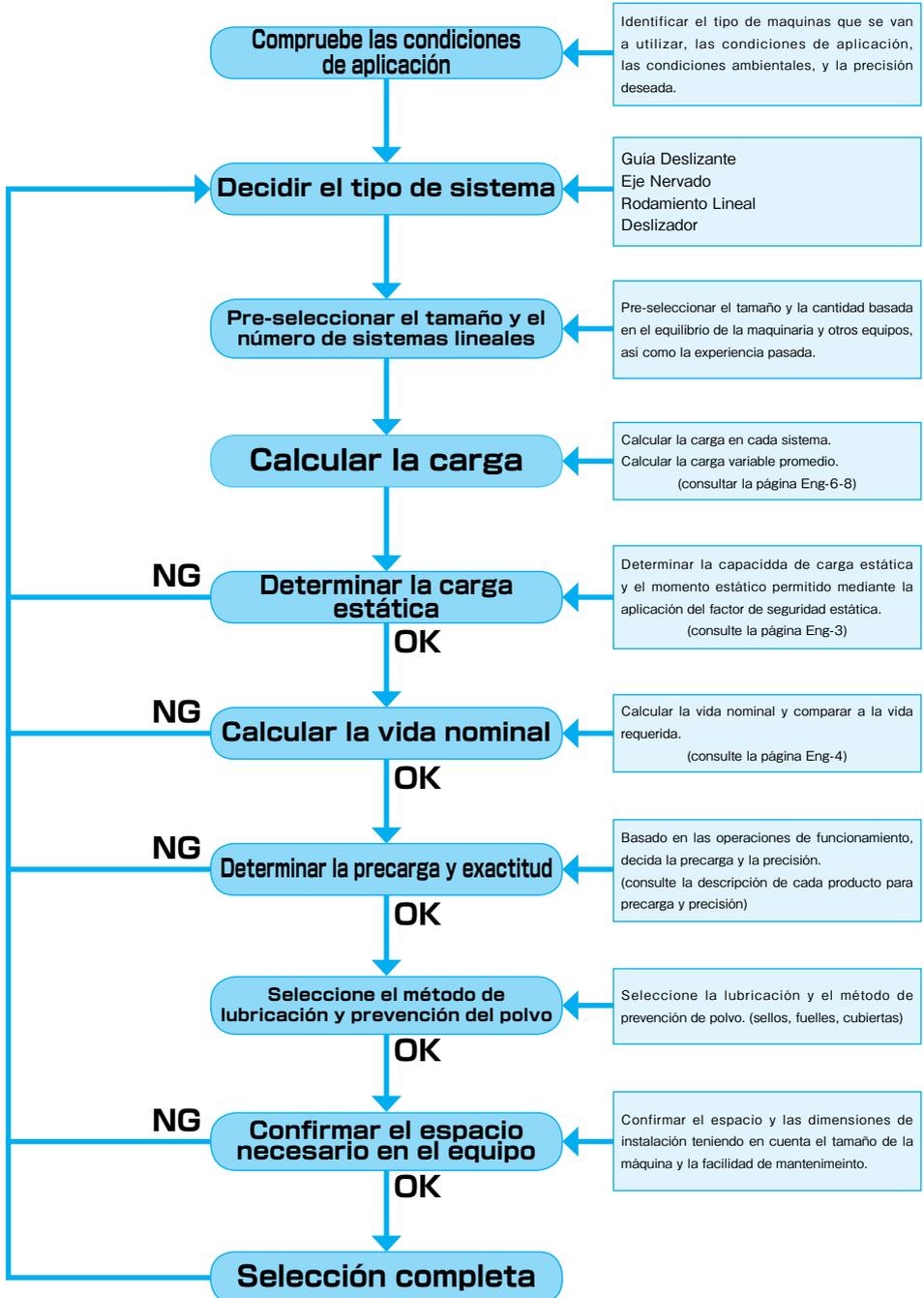
El sistema lineal NB acorta el tiempo de mecanizado y montaje en comparación con la de una superficie de toda la cara del deslizamiento del rodamiento.

Variedad de Tipos

Una amplia variedad de tipos y tamaños de los sistemas lineales NB están disponibles para servir mejor la finalidad y necesidad de cada aplicación.



PROCESO PARA SELECCIONAR UN SISTEMA LINEAL NB



CARGA PERMITIDA

Carga y Momento

Se aplica una carga al sistema lineal como lo muestra la Figura 1-1. Algunas veces cargas de momento son aplicadas, por ejemplo, guías deslizantes. Carga y momento son definidas a continuación.

Capacidad de Carga Estática (de acuerdo con ISO14728-2*) y Momento Estático Permitido

Cuando el exceso de carga o la carga de impacto se aplica a los sistemas lineales, mientras que está parado o moviéndose lentamente, una deformación permanente se produce en los elementos rodantes y la pista de rodadura.

Si esta deformación supera un cierto límite, esto causa vibración y ruido durante la operación resultando en un movimiento no-suave y un período corto de vida. Para prevenir esta deformación permanente y el deterioro en la precisión del movimiento, la capacidad de carga estática (Co) es dada como la carga permitida para el sistema lineal. Esta capacidad de carga estática se define como la capacidad estática que da lugar a la tensión máxima admisible en el centro de la superficie de contacto entre los elementos rodantes y la pista de rodadura. La suma de la deformación permanente de los elementos rodantes y la de la pista de rodadura es 0.0001 veces el diámetro de los elementos rodantes. En el sistema lineal además de la carga estática, una carga de momento puede estar presente. Los momentos estáticos permitidos están definidos por M_P , M_Y , y M_R como se ilustra en la Figura 1-1.

*1: Esto no se aplica a algunos productos.

Carga Permitida y Factor de Seguridad Estático

La capacidad de carga estática y el momento estático permitido definen la carga estática máxima en cada dirección; sin embargo, estas cargas estáticas máximas no son necesariamente aplicables en función de las condiciones de operación, la precisión del montaje, así como la precisión de movimiento requerido. Por lo tanto una carga permitida con un factor de seguridad debe ser obtenido. El factor mínimo de seguridad estática se muestra en la Tabla 1-1.

Carga Permitida

$$P_{max} \leq C_o / f_s \dots\dots\dots (1)$$

Momento Permitido

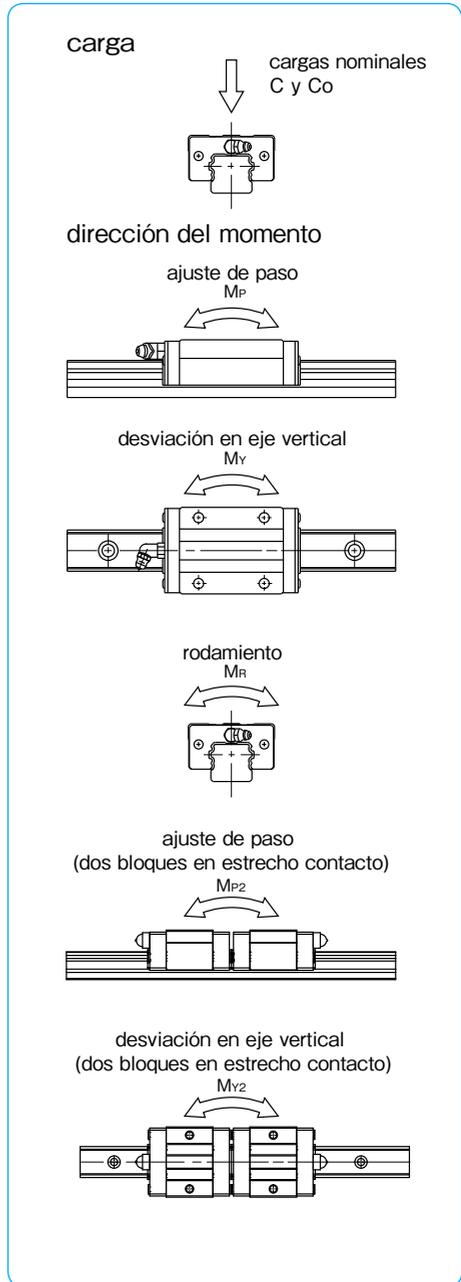
$$M_{max} \leq (M_P, M_Y, M_R, M_{P2}, M_{Y2}) / f_s \dots\dots (2)$$

f_s : factor de seguridad estático C_o : capacidad de carga estática (N) P_{max} : carga permitida (N)
 $M_P, M_R, M_Y, M_{P2}, M_{Y2}$: momento estático permitido (N · m)
 M_{max} : momento permitido (N · m)

Tabla 1-1 Factor Mínimo de Seguridad Estático (f_s)

condiciones de operación	factor de seguridad estático
normal	1~2
movimiento suave requerido	2~4
vibración/impacto de carga	3~5

Figura 1-1 Carga y Momento



VIDA

Vida de un Sistema Lineal

Cuando un sistema lineal es recíproco bajo carga, un estrés continuo actúa sobre él, en última instancia provocando descamación de su superficie de la pista de rodadura debido a la fatiga de materiales. La distancia que el sistema lineal recorre antes de que la descamación ocurra se define como la vida del sistema lineal. Un sistema lineal también puede llegar a ser inoperable debido a la sinterización, grietas, picaduras o corrosión; sin embargo, estas causas se diferencian de las escamas ya que están relacionadas con la exactitud de la instalación, el entorno operativo y el método de lubricación.

Vida Nominal

Incluso cuando un grupo de sistemas lineales del mismo lote de producción funciona en condiciones idénticas, el tiempo de vida puede ser diferente debido a diferencias en las características de la falla del material de fatiga. Este hecho impide determinar el tiempo de vida exacto de un sistema lineal simple para su uso. Por lo tanto, la vida nominal se define estadísticamente como la distancia del 90% del recorrido del sistema lineal antes de causar descamación.

Capacidad de Carga Dinámica (de acuerdo con ISO14728-1*) y Capacidad de Par Dinámica

La vida de un sistema lineal se expresa en términos de la distancia recorrida. Por lo tanto, la vida de un sistema lineal se calcula utilizando el orden inverso de carga permitida que se logra a una cierta distancia de viaje. Esta carga permitida se llama capacidad de carga dinámica. La capacidad de carga dinámica se define como una carga constante de peso y la dirección que puede alcanzar una distancia de viaje de $50 \times 10^3 \text{ m}$ en el sistema lineal. NB asume la carga es aplicada desde la parte superior como una carga radial normal, por que la capacidad de carga dinámica cambia dependiendo de la dirección de la carga aplicada. La capacidad de carga dinámica en las tablas de dimensiones se basan en este supuesto. Los ejes nervados pueden transportar carga de par, por lo que la capacidad de par dinámica se define para el Eje Nervado.

*2: Esto no se aplica a algunos productos.

Estimación de la Vida Nominal

La estimación de la vida nominal depende del tipo de elementos rodantes. Las ecuaciones (3) y (4) son usadas para las bolas y rodillos, respectivamente. La ecuación (5) se utiliza cuando una carga de par está presente.

Las bolas se utilizan como elementos rodantes

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^3 \cdot 50 \dots\dots\dots (3)$$

Los rodillos se utilizan como elementos rodantes

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^{10/3} \cdot 50 \dots\dots\dots (4)$$

carga de par está present

$$L = \left(\frac{C_T}{T} \right)^3 \cdot 50 \dots\dots\dots (5)$$

L: vida nominal (km) C: capacidad de carga dinámica (N)
 P: carga aplicada (N) Cr: Capacidad de Par Dinámica (N · m)
 T: par aplicado (N · m)

En la aplicación real, numerosos factores variables están presentes como en el riel guía/precisión del eje, en condiciones de montaje, en condiciones de funcionamiento, vibración y choque, etc. Por lo tanto, el cálculo de la carga real aplicada con precisión es sumamente difícil. En general, el cálculo se simplifica mediante el uso de coeficientes que representan a estos factores: coeficiente de dureza (f_H), coeficiente de temperatura (f_T), coeficiente de contacto (f_c), y coeficiente de carga aplicada (f_w). Teniendo en cuenta estos coeficientes las Ecuaciones (3) a (5) se convierten en Ecuaciones (6) y (8).

Las bola son usadas como elementos rodantes

$$L = \left(\frac{f_H \cdot f_T \cdot f_c \cdot C}{f_w \cdot P} \right)^3 \cdot 50 \dots\dots\dots (6)$$

rodillos son usados como elementos rodantes

$$L = \left(\frac{f_H \cdot f_T \cdot f_c \cdot C}{f_w \cdot P} \right)^{10/3} \cdot 50 \dots\dots\dots (7)$$

carga de par está presente

$$L = \left(\frac{f_H \cdot f_T \cdot f_c \cdot C_T}{f_w \cdot T} \right)^3 \cdot 50 \dots\dots\dots (8)$$

L: vida nominal (km) f_H : coeficiente de dureza
 f_T : coeficiente de temperatura f_c : coeficiente de contacto
 f_w : coeficiente de carga aplicada P: carga aplicada (N)
 C: capacidad de carga dinámica (N)
 C_T : capacidad de par dinámica (N · m)
 T: par aplicado (N · m)

Cuando la distancia de viaje por unidad de tiempo es constante, la vida nominal puede expresarse en términos de tiempo (hora). Ecuación (9) muestra la relación entre la longitud de carrera, número de ciclos por minuto, y el tiempo de vida.

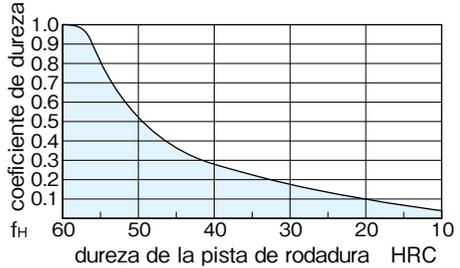
$$L_h = \frac{L \cdot 10^3}{2 \cdot \ell_s \cdot n_1 \cdot 60} \dots\dots\dots (9)$$

L_h : tiempo de vida (hr) ℓ_s : longitud de carrera (m)
 n_1 : número de ciclos por minuto (cpm)

• Coeficiente de Dureza (f_H)

En el sistema lineal, el riel guía o eje funciona como superficie de rodadura de los elementos rodantes. Por lo tanto, la dureza del riel guía o eje es un factor importante en la determinación de la carga nominal. La carga nominal disminuye así como la dureza disminuye por debajo de 58HRC. Los productos NB tienen la dureza apropiada por la tecnología avanzada de tratamiento térmico. En caso de utilizar el riel o eje de dureza insuficiente, por favor tome el coeficiente de dureza (Figura 1-2) en la ecuación de cálculo de vida.

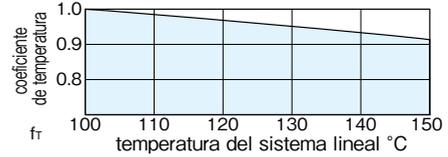
Figura 1-2 Coeficiente de Dureza



• Coeficiente de Temperatura (f_T)

Los productos de NB se endurecen por tratamiento térmico con el fin de darle características de poco desgaste. Si la temperatura del sistema lineal excede los 100°C, la dureza disminuye con efecto de templado, a medida que disminuye la carga nominal. Figura 1-3 muestra el coeficiente de temperatura así como la dureza cambia con la temperatura.

Figura 1-3 Coeficiente de Temperatura



• Coeficiente de Contacto (f_c)

Cuando más de un rodamiento se utiliza en estrecho contacto, el coeficiente de contacto debe tenerse en cuenta debido a la variación de los productos y la exactitud de la superficie de montaje. Tabla 1-2 muestra el coeficiente de contacto para calcular la vida.

Tabla 1-2 Coeficiente de Contacto

número de rodamiento lineales en estrecho contacto sobre el riel/eje	coeficiente de contacto f_c
1	1.00
2	0.81
3	0.72
4	0.66
5	0.61

• Coeficiente de Carga Aplicada (f_w)

Al calcular la carga aplicada, el peso de la masa, la fuerza de inercia, el momento resultante del movimiento, y la variación con el tiempo deben indicarse con precisión. Sin embargo, es muy difícil estimar la precisión de la carga aplicada debido a la existencia de numerosas variables, incluyendo las condiciones de inicio/parada del movimiento recíproco y de los impactos/vibraciones. La estimación se simplifica utilizando los valores dados en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3 Coeficiente de Carga Aplicada

condiciones de operación de carga		coeficiente de carga aplicado f_w
de carga	velocidad	
sin golpes y vibraciones	15 m/min o menos	1.0~1.5
bajo choque y vibración	60 m/min o menos	1.5~2.0
alto choque y vibración	60 m/min o menos	2.0~3.5

Cálculo de la Carga Aplicada (1)

Tablas 1-4 y 1-5 muestran las fórmulas de cálculo de la carga aplicada para aplicaciones comunes.

W: carga aplicada (N) P₁ - P₄: carga aplicada al sistema lineal (N) X,Y: distancia del sistema lineal (mm)

x, y, ℓ: la distancia a la carga aplicada o centro de trabajo de la gravedad (mm) g: aceleración gravitacional (9.8 x 10³mm/s²)

V: velocidad (mm/s) t_i: tiempo de aceleración (sec) t_s: tiempo de desaceleración (sec)

Tabla 1-4 Cálculo de Carga Aplicada (1)

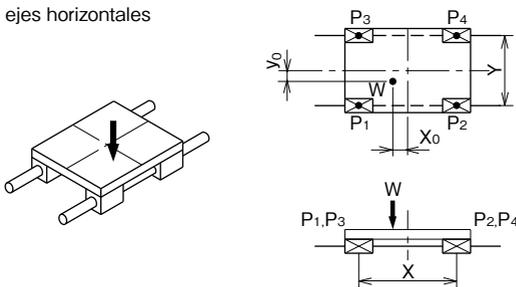
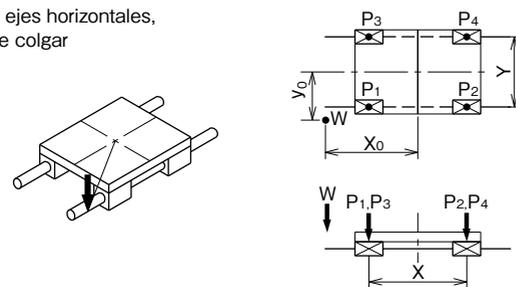
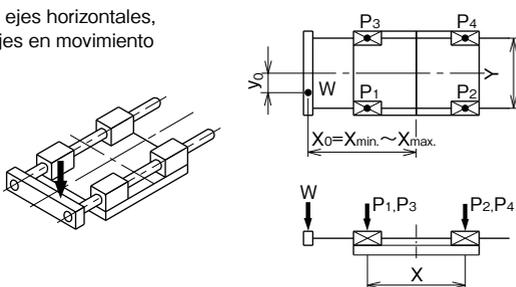
	condición	cálculo de fórmula de la carga aplicada
en condiciones estáticas o movimiento de velocidad constante	<p>2 ejes horizontales</p> 	$P_1 = \frac{1}{4} W + \frac{x_0}{2X} W + \frac{y_0}{2Y} W$ $P_2 = \frac{1}{4} W - \frac{x_0}{2X} W + \frac{y_0}{2Y} W$ $P_3 = \frac{1}{4} W + \frac{x_0}{2X} W - \frac{y_0}{2Y} W$ $P_4 = \frac{1}{4} W - \frac{x_0}{2X} W - \frac{y_0}{2Y} W$ <p>Nota: Si el cálculo da como resultado un valor negativo, el sentido de carga está en la dirección opuesta.</p>
	<p>2 ejes horizontales, de colgar</p> 	<p>(Fórmulas de carga aplicadas)</p>
	<p>2 ejes horizontales, ejes en movimiento</p> 	<p>(Fórmulas de carga aplicadas)</p>

Tabla 1-5 Cálculo de Carga Aplicada (2)

	condición	cálculo de fórmula de carga aplicada	
en condiciones estáticas o movimiento de velocidad constante	<p>2 ejes laterales horizontales,</p>	$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{l_1}{2X} W$ $P_{1S} = P_{3S} = \frac{1}{4} W + \frac{X_0}{2X} W$ $P_{2S} = P_{4S} = \frac{1}{4} W - \frac{X_0}{2X} W$	
	<p>2 ejes verticales</p>	$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{l_1}{2X} W$ $P_{1S} = P_{2S} = P_{3S} = P_{4S} = \frac{l_2}{2X} W$	
en condiciones de aceleración constante	<p>2 ejes horizontales</p>	<p>diagrama de velocidad</p>	<p>bajo aceleración</p> $P_1 = P_3 = \frac{1}{4} W \left(1 + \frac{2V_1 l_1}{gt_1 X} \right)$ $P_2 = P_4 = \frac{1}{4} W \left(1 - \frac{2V_1 l_1}{gt_1 X} \right)$ <p>bajo desaceleración</p> $P_1 = P_3 = \frac{1}{4} W \left(1 - \frac{2V_1 l_1}{gt_3 X} \right)$ $P_2 = P_4 = \frac{1}{4} W \left(1 + \frac{2V_1 l_1}{gt_3 X} \right)$ <p>bajo velocidad constante</p> $P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = \frac{1}{4} W$ <p>※g: aceleración de gravedad (9.8 × 10³ mm/sec²)</p>

• Coeficiente Equivalente

Los sistemas lineales se utilizan generalmente con dos ejes, cada eje con un par de rodamientos instalados. Sin embargo, debido a una limitación de espacio, tiene que haber una aplicación en la que uno de los ejes sea instalado en estrecho contacto con uno o dos rodamientos. En tal caso, multiplique el momento aplicado por el coeficiente de momento equivalente mostrado en las Tabla 1-7~1-25 para calcular la carga aplicada. La siguiente es una fórmula para calcular el momento de carga equivalente cuando un momento es aplicado al sistema lineal.

$$P = E \cdot M$$

P: momento de carga equivalente por rodamiento (N)

E: coeficiente de momento equivalente

M: momento aplicado (N · mm)

Cálculo de Carga Aplicada (2)

Tabla 1-6 muestra la fórmula para determinar la carga aplicada cuando el momento es aplicado al sistema lineal.

W: carga aplicada (N) P: carga aplicada al sistema lineal (N) l_1 : distancia a la carga aplicada o centro de trabajo de la gravedad (mm).

Tabla 1-6 Cálculo de Carga Aplicada (3)

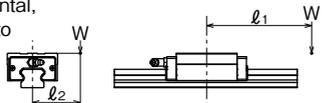
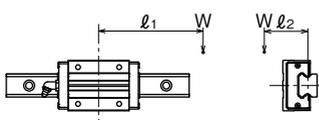
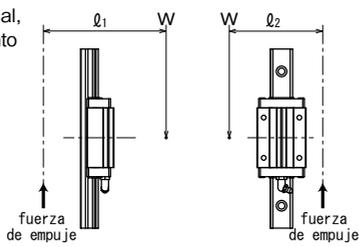
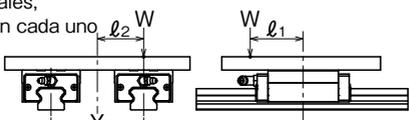
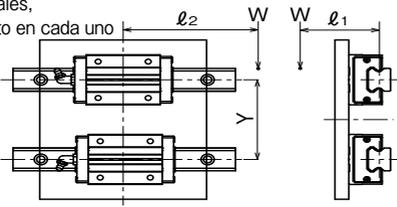
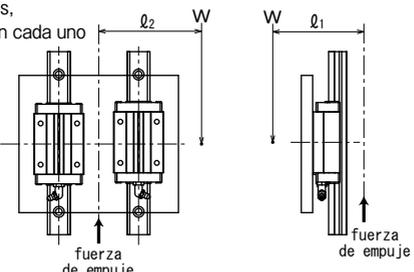
	condición	fórmula de cálculo de la carga aplicada
aplicación de un eje	1 eje horizontal, 1 rodamiento 	$P = W + E_{p1}Wl_1 + E_rWl_2$ E_{p1} : M_p coeficiente equivalente con el uso de un rodamiento E_r : M_r coeficiente equivalente
	1 eje lateral, 1 rodamiento 	$P = W + E_{y1}Wl_1 + E_rWl_2$ E_{y1} : M_y coeficiente equivalente con el uso de un rodamiento E_r : M_r coeficiente equivalente
	1 eje vertical, 1 rodamiento 	$P = E_{p1}Wl_1 + E_yWl_2$ E_{p1} : M_p coeficiente equivalente con el uso de un rodamiento E_y : M_y coeficiente equivalente con el uso de un rodamiento
aplicación de 2 ejes	2 ejes horizontales, 1 rodamiento en cada uno 	$P = W/2 + Wl_2/Y + E_{p1}Wl_1/2$ E_{p1} : M_p coeficiente equivalente con el uso de un rodamiento Y : distancia entre los dos ejes del centro
	2 ejes laterales, 1 rodamiento en cada uno 	$P = W/2 + E_{y1}Wl_2/2 + Wl_1/Y$ E_{y1} : M_y coeficiente equivalente con el uso de un rodamiento Y : distancia entre los dos ejes del centro
	2 ejes verticales, 1 rodamiento en cada uno 	$P = E_{p1}Wl_1/2 + E_{y1}Wl_2/2$ E_{p1} : M_p coeficiente equivalente con el uso de un rodamiento E_{y1} : M_y coeficiente equivalente con el uso de un rodamiento

Tabla 1-7 Guía Deslizante tipo SEB

número de parte	coeficiente equivalente				
	Ep ₁	Ep ₂	Ey ₁	Ey ₂	Er
SEBS 5B	6.64 × 10 ⁻¹	9.61 × 10 ⁻²	7.91 × 10 ⁻¹	1.15 × 10 ⁻¹	3.85 × 10 ⁻¹
SEBS 5BY	5.17 × 10 ⁻¹	8.38 × 10 ⁻²	6.16 × 10 ⁻¹	9.99 × 10 ⁻²	3.85 × 10 ⁻¹
SEBS 7BS	6.70 × 10 ⁻¹	7.76 × 10 ⁻²	7.98 × 10 ⁻¹	9.25 × 10 ⁻²	2.74 × 10 ⁻¹
SEBS 7B	4.62 × 10 ⁻¹	6.65 × 10 ⁻²	5.50 × 10 ⁻¹	7.93 × 10 ⁻²	2.74 × 10 ⁻¹
SEBS 7BY	2.84 × 10 ⁻¹	5.00 × 10 ⁻²	3.38 × 10 ⁻¹	5.96 × 10 ⁻²	2.74 × 10 ⁻¹
SEBS 9BS	5.83 × 10 ⁻¹	6.96 × 10 ⁻²	6.95 × 10 ⁻¹	8.30 × 10 ⁻²	2.15 × 10 ⁻¹
SEBS 9B	3.26 × 10 ⁻¹	5.26 × 10 ⁻²	3.88 × 10 ⁻¹	6.27 × 10 ⁻²	2.15 × 10 ⁻¹
SEBS 9BY	2.26 × 10 ⁻¹	4.14 × 10 ⁻²	2.69 × 10 ⁻¹	4.94 × 10 ⁻²	2.15 × 10 ⁻¹
SEBS12BS	5.27 × 10 ⁻¹	5.90 × 10 ⁻²	6.28 × 10 ⁻¹	7.03 × 10 ⁻²	1.60 × 10 ⁻¹
SEBS12B	3.08 × 10 ⁻¹	4.71 × 10 ⁻²	3.67 × 10 ⁻¹	5.61 × 10 ⁻²	1.60 × 10 ⁻¹
SEBS12BY	2.02 × 10 ⁻¹	3.64 × 10 ⁻²	2.41 × 10 ⁻¹	4.33 × 10 ⁻²	1.60 × 10 ⁻¹
SEBS15BS	3.95 × 10 ⁻¹	5.01 × 10 ⁻²	4.71 × 10 ⁻¹	5.97 × 10 ⁻²	1.30 × 10 ⁻¹
SEBS15B	2.31 × 10 ⁻¹	3.85 × 10 ⁻²	2.75 × 10 ⁻¹	4.58 × 10 ⁻²	1.29 × 10 ⁻¹
SEBS15BY	1.52 × 10 ⁻¹	2.90 × 10 ⁻²	1.81 × 10 ⁻¹	3.45 × 10 ⁻²	1.29 × 10 ⁻¹
SEBS20B	1.41 × 10 ⁻¹	2.47 × 10 ⁻²	1.68 × 10 ⁻¹	2.94 × 10 ⁻²	9.76 × 10 ⁻²
SEBS20BY	1.01 × 10 ⁻¹	1.95 × 10 ⁻²	1.20 × 10 ⁻¹	2.32 × 10 ⁻²	9.76 × 10 ⁻²
SEBS 5WB	4.51 × 10 ⁻¹	7.70 × 10 ⁻²	5.37 × 10 ⁻¹	9.17 × 10 ⁻²	1.96 × 10 ⁻¹
SEBS 5WBY	3.25 × 10 ⁻¹	6.15 × 10 ⁻²	3.88 × 10 ⁻¹	7.33 × 10 ⁻²	1.96 × 10 ⁻¹
SEBS 7WBS	5.83 × 10 ⁻¹	6.96 × 10 ⁻²	6.95 × 10 ⁻¹	8.30 × 10 ⁻²	1.40 × 10 ⁻¹
SEBS 7WB	3.26 × 10 ⁻¹	5.26 × 10 ⁻²	3.88 × 10 ⁻¹	6.27 × 10 ⁻²	1.40 × 10 ⁻¹
SEBS 7WBY	2.26 × 10 ⁻¹	4.14 × 10 ⁻²	2.69 × 10 ⁻¹	4.94 × 10 ⁻²	1.40 × 10 ⁻¹
SEBS 9WBS	4.63 × 10 ⁻¹	6.05 × 10 ⁻²	5.52 × 10 ⁻¹	7.21 × 10 ⁻²	1.09 × 10 ⁻¹
SEBS 9WB	2.41 × 10 ⁻¹	4.23 × 10 ⁻²	2.87 × 10 ⁻¹	5.04 × 10 ⁻²	1.08 × 10 ⁻¹
SEBS 9WBY	1.71 × 10 ⁻¹	3.31 × 10 ⁻²	2.03 × 10 ⁻¹	3.94 × 10 ⁻²	1.08 × 10 ⁻¹
SEBS12WBS	3.89 × 10 ⁻¹	5.28 × 10 ⁻²	4.64 × 10 ⁻¹	6.29 × 10 ⁻²	8.17 × 10 ⁻²
SEBS12WB	2.17 × 10 ⁻¹	3.81 × 10 ⁻²	2.59 × 10 ⁻¹	4.55 × 10 ⁻²	8.16 × 10 ⁻²
SEBS12WBY	1.51 × 10 ⁻¹	2.94 × 10 ⁻²	1.79 × 10 ⁻¹	3.50 × 10 ⁻²	8.16 × 10 ⁻²
SEBS15WBS	2.58 × 10 ⁻¹	4.06 × 10 ⁻²	3.07 × 10 ⁻¹	4.83 × 10 ⁻²	4.71 × 10 ⁻²
SEBS15WB	1.63 × 10 ⁻¹	3.03 × 10 ⁻²	1.94 × 10 ⁻¹	3.61 × 10 ⁻²	4.71 × 10 ⁻²
SEBS15WBY	1.13 × 10 ⁻¹	2.29 × 10 ⁻²	1.35 × 10 ⁻¹	2.73 × 10 ⁻²	4.71 × 10 ⁻²

Ep₁: Mp coeficiente equivalente con el uso de un bloque

Ep₂: Mp coeficiente equivalente con el uso de dos bloques en estrecho contacto

Ey₁: My coeficiente equivalente con el uso de un bloque

Ey₂: My coeficiente equivalente con el uso de dos bloques en estrecho contacto

Er: Mr coeficiente equivalente

Tabla 1-8 Guía Deslizante tipos SEB y SER

número de parte	coeficiente equivalente				
	Ep ₁	Ep ₂	Ey ₁	Ey ₂	Er
SEBS 2A	7.06×10^{-1}	1.37×10^{-1}	5.92×10^{-1}	1.15×10^{-1}	9.09×10^{-1}
SEBS 3A	9.16×10^{-1}	1.49×10^{-1}	7.69×10^{-1}	1.25×10^{-1}	6.25×10^{-1}
SEBS 3AY	6.02×10^{-1}	1.13×10^{-1}	5.05×10^{-1}	9.48×10^{-2}	6.25×10^{-1}
SEBS 5A	6.11×10^{-1}	1.01×10^{-1}	5.13×10^{-1}	8.46×10^{-2}	3.85×10^{-1}
SEBS 5AY	4.65×10^{-1}	8.45×10^{-2}	3.90×10^{-1}	7.09×10^{-2}	3.85×10^{-1}
SEBS 7A	4.62×10^{-1}	7.48×10^{-2}	3.87×10^{-1}	6.27×10^{-2}	2.74×10^{-1}
SEBS 7AY	2.84×10^{-1}	5.49×10^{-2}	2.38×10^{-1}	4.61×10^{-2}	2.74×10^{-1}
SEB(S) 9A	3.32×10^{-1}	5.89×10^{-2}	2.78×10^{-1}	4.94×10^{-2}	2.20×10^{-1}
SEB(S) 9AY	2.25×10^{-1}	4.46×10^{-2}	1.89×10^{-1}	3.74×10^{-2}	2.20×10^{-1}
SEB(S) 12A	3.08×10^{-1}	5.62×10^{-2}	2.58×10^{-1}	4.72×10^{-2}	1.60×10^{-1}
SEB(S) 12AY	2.02×10^{-1}	4.11×10^{-2}	1.70×10^{-1}	3.45×10^{-2}	1.60×10^{-1}
SEB(S) 15A	2.31×10^{-1}	4.30×10^{-2}	1.94×10^{-1}	3.61×10^{-2}	1.29×10^{-1}
SEB(S) 15AY	1.52×10^{-1}	3.12×10^{-2}	1.27×10^{-1}	2.62×10^{-2}	1.29×10^{-1}
SEB(S) 20A	1.53×10^{-1}	3.03×10^{-2}	1.28×10^{-1}	2.54×10^{-2}	9.76×10^{-2}
SEB(S) 20AY	1.01×10^{-1}	2.16×10^{-2}	8.44×10^{-2}	1.81×10^{-2}	9.76×10^{-2}
SEBS 3WA	6.74×10^{-1}	1.14×10^{-1}	5.42×10^{-1}	9.58×10^{-2}	3.23×10^{-1}
SEBS 3WAY	4.48×10^{-1}	8.78×10^{-2}	3.76×10^{-1}	7.37×10^{-2}	3.23×10^{-1}
SEBS 7WA(D)	3.26×10^{-1}	5.56×10^{-2}	2.73×10^{-1}	4.67×10^{-2}	1.40×10^{-1}
SEBS 7WAY	2.26×10^{-1}	4.32×10^{-2}	1.90×10^{-1}	3.63×10^{-2}	1.40×10^{-1}
SEB(S) 9WA(D)	2.41×10^{-1}	4.72×10^{-2}	2.02×10^{-1}	3.96×10^{-2}	1.08×10^{-1}
SEB(S) 9WAY	1.71×10^{-1}	3.58×10^{-2}	1.43×10^{-1}	3.00×10^{-2}	1.08×10^{-1}
SEB(S) 12WA	2.02×10^{-1}	4.13×10^{-2}	1.70×10^{-1}	3.46×10^{-2}	8.16×10^{-2}
SEB(S) 12WAY	1.43×10^{-1}	3.10×10^{-2}	1.20×10^{-1}	2.60×10^{-2}	8.16×10^{-2}
SEB(S) 15WA	1.63×10^{-1}	3.29×10^{-2}	1.37×10^{-1}	2.76×10^{-2}	4.71×10^{-2}
SEB(S) 15WAY	1.13×10^{-1}	2.43×10^{-2}	9.48×10^{-2}	2.04×10^{-2}	4.71×10^{-2}
SER(S) 9A	2.49×10^{-1}	4.15×10^{-2}	2.15×10^{-1}	3.58×10^{-2}	1.50×10^{-1}
SER(S) 12A	2.50×10^{-1}	4.16×10^{-2}	2.23×10^{-1}	3.71×10^{-2}	1.33×10^{-1}
SER(S) 15A	1.99×10^{-1}	3.32×10^{-2}	1.79×10^{-1}	2.98×10^{-2}	1.05×10^{-1}
SER(S) 20A	1.66×10^{-1}	2.77×10^{-2}	1.47×10^{-1}	2.45×10^{-2}	6.49×10^{-2}
SER(S) 9WA	1.52×10^{-1}	2.53×10^{-2}	1.36×10^{-1}	2.26×10^{-2}	7.17×10^{-2}
SER(S) 12WA	1.42×10^{-1}	2.36×10^{-2}	1.28×10^{-1}	2.13×10^{-2}	5.86×10^{-2}
SER(S) 15WA	1.60×10^{-1}	2.66×10^{-2}	1.45×10^{-1}	2.41×10^{-2}	4.15×10^{-2}

Ep₁: Mp coeficiente equivalente con el uso de 1 bloque

Ep₂: Mp coeficiente equivalente con el uso de 2 bloques en estrecho contacto

Ey₁: My coeficiente equivalente con el uso de 1 bloque

Ey₂: My coeficiente equivalente con el uso de dos 2 bloques en estrecho contacto

Er: Mr coeficiente equivalente

Tabla 1-9 Guía Deslizante tipos SGL, GL, y SGW

número de parte	coeficiente equivalente				
	Ep ₁	Ep ₂	Ey ₁	Ey ₂	Er
SGL15F (E)	2.57×10^{-1}	3.75×10^{-2}	2.57×10^{-1}	3.75×10^{-2}	1.28×10^{-1}
SGL20F (E)	2.06×10^{-1}	3.31×10^{-2}	2.06×10^{-1}	3.31×10^{-2}	9.29×10^{-2}
SGL25F (E)	1.72×10^{-1}	2.82×10^{-2}	1.72×10^{-1}	2.82×10^{-2}	8.31×10^{-2}
SGL30F (E)	1.47×10^{-1}	2.27×10^{-2}	1.47×10^{-1}	2.27×10^{-2}	6.88×10^{-2}
SGL35F (E)	1.29×10^{-1}	2.02×10^{-2}	1.29×10^{-1}	2.02×10^{-2}	5.46×10^{-2}
SGL15TF (TE)	1.63×10^{-1}	2.87×10^{-2}	1.63×10^{-1}	2.87×10^{-2}	1.28×10^{-1}
SGL20TF (TE)	1.41×10^{-1}	2.59×10^{-2}	1.41×10^{-1}	2.59×10^{-2}	9.29×10^{-2}
SGL25TF (TE)	1.09×10^{-1}	2.08×10^{-2}	1.09×10^{-1}	2.08×10^{-2}	8.31×10^{-2}
SGL30TF (TE)	9.31×10^{-2}	1.71×10^{-2}	9.31×10^{-2}	1.71×10^{-2}	6.88×10^{-2}
SGL35TF (TE)	8.15×10^{-2}	1.51×10^{-2}	8.15×10^{-2}	1.51×10^{-2}	5.46×10^{-2}
SGL15HTF (HTE,HTEX)	1.63×10^{-1}	2.87×10^{-2}	1.63×10^{-1}	2.87×10^{-2}	1.28×10^{-1}
SGL20HTF (HTE,HTEX)	1.21×10^{-1}	2.33×10^{-2}	1.21×10^{-1}	2.33×10^{-2}	9.29×10^{-2}
SGL25HTF (HTE,HTEX)	1.09×10^{-1}	2.08×10^{-2}	1.09×10^{-1}	2.08×10^{-2}	8.31×10^{-2}
SGL30HTF (HTE,HTEX)	9.31×10^{-2}	1.71×10^{-2}	9.31×10^{-2}	1.71×10^{-2}	6.88×10^{-2}
SGL35HTF (HTE,HTEX)	8.15×10^{-2}	1.51×10^{-2}	8.15×10^{-2}	1.51×10^{-2}	5.46×10^{-2}
SGL45HTF (HTE,HTEX)	6.52×10^{-2}	1.23×10^{-2}	6.52×10^{-2}	1.23×10^{-2}	4.38×10^{-2}
SGL15HYF (HYE)	1.07×10^{-1}	2.12×10^{-2}	1.07×10^{-1}	2.12×10^{-2}	1.28×10^{-1}
SGL20HYF (HYE)	8.59×10^{-2}	1.78×10^{-2}	8.59×10^{-2}	1.78×10^{-2}	9.29×10^{-2}
SGL25HYF (HYE)	7.53×10^{-2}	1.56×10^{-2}	7.53×10^{-2}	1.56×10^{-2}	8.31×10^{-2}
SGL30HYF (HYE)	6.45×10^{-2}	1.30×10^{-2}	6.45×10^{-2}	1.30×10^{-2}	6.88×10^{-2}
SGL35HYF (HYE)	5.65×10^{-2}	1.15×10^{-2}	5.65×10^{-2}	1.15×10^{-2}	5.46×10^{-2}
SGL45HYF (HYE)	5.03×10^{-2}	1.01×10^{-2}	5.03×10^{-2}	1.01×10^{-2}	4.38×10^{-2}
SGW17TF (TE)	2.00×10^{-1}	3.27×10^{-2}	2.00×10^{-1}	3.27×10^{-2}	5.34×10^{-2}
SGW21TF (TE)	1.68×10^{-1}	2.90×10^{-2}	1.68×10^{-1}	2.90×10^{-2}	4.80×10^{-2}
SGW27TF (TE)	1.26×10^{-1}	2.32×10^{-2}	1.26×10^{-1}	2.32×10^{-2}	4.35×10^{-2}
SGW35TF (TE)	8.39×10^{-2}	1.56×10^{-2}	8.39×10^{-2}	1.56×10^{-2}	2.62×10^{-2}

Ep₁: Mp coeficiente equivalente con el uso de 1 bloque Ep₂: Mp coeficiente equivalente con el uso de 2 bloques en estrecho contacto

Ey₁: My coeficiente equivalente con el uso de 1 bloque Ey₂: My coeficiente equivalente con el uso de 2 bloques en estrecho contacto

Er: Mr coeficiente equivalente

Tabla 1-10 Eje Nervado • Eje Nervado Giratorio

número de parte		coeficiente equivalente	
		E ₁	E ₂
SSP 4	—	6.19×10^{-1}	1.18×10^{-1}
SSP 6	SPR 6	4.47×10^{-1}	5.70×10^{-2}
SSP 8	SPR 8	3.88×10^{-1}	5.74×10^{-2}
SSP 10	SPR 10	2.82×10^{-1}	4.37×10^{-2}
SSP 13A	SPR 13	3.57×10^{-1}	4.49×10^{-2}
SSP 16A	SPR 16	2.43×10^{-1}	3.75×10^{-2}
SSP 20A	SPR 20A	1.48×10^{-1}	2.91×10^{-2}
SSP 25A	SPR 25A	1.37×10^{-1}	2.27×10^{-2}
SSP 30A	SPR 30A	1.28×10^{-1}	1.58×10^{-2}
SSP 40A	SPR 40A	1.05×10^{-1}	1.28×10^{-2}
SSP 50A	SPR 50A	9.41×10^{-2}	1.59×10^{-2}
SSP 60A	SPR 60A	9.02×10^{-2}	1.45×10^{-2}
SSP 80	—	6.70×10^{-2}	1.21×10^{-2}
SSP 80L	—	4.56×10^{-2}	9.53×10^{-3}
SSP100	—	5.92×10^{-2}	1.03×10^{-2}
SSP100L	—	4.06×10^{-2}	7.90×10^{-3}
SSP 20	SPR 20	1.79×10^{-1}	2.26×10^{-2}
SSP 25	SPR 25	1.55×10^{-1}	1.94×10^{-2}
SSP 30	SPR 30	1.28×10^{-1}	1.58×10^{-2}
SSP 40	SPR 40	1.05×10^{-1}	1.28×10^{-2}
SSP 50	SPR 50	1.07×10^{-1}	1.69×10^{-2}
SSP 60	SPR 60	9.77×10^{-2}	1.44×10^{-2}

E1: coeficiente equivalente con el uso de una tuerca

E2: coeficiente equivalent con el uso de 2 tuercas en estrecho contacto

Tabla 1-11 Rodamiento Lineal tipo SM

número de parte	coeficiente equivalente	
	E ₁	E ₂
SM 3	1.24	2.13×10^{-1}
SM 4	1.21	1.78×10^{-1}
SM 5	8.96×10^{-1}	1.40×10^{-1}
SM 6	7.29×10^{-1}	1.09×10^{-1}
SM 8s	7.19×10^{-1}	1.20×10^{-1}
SM 8	5.46×10^{-1}	8.42×10^{-2}
SM 10	4.55×10^{-1}	7.02×10^{-2}
SM 12	4.32×10^{-1}	6.64×10^{-2}
SM 13	4.06×10^{-1}	6.21×10^{-2}
SM 16	3.59×10^{-1}	5.46×10^{-2}
SM 20	3.07×10^{-1}	4.70×10^{-2}
SM 25	2.17×10^{-1}	3.33×10^{-2}
SM 30	1.99×10^{-1}	3.07×10^{-2}
SM 35	1.71×10^{-1}	2.70×10^{-2}
SM 40	1.64×10^{-1}	2.51×10^{-2}
SM 50	1.20×10^{-1}	1.89×10^{-2}
SM 60	1.13×10^{-1}	1.75×10^{-2}
SM 80	8.18×10^{-2}	1.36×10^{-2}
SM100	6.66×10^{-2}	1.11×10^{-2}
SM120	5.63×10^{-2}	9.38×10^{-3}
SM150	4.62×10^{-2}	7.71×10^{-3}

E1: coeficiente equivalente con el uso de 1 buje

E2: coeficiente equivalente con el uso de 2 bujes en estrecho contacto

Tabla 1-12 Rodamiento Lineal tipo SM-G-L

número de parte	coeficiente equivalente	
	E ₁	E ₂
SM 6G-LUU	4.14×10^{-1}	7.39×10^{-2}
SM 8G-LUU	3.17×10^{-1}	5.90×10^{-2}
SM10G-LUU	2.53×10^{-1}	4.78×10^{-2}
SM12G-LUU	2.28×10^{-1}	4.47×10^{-2}
SM13G-LUU	2.03×10^{-1}	4.03×10^{-2}
SM16G-LUU	1.78×10^{-1}	3.45×10^{-2}
SM20G-LUU	1.53×10^{-1}	3.06×10^{-2}
SM25G-LUU	1.09×10^{-1}	2.17×10^{-2}
SM30G-LUU	9.59×10^{-2}	1.97×10^{-2}

E1: coeficiente equivalente con el uso de 1 buje

E2: coeficiente equivalente con el uso de 2 bujes en estrecho contacto

Tabla 1-13 Rodamiento Lineal tipo SM-W

número de parte	coeficiente equivalente	
	E ₁	E ₂
SM 3W	4.12×10^{-1}	—
SM 4W	4.03×10^{-1}	—
SM 5W	2.99×10^{-1}	—
SM 6W	2.43×10^{-1}	—
SM 8W	1.82×10^{-1}	—
SM 10W	1.52×10^{-1}	—
SM 12W	1.44×10^{-1}	—
SM 13W	1.35×10^{-1}	—
SM 16W	1.19×10^{-1}	—
SM 20W	1.02×10^{-1}	—
SM 25W	7.24×10^{-2}	—
SM 30W	6.63×10^{-2}	—
SM 35W	5.70×10^{-2}	—
SM 40W	5.47×10^{-2}	—
SM 50W	4.01×10^{-2}	—
SM 60W	3.77×10^{-2}	—

E1: coeficiente equivalente con el uso de 1 buje

Tabla 1-14 Rodamiento Lineal tipo TRF

número de parte	coeficiente equivalente	
	E ₁	E ₂
TRF 6	6.46×10^{-2}	—
TRF 8	4.90×10^{-2}	—
TRF10	4.07×10^{-2}	—
TRF12	3.92×10^{-2}	—
TRF13	3.66×10^{-2}	—
TRF16	3.20×10^{-2}	—
TRF20	2.80×10^{-2}	—
TRF25	2.00×10^{-2}	—
TRF30	1.85×10^{-2}	—
TRF35	1.68×10^{-2}	—
TRF40	1.45×10^{-2}	—
TRF50	1.16×10^{-2}	—
TRF60	1.11×10^{-2}	—

E1: coeficiente equivalente con el uso de 1 buje

Tabla 1-15 Rodamiento Lineal tipo KB

número de parte	coeficiente equivalente	
	E ₁	E ₂
KB 3	1.28	2.13×10^{-1}
KB 4	1.05	1.75×10^{-1}
KB 5	5.40×10^{-1}	9.00×10^{-2}
KB 8	5.61×10^{-1}	8.00×10^{-2}
KB10	4.21×10^{-1}	7.02×10^{-2}
KB12	4.02×10^{-1}	6.20×10^{-2}
KB16	3.77×10^{-1}	5.73×10^{-2}
KB20	3.29×10^{-1}	4.49×10^{-2}
KB25	2.14×10^{-1}	3.37×10^{-2}
KB30	2.08×10^{-1}	2.96×10^{-2}
KB40	1.64×10^{-1}	2.51×10^{-2}
KB50	1.20×10^{-1}	1.89×10^{-2}
KB60	1.21×10^{-1}	1.55×10^{-2}
KB80	7.34×10^{-2}	1.22×10^{-2}
KB 8W	1.87×10^{-1}	—
KB12W	1.34×10^{-1}	—
KB16W	1.25×10^{-1}	—
KB20W	1.10×10^{-1}	—
KB25W	7.14×10^{-2}	—
KB30W	6.96×10^{-2}	—
KB40W	5.47×10^{-2}	—
KB50W	4.02×10^{-2}	—
KB60W	4.11×10^{-2}	—

E1: coeficiente equivalente con el uso de 1 buje

E2: coeficiente equivalente con el uso de 2 bujes en estrecho contacto

Tabla 1-16 tipo TOPBALL TK

número de parte	coeficiente equivalente	
	E ₁	E ₂
TK 8	4.83×10^{-1}	8.04×10^{-2}
TK10	4.14×10^{-1}	6.90×10^{-2}
TK12	3.65×10^{-1}	6.09×10^{-2}
TK16	3.25×10^{-1}	5.42×10^{-2}
TK20	2.53×10^{-1}	4.21×10^{-2}
TK25	1.88×10^{-1}	3.13×10^{-2}
TK30	1.65×10^{-1}	2.74×10^{-2}
TK40	1.41×10^{-1}	2.34×10^{-2}
TK50	1.09×10^{-1}	1.82×10^{-2}

E1: coeficiente equivalente con el uso de 1 buje

E2: coeficiente equivalente con el uso de 2 bujes en estrecho contacto

Tabla 1-17 tipo TOPBALL TW

número de parte	coeficiente equivalente	
	E ₁	E ₂
TW 3	8.70×10^{-1}	1.45×10^{-1}
TW 4	6.57×10^{-1}	1.09×10^{-1}
TW 6	5.17×10^{-1}	8.60×10^{-2}
TW 8	3.55×10^{-1}	5.90×10^{-2}
TW10	3.00×10^{-1}	5.00×10^{-2}
TW12	2.66×10^{-1}	4.40×10^{-2}
TW16	1.90×10^{-1}	3.10×10^{-2}
TW20	1.66×10^{-1}	2.70×10^{-2}
TW24	1.44×10^{-1}	2.40×10^{-2}
TW32	1.08×10^{-1}	1.80×10^{-2}

E₁: coeficiente equivalente con el uso de 1 buje

E₂: coeficiente equivalente con el uso de 2 bujes en estrecho contacto

Tabla 1-18 Rodamiento Lineal tipo SW

número de parte	coeficiente equivalente	
	E ₁	E ₂
SWS 2	8.90×10^{-1}	1.48×10^{-1}
SWS 3	8.01×10^{-1}	1.33×10^{-1}
SW 4	7.95×10^{-1}	1.05×10^{-1}
SW 6	6.98×10^{-1}	9.75×10^{-2}
SW 8	4.09×10^{-1}	6.23×10^{-2}
SW10	3.54×10^{-1}	5.33×10^{-2}
SW12	3.10×10^{-1}	4.76×10^{-2}
SW16	2.29×10^{-1}	3.40×10^{-2}
SW20	1.94×10^{-1}	3.01×10^{-2}
SW24	1.69×10^{-1}	2.59×10^{-2}
SW32	1.19×10^{-1}	1.87×10^{-2}
SW40	9.23×10^{-2}	1.54×10^{-2}
SW48	7.84×10^{-2}	1.31×10^{-2}
SW64	5.47×10^{-2}	9.11×10^{-3}
SW 4W	2.65×10^{-1}	—
SW 6W	2.33×10^{-1}	—
SW 8W	1.37×10^{-1}	—
SW10W	1.18×10^{-1}	—
SW12W	1.03×10^{-1}	—
SW16W	7.62×10^{-2}	—
SW20W	6.47×10^{-2}	—
SW24W	5.62×10^{-2}	—
SW32W	3.98×10^{-2}	—

E₁: coeficiente equivalente con el uso de 1 buje

E₂: coeficiente equivalente con el uso de 2 bujes en estrecho contacto

Tabla 1-19 Rodamiento Lineal tipo GM

número de parte	coeficiente equivalente	
	E ₁	E ₂
GM 6	6.43×10^{-1}	1.07×10^{-1}
GM 8	4.92×10^{-1}	8.20×10^{-2}
GM10	4.21×10^{-1}	7.01×10^{-2}
GM12	3.85×10^{-1}	6.41×10^{-2}
GM13	3.77×10^{-1}	6.29×10^{-2}
GM16	3.25×10^{-1}	5.42×10^{-2}
GM20	2.74×10^{-1}	4.57×10^{-2}
GM25	1.98×10^{-1}	3.30×10^{-2}
GM30	1.81×10^{-1}	3.02×10^{-2}
GM 6W	3.53×10^{-1}	—
GM 8W	2.38×10^{-1}	—
GM10W	2.20×10^{-1}	—
GM12W	2.07×10^{-1}	—
GM13W	1.94×10^{-1}	—
GM16W	1.70×10^{-1}	—
GM20W	1.37×10^{-1}	—
GM25W	9.02×10^{-2}	—
GM30W	9.55×10^{-2}	—

E₁: coeficiente equivalente con el uso de 1 buje

E₂: coeficiente equivalente con el uso de 2 bujes en estrecho contacto

Tabla 1-20 Rodamiento Lineal Giratorio

número de parte	coeficiente equivalente	
	E ₁	E ₂
SRE 6	6.83×10^{-1}	1.14×10^{-1}
SRE 8	4.98×10^{-1}	8.31×10^{-2}
SRE10	4.12×10^{-1}	6.86×10^{-2}
SRE12	4.19×10^{-1}	6.98×10^{-2}
SRE13	3.93×10^{-1}	6.54×10^{-2}
SRE16	3.40×10^{-1}	5.66×10^{-2}
SRE20	2.90×10^{-1}	4.84×10^{-2}
SRE25	1.98×10^{-1}	3.29×10^{-2}
SRE30	1.80×10^{-1}	3.01×10^{-2}
SRE40	1.52×10^{-1}	2.54×10^{-2}
RK12	4.32×10^{-1}	6.64×10^{-2}
RK16	3.59×10^{-1}	5.46×10^{-2}
RK20	3.07×10^{-1}	4.70×10^{-2}
RK25	2.17×10^{-1}	3.33×10^{-2}
RK30	1.99×10^{-1}	3.07×10^{-2}

E₁: coeficiente equivalente con el uso de 1 buje

E₂: coeficiente equivalente con el uso de 2 bujes en estrecho contacto

Tabla 1-21 Meza Deslizante tipo NVT

número de parte	coeficiente equivalente		
	Ep	Ey	Er
NVT2035	1.50×10^{-1}	1.73×10^{-1}	1.11×10^{-1}
NVT2050	1.61×10^{-1}	1.63×10^{-1}	1.45×10^{-1}
NVT2065	1.24×10^{-1}	1.28×10^{-1}	1.31×10^{-1}
NVT2080	1.15×10^{-1}	1.13×10^{-1}	1.53×10^{-1}
NVT2095	9.51×10^{-2}	9.56×10^{-2}	1.43×10^{-1}
NVT2110	8.80×10^{-2}	8.62×10^{-2}	1.57×10^{-1}
NVT2125	8.21×10^{-2}	7.87×10^{-2}	1.69×10^{-1}
NVT2140	7.12×10^{-2}	6.94×10^{-2}	1.58×10^{-1}
NVT2155	6.48×10^{-2}	6.25×10^{-2}	1.68×10^{-1}
NVT2170	6.10×10^{-2}	5.80×10^{-2}	1.75×10^{-1}
NVT2185	5.77×10^{-2}	5.42×10^{-2}	1.82×10^{-1}
NVT3055	6.06×10^{-1}	2.37×10^{-1}	3.80×10^{-1}
NVT3080	9.90×10^{-2}	1.03×10^{-1}	9.02×10^{-2}
NVT3105	9.04×10^{-2}	8.91×10^{-2}	1.09×10^{-1}
NVT3130	8.78×10^{-2}	7.79×10^{-2}	1.49×10^{-1}
NVT3155	5.74×10^{-2}	5.67×10^{-2}	1.03×10^{-1}
NVT3180	5.36×10^{-2}	5.18×10^{-2}	1.11×10^{-1}
NVT3205	5.05×10^{-2}	4.78×10^{-2}	1.20×10^{-1}
NVT3230	4.45×10^{-2}	4.28×10^{-2}	1.12×10^{-1}
NVT4085	1.04×10^{-1}	1.09×10^{-1}	6.28×10^{-2}
NVT4125	1.01×10^{-1}	8.98×10^{-2}	1.01×10^{-1}
NVT4165	6.24×10^{-2}	6.09×10^{-2}	7.39×10^{-2}
NVT4205	4.41×10^{-2}	4.41×10^{-2}	6.50×10^{-2}
NVT4245	4.15×10^{-2}	4.00×10^{-2}	7.79×10^{-2}
NVT4285	3.37×10^{-2}	3.30×10^{-2}	6.97×10^{-2}
NVT6110	1.74×10^{-1}	1.24×10^{-1}	1.09×10^{-1}
NVT6160	6.01×10^{-2}	6.08×10^{-2}	5.66×10^{-2}
NVT6210	4.81×10^{-2}	4.74×10^{-2}	6.63×10^{-2}
NVT6260	4.21×10^{-2}	4.06×10^{-2}	6.84×10^{-2}
NVT6310	2.95×10^{-2}	2.98×10^{-2}	5.28×10^{-2}
NVT6360	2.69×10^{-2}	2.69×10^{-2}	5.52×10^{-2}
NVT6410	2.52×10^{-2}	2.45×10^{-2}	6.37×10^{-2}
NVT9210	7.50×10^{-2}	6.04×10^{-2}	5.65×10^{-2}
NVT9310	3.26×10^{-2}	3.24×10^{-2}	4.00×10^{-2}
NVT9410	2.35×10^{-2}	2.34×10^{-2}	3.84×10^{-2}
NVT9510	1.82×10^{-2}	1.83×10^{-2}	3.34×10^{-2}

Ep: Mp coeficiente equivalente Ey: My coeficiente equivalente
Er: Mr coeficiente equivalente

Tabla 1-22 Meza Deslizante tipo SVT (1)

número de parte	coeficiente equivalente		
	Ep	Ey	Er
SVT1025	2.67×10^{-1}	3.25×10^{-1}	1.48×10^{-1}
SVT1035	3.10×10^{-1}	2.73×10^{-1}	1.48×10^{-1}
SVT1045	1.71×10^{-1}	1.87×10^{-1}	1.48×10^{-1}
SVT1055	1.51×10^{-1}	1.63×10^{-1}	1.48×10^{-1}
SVT1065	1.35×10^{-1}	1.44×10^{-1}	1.48×10^{-1}
SVT1075	1.11×10^{-1}	1.17×10^{-1}	1.48×10^{-1}
SVT1085	1.02×10^{-1}	1.07×10^{-1}	1.48×10^{-1}
SVT2035	1.67×10^{-1}	2.03×10^{-1}	1.11×10^{-1}
SVT2050	1.45×10^{-1}	1.64×10^{-1}	1.11×10^{-1}
SVT2065	1.22×10^{-1}	1.37×10^{-1}	1.11×10^{-1}
SVT2080	1.28×10^{-1}	1.19×10^{-1}	1.11×10^{-1}
SVT2095	1.10×10^{-1}	1.03×10^{-1}	1.11×10^{-1}
SVT2110	7.61×10^{-2}	8.08×10^{-2}	1.11×10^{-1}
SVT2125	6.94×10^{-2}	7.33×10^{-2}	1.11×10^{-1}
SVT2140	7.01×10^{-2}	6.73×10^{-2}	1.11×10^{-1}
SVT2155	6.43×10^{-2}	6.19×10^{-2}	1.11×10^{-1}
SVT2170	5.12×10^{-2}	5.33×10^{-2}	1.11×10^{-1}
SVT2185	4.81×10^{-2}	4.99×10^{-2}	1.11×10^{-1}
SVT3055	2.00×10^{-1}	1.75×10^{-1}	7.14×10^{-2}
SVT3080	1.22×10^{-1}	1.12×10^{-1}	7.14×10^{-2}
SVT3105	7.53×10^{-2}	8.14×10^{-2}	7.14×10^{-2}
SVT3130	6.08×10^{-2}	6.47×10^{-2}	7.14×10^{-2}
SVT3155	6.17×10^{-2}	5.89×10^{-2}	7.14×10^{-2}
SVT3180	5.15×10^{-2}	4.96×10^{-2}	7.14×10^{-2}
SVT3205	4.75×10^{-2}	4.59×10^{-2}	7.14×10^{-2}
SVT3230	3.85×10^{-2}	3.99×10^{-2}	7.14×10^{-2}
SVT3255	3.87×10^{-2}	3.76×10^{-2}	7.14×10^{-2}
SVT3280	3.64×10^{-2}	3.54×10^{-2}	7.14×10^{-2}

Ep: Mp coeficiente equivalente Ey: My coeficiente equivalente
Er: Mr coeficiente equivalente

Tabla 1-23 Meza Deslizante tipo SVT (2)

número de parte	coeficiente equivalente		
	Ep	Ey	Er
SVT3305	3.09×10^{-2}	3.18×10^{-2}	7.14×10^{-2}
SVT4085	8.29×10^{-2}	9.38×10^{-2}	5.00×10^{-2}
SVT4125	6.11×10^{-2}	6.67×10^{-2}	5.00×10^{-2}
SVT4165	6.27×10^{-2}	5.88×10^{-2}	5.00×10^{-2}
SVT4205	4.89×10^{-2}	4.65×10^{-2}	5.00×10^{-2}
SVT4245	4.01×10^{-2}	3.85×10^{-2}	5.00×10^{-2}
SVT4285	3.39×10^{-2}	3.28×10^{-2}	5.00×10^{-2}
SVT4325	2.94×10^{-2}	2.86×10^{-2}	5.00×10^{-2}
SVT4365	2.60×10^{-2}	2.53×10^{-2}	5.00×10^{-2}
SVT4405	2.20×10^{-2}	2.27×10^{-2}	5.00×10^{-2}
SVT6110	6.83×10^{-2}	7.72×10^{-2}	4.44×10^{-2}
SVT6160	5.03×10^{-2}	5.49×10^{-2}	4.44×10^{-2}
SVT6210	3.97×10^{-2}	4.24×10^{-2}	4.44×10^{-2}
SVT6260	3.27×10^{-2}	3.45×10^{-2}	4.44×10^{-2}
SVT6310	2.78×10^{-2}	2.90×10^{-2}	4.44×10^{-2}
SVT6360	2.79×10^{-2}	2.70×10^{-2}	4.44×10^{-2}
SVT6410	2.42×10^{-2}	2.35×10^{-2}	4.44×10^{-2}
SVT6460	2.14×10^{-2}	2.08×10^{-2}	4.44×10^{-2}
SVT6510	1.92×10^{-2}	1.87×10^{-2}	4.44×10^{-2}
SVT9210	3.50×10^{-2}	3.90×10^{-2}	2.78×10^{-2}
SVT9310	3.14×10^{-2}	2.94×10^{-2}	2.78×10^{-2}
SVT9410	2.41×10^{-2}	2.57×10^{-2}	2.78×10^{-2}
SVT9510	1.98×10^{-2}	2.09×10^{-2}	2.78×10^{-2}
SVT9610	2.00×10^{-2}	1.92×10^{-2}	2.78×10^{-2}
SVT9710	1.70×10^{-2}	1.64×10^{-2}	2.78×10^{-2}
SVT9810	1.37×10^{-2}	1.42×10^{-2}	2.78×10^{-2}
SVT9910	1.22×10^{-2}	1.26×10^{-2}	2.78×10^{-2}
SVT91010	1.10×10^{-2}	1.13×10^{-2}	2.78×10^{-2}

Ep: Mp coeficiente equivalente Ey: My coeficiente equivalente
Er: Mr coeficiente equivalente

Tabla 1-24 Meza Deslizante tipo SYT

número de parte	coeficiente equivalente		
	Ep	Ey	Er
SYT1025	2.67×10^{-1}	3.25×10^{-1}	2.67×10^{-1}
SYT1035	3.10×10^{-1}	2.73×10^{-1}	2.67×10^{-1}
SYT1045	1.71×10^{-1}	1.87×10^{-1}	2.67×10^{-1}
SYT1055	1.51×10^{-1}	1.63×10^{-1}	2.67×10^{-1}
SYT1065	1.35×10^{-1}	1.44×10^{-1}	2.67×10^{-1}
SYT1075	1.11×10^{-1}	1.17×10^{-1}	2.67×10^{-1}
SYT1085	1.02×10^{-1}	1.07×10^{-1}	2.67×10^{-1}
SYT2035	1.67×10^{-1}	2.03×10^{-1}	1.54×10^{-1}
SYT2050	1.45×10^{-1}	1.64×10^{-1}	1.54×10^{-1}
SYT2065	1.22×10^{-1}	1.37×10^{-1}	1.54×10^{-1}
SYT2080	1.28×10^{-1}	1.19×10^{-1}	1.54×10^{-1}
SYT2095	1.10×10^{-1}	1.03×10^{-1}	1.54×10^{-1}
SYT2110	7.61×10^{-2}	8.08×10^{-2}	1.54×10^{-1}
SYT2125	6.94×10^{-2}	7.33×10^{-2}	1.54×10^{-1}
SYT3055	2.00×10^{-1}	1.75×10^{-1}	1.15×10^{-1}
SYT3080	1.22×10^{-1}	1.12×10^{-1}	1.15×10^{-1}
SYT3105	7.53×10^{-2}	8.14×10^{-2}	1.15×10^{-1}
SYT3130	6.08×10^{-2}	6.47×10^{-2}	1.15×10^{-1}
SYT3155	6.17×10^{-2}	5.89×10^{-2}	1.15×10^{-1}
SYT3180	5.15×10^{-2}	4.96×10^{-2}	1.15×10^{-1}
SYT3205	4.75×10^{-2}	4.59×10^{-2}	1.15×10^{-1}

Ep: Mp coeficiente equivalente Ey: My coeficiente equivalente
Er: Mr coeficiente equivalente

Tabla 1-25 Deslizador en Miniatura tipo SYBS

número de parte	coeficiente equivalente		
	Ep	Ey	Er
SYBS 6-13	8.35×10^{-1}	7.01×10^{-1}	8.51×10^{-1}
SYBS 6-21	5.45×10^{-1}	4.57×10^{-1}	8.51×10^{-1}
SYBS 8-11	8.82×10^{-1}	7.40×10^{-1}	5.88×10^{-1}
SYBS 8-21	4.81×10^{-1}	4.04×10^{-1}	5.88×10^{-1}
SYBS 8-31	3.57×10^{-1}	2.99×10^{-1}	5.88×10^{-1}
SYBS12-23	4.31×10^{-1}	3.62×10^{-1}	3.13×10^{-1}
SYBS12-31	3.57×10^{-1}	2.99×10^{-1}	3.13×10^{-1}
SYBS12-46	2.35×10^{-1}	1.97×10^{-1}	3.13×10^{-1}

Ep: Mp coeficiente equivalente Ey: My coeficiente equivalente
Er: Mr coeficiente equivalente

Promedio de Carga Aplicada

La carga aplicada a un sistema lineal generalmente varía con la distancia de viaje en función de como el sistema es operado. Esto incluye el inicio/parada de los procesos de movimiento recíproco y el trabajo en el sistema. La carga promedio aplicada se utiliza para calcular la vida conforme a las condiciones de aplicación reales.

① Cuando la carga varía a manera de paso con la distancia recorrida (Figura 1-7).

ℓ_1 es la distancia recorrida bajo la carga P_1

ℓ_2 es la distancia recorrida bajo la carga P_2

⋮

ℓ_n es la distancia recorrida bajo la carga P_n

El promedio de carga aplicada P_m se obtiene por medio de la siguiente ecuación.

$$P_m = \sqrt[3]{\frac{1}{\ell} (P_1^3 \ell_1 + P_2^3 \ell_2 \cdots + P_n^3 \ell_n)} \cdots (10)$$

P_m : promedio de carga aplicada (N)

ℓ : distancia recorrida total (m)

② Cuando la carga aplicada varía linealmente con la distancia recorrida (Figura 1-8), la carga promedio aplicada P_m es aproximada por la siguiente ecuación.

$$P_m \doteq \frac{1}{3} (P_{\min} + 2P_{\max}) \cdots \cdots \cdots (11)$$

P_{\min} : carga aplicada mínima (N)

P_{\max} : carga aplicada máxima (N)

③ Cuando la carga aplicada dibuja una curva de seno como lo muestran las Figuras 1-9 (a) y (b), el promedio de la carga aplicada P_m es aproximado por la siguiente ecuación.

Figura 1-9 (a) $P_m \doteq 0.65P_{\max} \cdots \cdots \cdots (12)$

Figura 1-9 (b) $P_m \doteq 0.75P_{\max} \cdots \cdots \cdots (13)$

Figura 1-7 Carga Aplicada Varía Paso a Paso

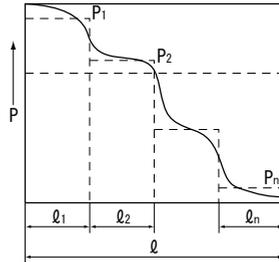


Figura 1-8 Carga Aplicada Varía Linealmente

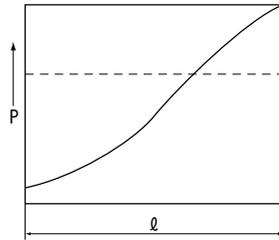
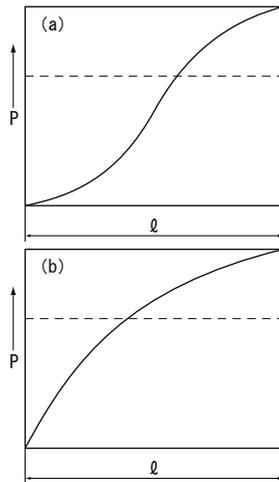


Figura 1-9 Carga Aplicada Varía Curva de Seno



CALCULO DE VIDA NOMINAL EJEMPLO 1

2 Ejes Horizontales, 2 Bloques cada uno, Considerando Aceleración/Desaceleración

Condiciones de Funcionamiento

número de parte: SGL15F/E
 capacidad de carga dinámica $C=7.29\text{kN}$
 capacidad de carga estática $C_0=9.46\text{kN}$

distancia del bloque guía: $L_{\text{unit}}=100\text{mm}$

distancia del riel guía: $L_{\text{rail}}=100\text{mm}$

unidad: $Y_d=10\text{mm}$

$Z_d=-10\text{mm}$

peso: $m_1=30\text{kg}$ $X_1=15\text{mm}$
 $Y_1=-20\text{mm}$

$m_2=15\text{kg}$ $Z_1=20\text{mm}$
 $X_2=80\text{mm}$
 $Y_2=50\text{mm}$
 $Z_2=100\text{mm}$

velocidad: $V_{\text{max}}=200\text{mm/s}$

tiempo: $t_1=0.2\text{s}$

$t_2=3.3\text{s}$

$t_3=0.2\text{s}$

aceleración: $a_1=1.0\text{m/s}^2$
 $a_3=1.0\text{m/s}^2$

carrera: $L_s=700\text{mm}$

número de ciclos por minuto: $n_1=8\text{cpm}$

Figura 1-10

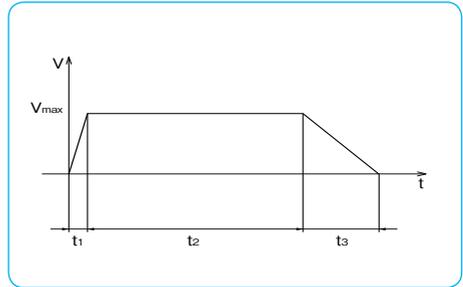
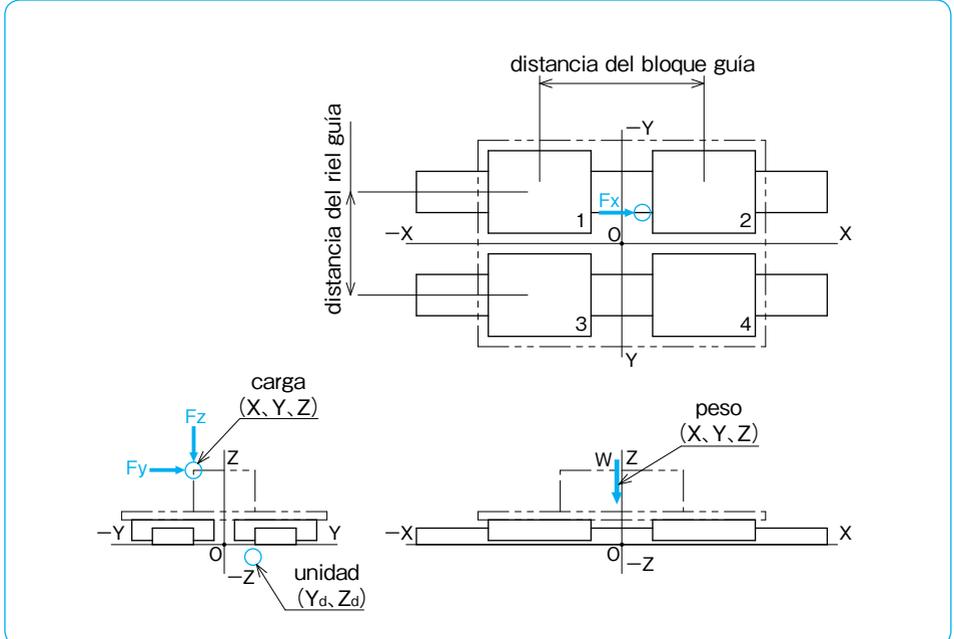


Figura 1-11



① Cálculo de Momento Aplicado a la Unidad

<aceleración>

ajuste de paso $Ma_1 = m \cdot g \cdot X_m - m \cdot a_1 \cdot (Z_m - Z_d)$

$$Ma_1 = 30 \times 9.8 \times (15) - 30 \times 1 \times \{(20) - (30)\} + 15 \times 9.8 \times (80) - 15 \times 1 \times \{(100) - (30)\} = 15431 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

desviación en eje vertical $Ma_2 = -m \cdot a_1 \cdot (Y_m - Y_d)$

$$Ma_2 = -30 \times 1 \times \{(-20) - (10)\} - 15 \times 1 \times \{(50) - (10)\} = 300 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

rodamiento $Ma_3 = m \cdot g \cdot Y_m$

$$Ma_3 = 30 \times 9.8 \times (-20) + 15 \times 9.8 \times (50) = 1471 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

<constante>

ajuste de paso $M_1 = m \cdot g \cdot X_m$

$$M_1 = 30 \times 9.8 \times (15) + 15 \times 9.8 \times (80) = 16181 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

desviación en eje vertical $M_2 = 0$

rodamiento $M_3 = m \cdot g \cdot Y_m$

$$M_3 = 30 \times 9.8 \times (-20) + 15 \times 9.8 \times (50) = 1471 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

<desaceleración>

ajuste de paso $Md_1 = m \cdot g \cdot X_m + m \cdot a_3 \cdot (Z_m - Z_d)$

$$Md_1 = 30 \times 9.8 \times (15) + 30 \times 1 \times \{(20) - (30)\} + 15 \times 9.8 \times (80) + 15 \times 1 \times \{(100) - (30)\} = 16931 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

desviación en eje vertical $Md_2 = m \cdot a_3 \cdot (Y_m - Y_d)$

$$Md_2 = 30 \times 1 \times \{(-20) - (10)\} + 15 \times 1 \times \{(50) - (10)\} = -300 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

rodamiento $Md_3 = m \cdot g \cdot Y_m$

$$Md_3 = 30 \times 9.8 \times (-20) + 15 \times 9.8 \times (50) = 1471 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

② Cálculo de la Carga Aplicada al Bloque Guía

<aceleración>

Bloque 1

dirección vertical $F_{ra1} = \frac{m \cdot g}{4} - \frac{Ma_1}{2 \cdot L_{\text{unidad}}} + \frac{Ma_3}{2 \cdot L_{\text{riel}}}$

$$F_{ra1} = \frac{30 \times 9.8}{4} + \frac{15 \times 9.8}{4} - \frac{15431}{2 \times 100} + \frac{1471}{2 \times 100} = 40.5 \text{ N}$$

dirección horizontal $F_{sa1} = \frac{Ma_2}{2 \cdot L_{\text{unidad}}}$

$$F_{sa1} = \frac{300}{2 \times 100} = 1.5 \text{ N}$$

Bloque 2

dirección vertical $F_{ra2} = \frac{m \cdot g}{4} + \frac{Ma_1}{2 \cdot L_{\text{unidad}}} + \frac{Ma_3}{2 \cdot L_{\text{riel}}}$

$$F_{ra2} = \frac{30 \times 9.8}{4} + \frac{15 \times 9.8}{4} + \frac{15431}{2 \times 100} + \frac{1471}{2 \times 100} = 194.8 \text{ N}$$

dirección horizontal $F_{sa2} = -\frac{Ma_2}{2 \cdot L_{\text{unidad}}}$

$$F_{sa2} = -\frac{300}{2 \times 100} = -1.5 \text{ N}$$

Bloque 3

$$\text{dirección vertical } F_{ra3} = \frac{m \cdot g}{4} - \frac{M a_1}{2 \cdot L_{\text{unidad}}} - \frac{M a_3}{2 \cdot L_{\text{riel}}}$$

$$F_{ra3} = \frac{30 \times 9.8}{4} + \frac{15 \times 9.8}{4} - \frac{15431}{2 \times 100} - \frac{1471}{2 \times 100} = 25.8 \text{ N}$$

$$\text{dirección horizontal } F_{sa3} = \frac{M a_2}{2 \cdot L_{\text{unidad}}}$$

$$F_{sa3} = \frac{300}{2 \times 100} = 1.5 \text{ N}$$

Bloque 4

$$\text{dirección vertical } F_{ra4} = \frac{m \cdot g}{4} + \frac{M a_1}{2 \cdot L_{\text{unidad}}} - \frac{M a_3}{2 \cdot L_{\text{riel}}}$$

$$F_{ra4} = \frac{30 \times 9.8}{4} + \frac{15 \times 9.8}{4} + \frac{15431}{2 \times 100} - \frac{1471}{2 \times 100} = 180.1 \text{ N}$$

$$\text{dirección horizontal } F_{sa4} = - \frac{M a_2}{2 \cdot L_{\text{unidad}}}$$

$$F_{sa4} = - \frac{300}{2 \times 100} = -1.5 \text{ N}$$

<constante>

Bloque 1

$$\text{dirección vertical } F_{r1} = \frac{m \cdot g}{4} - \frac{M_1}{2 \cdot L_{\text{unidad}}} + \frac{M_3}{2 \cdot L_{\text{riel}}}$$

$$F_{r1} = \frac{30 \times 9.8}{4} + \frac{15 \times 9.8}{4} - \frac{16181}{2 \times 100} + \frac{1471}{2 \times 100} = 36.8 \text{ N}$$

$$\text{dirección horizontal } F_{s1} = \frac{M_2}{2 \cdot L_{\text{unidad}}}$$

Bloque 2

$$\text{dirección vertical } F_{r2} = \frac{m \cdot g}{4} + \frac{M_1}{2 \cdot L_{\text{unidad}}} + \frac{M_3}{2 \cdot L_{\text{riel}}}$$

$$F_{r2} = \frac{30 \times 9.8}{4} + \frac{15 \times 9.8}{4} + \frac{16181}{2 \times 100} + \frac{1471}{2 \times 100} = 198.6 \text{ N}$$

$$\text{dirección horizontal } F_{s2} = - \frac{M_2}{2 \cdot L_{\text{unidad}}}$$

Bloque 3

$$\text{dirección vertical } F_{r3} = \frac{m \cdot g}{4} - \frac{M_1}{2 \cdot L_{\text{unidad}}} - \frac{M_3}{2 \cdot L_{\text{riel}}}$$

$$F_{r3} = \frac{30 \times 9.8}{4} + \frac{15 \times 9.8}{4} - \frac{16181}{2 \times 100} - \frac{1471}{2 \times 100} = 22.1 \text{ N}$$

$$\text{dirección horizontal } F_{s3} = \frac{M_2}{2 \cdot L_{\text{unidad}}}$$

Bloque 4

$$\text{dirección vertical } F_{r4} = \frac{m \cdot g}{4} + \frac{M_1}{2 \cdot L_{\text{unidad}}} - \frac{M_3}{2 \cdot L_{\text{riel}}}$$

$$F_{r4} = \frac{30 \times 9.8}{4} + \frac{15 \times 9.8}{4} + \frac{16181}{2 \times 100} - \frac{1471}{2 \times 100} = 183.9 \text{ N}$$

$$\text{dirección horizontal } F_{s4} = - \frac{M_2}{2 \cdot L_{\text{unidad}}}$$

(desaceleración)

Bloque 1

$$\begin{aligned} \text{dirección} & \\ \text{vertical} & \quad \mathbf{Frd}_1 = \frac{m \cdot g}{4} - \frac{Md_1}{2 \cdot L_{\text{unidad}}} + \frac{Md_3}{2 \cdot L_{\text{riel}}} \\ \mathbf{Frd}_1 & = \frac{30 \times 9.8}{4} + \frac{15 \times 9.8}{4} - \frac{16931}{2 \times 100} + \frac{1471}{2 \times 100} = 33.0\text{N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{dirección} & \\ \text{horizontal} & \quad \mathbf{Fsd}_1 = \frac{Md_2}{2 \cdot L_{\text{unidad}}} \\ \mathbf{Fsd}_1 & = \frac{-300}{2 \times 100} = -1.5\text{N} \end{aligned}$$

Bloque 2

$$\begin{aligned} \text{dirección} & \\ \text{vertical} & \quad \mathbf{Frd}_2 = \frac{m \cdot g}{4} + \frac{Md_1}{2 \cdot L_{\text{unidad}}} + \frac{Md_3}{2 \cdot L_{\text{riel}}} \\ \mathbf{Frd}_2 & = \frac{30 \times 9.8}{4} + \frac{15 \times 9.8}{4} + \frac{16931}{2 \times 100} + \frac{1471}{2 \times 100} = 202.3\text{N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{dirección} & \\ \text{horizontal} & \quad \mathbf{Fsd}_2 = -\frac{Md_2}{2 \cdot L_{\text{unidad}}} \\ \mathbf{Fsd}_2 & = -\frac{-300}{2 \times 100} = 1.5\text{N} \end{aligned}$$

Bloque 3

$$\begin{aligned} \text{dirección} & \\ \text{vertical} & \quad \mathbf{Frd}_3 = \frac{m \cdot g}{4} - \frac{Md_1}{2 \cdot L_{\text{unidad}}} - \frac{Md_3}{2 \cdot L_{\text{riel}}} \\ \mathbf{Frd}_3 & = \frac{30 \times 9.8}{4} + \frac{15 \times 9.8}{4} - \frac{16931}{2 \times 100} - \frac{1471}{2 \times 100} = 18.3\text{N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{dirección} & \\ \text{horizontal} & \quad \mathbf{Fsd}_3 = \frac{Md_2}{2 \cdot L_{\text{unidad}}} \\ \mathbf{Fsd}_3 & = \frac{-300}{2 \times 100} = -1.5\text{N} \end{aligned}$$

Bloque 4

$$\begin{aligned} \text{dirección} & \\ \text{vertical} & \quad \mathbf{Frd}_4 = \frac{m \cdot g}{4} + \frac{Md_1}{2 \cdot L_{\text{unidad}}} - \frac{Md_3}{2 \cdot L_{\text{riel}}} \\ \mathbf{Frd}_4 & = \frac{30 \times 9.8}{4} + \frac{15 \times 9.8}{4} + \frac{16931}{2 \times 100} - \frac{1471}{2 \times 100} = 187.6\text{N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{dirección} & \\ \text{horizontal} & \quad \mathbf{Fsd}_4 = -\frac{Md_2}{2 \cdot L_{\text{unidad}}} \\ \mathbf{Fsd}_4 & = -\frac{-300}{2 \times 100} = 1.5\text{N} \end{aligned}$$

③ Cálculo de Carga Equivalente

©Pr en la dirección vertical y Ps en la dirección horizontal son calculadas mediante la siguiente ecuación.

$$\mathbf{Pr} = |\mathbf{Fr}|$$

$$\mathbf{Ps} = |\mathbf{k} \cdot \mathbf{Fs}|$$

k=1 para la guía SGL

Tabla 1-26

	aceleración	constante	desaceleración
bloque 1	Pra ₁ = 40.5	Pr ₁ = 36.8	Prd ₁ = 33.0
	Psa ₁ = 1.5	Ps ₁ = 0	Psd ₁ = 1.5
bloque 2	Pra ₂ = 194.8	Pr ₂ = 198.6	Prd ₂ = 202.3
	Psa ₂ = 1.5	Ps ₂ = 0	Psd ₂ = 1.5
bloque 3	Pra ₃ = 25.8	Pr ₃ = 22.1	Prd ₃ = 18.3
	Psa ₃ = 1.5	Ps ₃ = 0	Psd ₃ = 1.5
bloque 4	Pra ₄ = 180.1	Pr ₄ = 183.9	Prd ₄ = 187.6
	Psa ₄ = 1.5	Ps ₄ = 0	Psd ₄ = 1.5

©Ecuación para la Carga Dinámica Equivalente

$$P = Pr + Ps$$

$Pa_1 = Pra_1 + Psa_1 = 40.5 + 1.5 = 42.0$ (N)
calculando en la misma manera

Tabla 1-27

	aceleración	constante	desaceleración
bloque 1	$Pa_1 = 42.0$	$P_1 = 36.8$	$Pd_1 = 34.5$
bloque 2	$Pa_2 = 196.3$	$P_2 = 198.6$	$Pd_2 = 203.8$
bloque 3	$Pa_3 = 27.3$	$P_3 = 22.1$	$Pd_3 = 19.8$
bloque 4	$Pa_4 = 181.6$	$P_4 = 183.9$	$Pd_4 = 189.1$

©Calculando el Promedio de Carga Equivalente

$$P_m = \sqrt[3]{\frac{1}{L_s} \times \left\{ (Pa^3 \times \frac{V_{max} \times t_1}{2}) + (P^3 \times V_{max} \times t_2) + (Pd^3 \times \frac{V_{max} \times t_3}{2}) \right\}}$$

$$P_{m1} = \sqrt[3]{\frac{1}{700} \times \left\{ (42.0^3 \times \frac{200 \times 0.2}{2}) + (36.8^3 \times 200 \times 3.3) + (34.5^3 \times \frac{200 \times 0.2}{2}) \right\}} = 36.9 \text{ (N)}$$

$$P_{m2} = \sqrt[3]{\frac{1}{700} \times \left\{ (196.3^3 \times \frac{200 \times 0.2}{2}) + (198.6^3 \times 200 \times 3.3) + (203.8^3 \times \frac{200 \times 0.2}{2}) \right\}} = 198.7 \text{ (N)}$$

$$P_{m3} = \sqrt[3]{\frac{1}{700} \times \left\{ (27.3^3 \times \frac{200 \times 0.2}{2}) + (22.1^3 \times 200 \times 3.3) + (19.8^3 \times \frac{200 \times 0.2}{2}) \right\}} = 22.2 \text{ (N)}$$

$$P_{m4} = \sqrt[3]{\frac{1}{700} \times \left\{ (181.6^3 \times \frac{200 \times 0.2}{2}) + (183.9^3 \times 200 \times 3.3) + (189.1^3 \times \frac{200 \times 0.2}{2}) \right\}} = 184.0 \text{ (N)}$$

④ Calculando la Vida Nominal

Decida cada coeficiente

- coeficiente de dureza $f_H = 1$ para la dureza de la guía es $\geq 58\text{HRC}$ o más
- coeficiente de temperatura $f_T = 1$ temperatura de operación por debajo de 100°C (80°C es la máxima para la guía SGL)
- coeficiente de contacto $f_C = 1$ para bloques no están en estrecho contacto
- coeficiente de carga aplicada $f_W = 1.5$ for $V_{max} = 200\text{mm/s}$

©Calculando la Vida Nominal

Selección del Bloque 2 que lleva la máxima carga dinámica equivalente

$$L = \left(\frac{f_H \times f_T \times f_C}{f_W} \times \frac{C}{P_m} \right)^3 \times 50$$

$$L = \left(\frac{1 \times 1 \times 1}{1.5} \times \frac{7290}{198.7} \right)^3 \times 50 = 731619 \text{ (km)}$$

©Calculando el Tiempo de Vida

$$L_h = \frac{L \times 10^3}{2 \times l_s \times n_1 \times 60}$$

$$L_h = \frac{731619 \times 10^3}{2 \times 0.7 \times 8 \times 60} = 1088719 \text{ (hora)}$$

⑤ Calculando Factor de Seguridad Estático

©Ecuación para la Carga Estática Equivalente

$$P_o = P_r + P_s$$

$P_{o1} = P_{r1} + P_{s1} = 40.5 + 1.5 = 42.0$ (N)
calculando en la misma manera

Tabla 1-28

	aceleración	constante	desaceleración
bloque 1	$P_{o1} = 42.0$	$P_{01} = 36.8$	$Pod_1 = 34.5$
bloque 2	$P_{o2} = 196.3$	$P_{02} = 198.6$	$Pod_2 = 203.8$
bloque 3	$P_{o3} = 27.3$	$P_{03} = 22.1$	$Pod_3 = 19.8$
bloque 4	$P_{o4} = 181.6$	$P_{04} = 183.9$	$Pod_4 = 189.1$

Selección del Bloque 2 que lleva la máxima carga estática equivalente

$$f_s = \frac{C_o}{P_o}$$

$$f_s = \frac{C_o}{P_{o1}} = \frac{9400}{203.8} = 46$$

CALCULO DE VIDA NOMINAL EJEMPLO 2

1 Eje Horizontal, 2 Bloques, Considerando Aceleración/Desaceleración

Condiciones de Funcionamiento

número de parte: SEB9A

capacidad de carga dinámica $C=1.92\text{kN}$

capacidad de carga estática $C_0=2.53\text{kN}$

distancia del bloque guía: $L_{\text{unit}}=70\text{mm}$

unidad: $Y_d=30\text{mm}$

$Z_d=-10\text{mm}$

peso: $m_1=5\text{kg}$ $X_1=0\text{mm}$

$Y_1=0\text{mm}$

$Z_1=10\text{mm}$

$m_2=20\text{kg}$ $X_2=-20\text{mm}$

$Y_2=-10\text{mm}$

$Z_2=20\text{mm}$

velocidad: $V_{\text{max}}=150\text{mm/s}$

tiempo: $t_1=0.1\text{s}$

$t_2=1.9\text{s}$

$t_3=0.1\text{s}$

aceleración: $a_1=1.5\text{m/s}^2$

$a_3=1.5\text{m/s}^2$

carrera: $L_s=300\text{mm}$

número de ciclos por minuto: $n_1=14\text{cpm}$

Figura 1-12

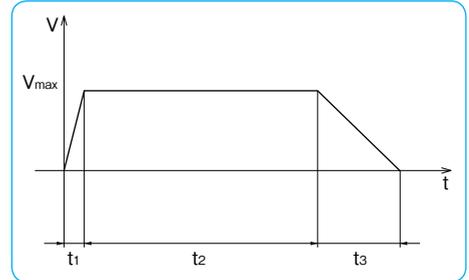
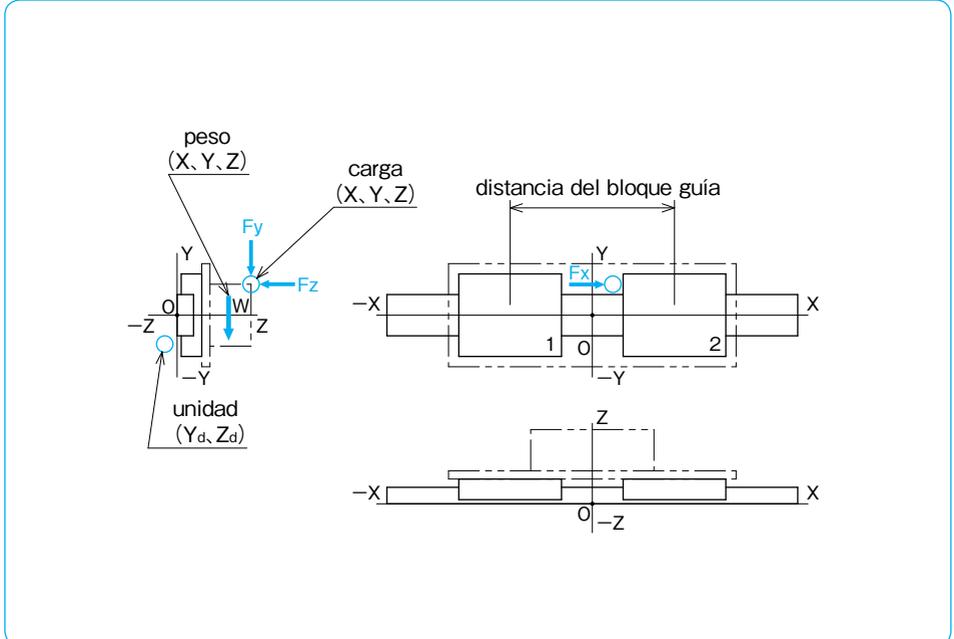


Figura 1-13



① Calculando el Momento Aplicado a la Unidad

<aceleración>

ajuste de paso $M_{a1} = m \cdot g \cdot X_m - m \cdot a_1 \cdot (Z_m - Z_d)$

$$M_{a1} = 5 \times 9.8 \times (0) - 5 \times 1.5 \times \{(10) - (-5)\} + 20 \times 9.8 \times (-20) - 20 \times 1.5 \times \{(20) - (-5)\} = -4785 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

desviación en eje vertical $M_{a2} = -m \cdot a_1 \cdot (Y_m - Y_d)$

$$M_{a2} = -5 \times 1.5 \times \{(0) - (30)\} - 20 \times 1.5 \times \{(-10) - (30)\} = 1425 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

rodamiento $M_{a3} = m \cdot g \cdot Y_m$

$$M_{a3} = 5 \times 9.8 \times (0) + 20 \times 9.8 \times (-10) = -1961 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

<constante>

ajuste de paso $M_1 = m \cdot g \cdot X_m$

$$M_1 = 5 \times 9.8 \times (0) + 20 \times 9.8 \times (-20) = -3923 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

desviación en eje vertical $M_2 = 0$

$$M_2 = 0 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

rodamiento $M_3 = m \cdot g \cdot Y_m$

$$M_3 = 5 \times 9.8 \times (0) + 20 \times 9.8 \times (-10) = -1961 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

<desaceleración>

ajuste de paso $M_{d1} = m \cdot g \cdot X_m + m \cdot a_3 \cdot (Z_m - Z_d)$

$$M_{d1} = 5 \times 9.8 \times (0) + 5 \times 1.5 \times \{(10) - (-5)\} + 20 \times 9.8 \times (-20) + 20 \times 1.5 \times \{(20) - (-5)\} = -3060 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

desviación en eje vertical $M_{d2} = m \cdot a_3 \cdot (Y_m - Y_d)$

$$M_{d2} = 5 \times 1.5 \times \{(0) - (30)\} + 20 \times 1.5 \times \{(-10) - (30)\} = -1425 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

rodamiento $M_{d3} = m \cdot g \cdot Y_m$

$$M_{d3} = 5 \times 9.8 \times (0) + 20 \times 9.8 \times (-10) = -1961 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

② Calculando la Carga Aplicada al Bloque Guía

(aceleración)

Bloque 1

dirección vertical
$$F_{ra1} = \frac{m \cdot g}{2} - \frac{Ma_1}{L_{unidad}}$$

$$F_{ra1} = \frac{5 \times 9.8}{2} + \frac{20 \times 9.8}{2} - \frac{-4785}{70} = 190.9 \text{ N}$$

dirección horizontal
$$F_{sa1} = \frac{Ma_2}{L_{unidad}}$$

$$F_{sa1} = \frac{1425}{70} = 20.4 \text{ N}$$

momento giratorio
$$M_{ra1} = \frac{Ma_3}{2}$$

$$M_{ra1} = \frac{-1961}{2} = -981 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Bloque 2

dirección vertical
$$F_{ra2} = \frac{m \cdot g}{2} + \frac{Ma_1}{L_{unidad}}$$

$$F_{ra2} = \frac{5 \times 9.8}{2} + \frac{20 \times 9.8}{2} + \frac{-4785}{70} = 54.2 \text{ N}$$

dirección horizontal
$$F_{sa2} = \frac{Ma_2}{L_{unidad}}$$

$$F_{sa2} = \frac{-1425}{70} = -20.4 \text{ N}$$

momento giratorio
$$M_{ra2} = \frac{Ma_3}{2}$$

$$M_{ra2} = \frac{-1961}{2} = -981 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

(constante)

Bloque 1

dirección vertical
$$F_{r1} = \frac{m \cdot g}{2} - \frac{M_1}{L_{unidad}}$$

$$F_{r1} = \frac{5 \times 9.8}{2} + \frac{20 \times 9.8}{2} - \frac{-3923}{70} = 178.6 \text{ N}$$

dirección horizontal
$$F_{s1} = \frac{M_2}{L_{unidad}}$$

momento giratorio
$$M_{r1} = \frac{M_3}{2}$$

$$M_{r1} = \frac{-1961}{2} = -981 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Bloque 2

dirección vertical
$$F_{r2} = \frac{m \cdot g}{2} + \frac{M_1}{L_{unidad}}$$

$$F_{r2} = \frac{5 \times 9.8}{2} + \frac{20 \times 9.8}{2} + \frac{-3923}{70} = 66.5 \text{ N}$$

dirección horizontal
$$F_{s2} = -\frac{M_2}{L_{unidad}}$$

momento giratorio
$$M_{r2} = \frac{M_3}{2}$$

$$M_{r2} = \frac{-1961}{2} = -981 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

<desaceleración>

Bloque 1

dirección vertical $F_{rd1} = \frac{m \cdot g}{2} - \frac{Md_1}{L_{unidad}}$

$$F_{rd1} = \frac{5 \times 9.8}{2} + \frac{20 \times 9.8}{2} - \frac{-3060}{70} = 166.3 \text{ N}$$

dirección horizontal $F_{sd1} = \frac{Md_2}{L_{unidad}}$

$$F_{sd1} = \frac{-1425}{70} = -20.4 \text{ N}$$

momento giratorio $M_{rd1} = \frac{Md_3}{2}$

$$M_{rd1} = \frac{-1961}{2} = -981 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Bloque 2

dirección vertical $F_{rd2} = \frac{m \cdot g}{2} + \frac{Md_1}{L_{unidad}}$

$$F_{rd2} = \frac{5 \times 9.8}{2} + \frac{20 \times 9.8}{2} + \frac{-3060}{70} = 78.9 \text{ N}$$

dirección horizontal $F_{sd2} = -\frac{Md_2}{L_{unidad}}$

$$F_{sd2} = -\frac{-1425}{70} = 20.4 \text{ N}$$

momento giratorio $M_{rd2} = \frac{Md_3}{2}$

$$M_{rd2} = \frac{-1961}{2} = -981 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

③ Calculando la Carga Equivalente

© Pr en la dirección vertical y Ps en la dirección horizontal son calculadas por la siguiente ecuación.

$$Pr = |Fr| + |Er \cdot Mr|$$

$$Ps = |k \cdot Fs|$$

$Er = 0.220$ for SEB9A

$k = 0.84$ para la guía SEB-A

$$Pra_1 = |Fra_1| + |Er \cdot Mra_1| = |190.9| + |0.220 \times (-981)| = 406.7 \text{ (N)}$$

calculando en la misma manera

Tabla 1-29

	aceleración	constante	desaceleración
bloque 1	$Pra_1 = 406.7$	$Pr_1 = 394.4$	$Prd_1 = 382.1$
	$Psa_1 = 17.1$	$Ps_1 = 0$	$Psd_1 = 17.1$
bloque 2	$Pra_2 = 270.0$	$Pr_2 = 282.3$	$Prd_2 = 294.7$
	$Psa_2 = 17.1$	$Ps_2 = 0$	$Psd_2 = 17.1$

© Ecuación para la Carga Dinámica Equivalente

$$P = Pr + Ps$$

$$Pa_1 = Pra_1 + Psa_1 = 406.7 + 17.1 = 423.8 \text{ (N)}$$

calculando en la misma manera

Tabla 1-30

	aceleración	constante	desaceleración
bloque 1	$Pa_1 = 416.7$	$P_1 = 394.2$	$Pd_1 = 392.1$
bloque 2	$Pa_2 = 280$	$P_2 = 282.1$	$Pd_2 = 304.7$

© Calculando el Promedio de Carga Equivalente

$$Pm = \sqrt[3]{\frac{1}{LS} \times \left\{ (Pa^3 \times \frac{V_{max} \times t_1}{2}) + (P^3 \times V_{max} \times t_2) + (Pd^3 \times \frac{V_{max} \times t_3}{2}) \right\}}$$

$$Pm_1 = \sqrt[3]{\frac{1}{300} \times \left\{ (423.8^3 \times \frac{150 \times 0.1}{2}) + (394.4^3 \times 150 \times 1.9) + (399.2^3 \times \frac{150 \times 0.1}{2}) \right\}} = 395.3 \text{ (N)}$$

$$Pm_2 = \sqrt[3]{\frac{1}{300} \times \left\{ (287.1^3 \times \frac{150 \times 0.1}{2}) + (282.3^3 \times 150 \times 1.9) + (311.8^3 \times \frac{150 \times 0.1}{2}) \right\}} = 283.2 \text{ (N)}$$

④ Calculando la Vida Nominal

Decida cada coeficiente

- coeficiente de dureza $f_H=1$ para la dureza de la guía es 58HRC o más
- coeficiente de temperatura $f_T=1$ temperatura de funcionamiento por debajo de 100°C (80°C es la máxima para la guía SEB-A)
- coeficiente de contacto $f_C=1$ para bloques que no están en estrecho contacto
- coeficiente de carga aplicada $f_W=1.5$ for $V_{max}=150\text{mm/s}$

© Calculando la Vida Nominal

Seleccionando Bloque 1 que lleva la máxima carga dinámica equivalente

$$L = \left(\frac{f_H \times f_T \times f_C}{f_W} \times \frac{C}{P_m} \right)^3 \times 50$$

$$L = \left(\frac{1 \times 1 \times 1}{1.5} \times \frac{1920}{395.3} \right)^3 \times 50 = 1697.5(\text{km})$$

© Calculando el Tiempo de Vida

$$L_h = \frac{L \times 10^3}{2 \times \ell_s \times n_r \times 60}$$

$$L_h = \frac{1697.5 \times 10^3}{2 \times 0.3 \times 14 \times 60} = 3368(\text{hora})$$

⑤ Calculando el Factor de Seguridad Estático

© Ecuación para la Carga Estática Equivalente

$$P_o = P_r + P_s$$

$$P_{o1} = P_{r1} + P_{s1} = 406.7 + 17.1 = 423.8 \text{ (N)}$$

calculando en la misma manera

Tabla 1-31

	aceleración	constante	desaceleración
bloque 1	$P_{o1} = 423.8$	$P_{01} = 394.4$	$Pod_1 = 399.2$
bloque 2	$P_{o2} = 287.1$	$P_{02} = 282.3$	$Pod_2 = 311.8$

Seleccionando Bloque 1 que lleva la máxima carga estática equivalente

$$f_s = \frac{C_o}{P_o}$$

$$f_s = \frac{C_o}{P_{o1}} = \frac{2530}{423.8} = 5.9$$

CALCULO DE VIDA NOMINAL EJEMPLO 3

2 Ejes Verticales, 1 Buje para cada uno, Considerando Aceleración/Desaceleración

Condiciones de Funcionamiento

número de parte: SM30W

capacidad de carga dinámica $C=2.49\text{kN}$

capacidad de carga estática $C_0=5.49\text{kN}$

distancia de eje: $L_{\text{rail}}=80\text{mm}$

unidad: $Y_d=20\text{mm}$

$Z_d=-20\text{mm}$

peso: $m_1=5\text{kg}$ $X_1=0\text{mm}$

$Y_1=0\text{mm}$

$Z_1=30\text{mm}$

$m_2=20\text{kg}$ $X_2=40\text{mm}$

$Y_2=50\text{mm}$

$Z_2=20\text{mm}$

velocidad: $V_{\text{max}}=150\text{mm/s}$

tiempo: $t_1=0.1\text{s}$

$t_2=0.7\text{s}$

$t_3=0.1\text{s}$

aceleración: $a_1=1.5\text{m/s}^2$

$a_3=1.5\text{m/s}^2$

carrera: $L_s=120\text{mm}$

número de ciclos por minuto: $n_1=33\text{cpm}$

Figura 1-14

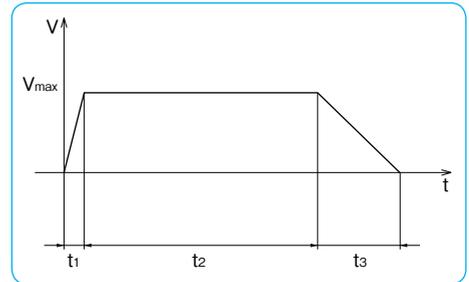
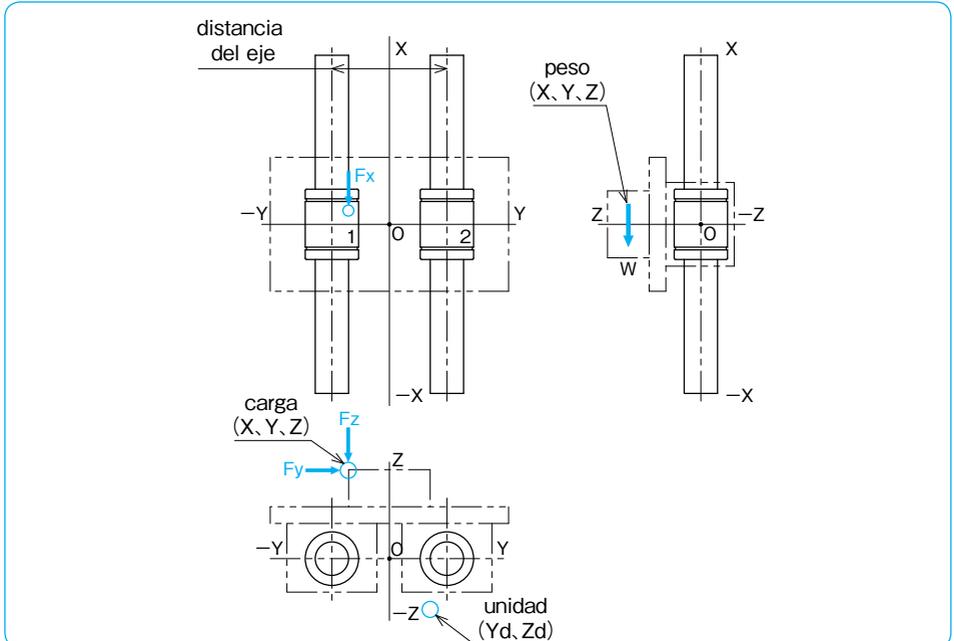


Figura 1-15



① Calculando Momento Aplicado a la Unidad

<aceleración>

ajuste de paso $Ma_1 = m \cdot g \cdot (Z_m - Z_d) + m \cdot a_1 \cdot (Z_m - Z_d)$

$$Ma_1 = 5 \times 9.8 \times \{(30) - (-15)\} + 5 \times 1.5 \times \{(30) - (-15)\} + 20 \times 9.8 \times \{(20) - (-15)\} + 20 \times 1.5 \times \{(20) - (-15)\} = 10459 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

desviación en eje vertical $Ma_2 = m \cdot g \cdot (Y_m - Y_d) + m \cdot a_1 \cdot (Y_m - Y_d)$

$$Ma_2 = 5 \times 9.8 \times \{(0) - (0)\} + 5 \times 1.5 \times \{(0) - (0)\} + 20 \times 9.8 \times \{(50) - (0)\} + 20 \times 1.5 \times \{(50) - (0)\} = 11307 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

rodamiento $Ma_3 = 0$

<constante>

ajuste de paso $M_1 = m \cdot g \cdot (Z_m - Z_d)$

$$M_1 = 5 \times 9.8 \times \{(30) - (-15)\} + 20 \times 9.8 \times \{(20) - (-15)\} = 9071 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

desviación en eje vertical $M_2 = m \cdot g \cdot (Y_m - Y_d)$

$$M_2 = 5 \times 9.8 \times \{(0) - (0)\} + 20 \times 9.8 \times \{(50) - (0)\} = 9807 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

rodamiento $M_3 = 0$

<desaceleración>

ajuste de paso $Md_1 = m \cdot g \cdot (Z_m - Z_d) - m \cdot a_3 \cdot (Z_m - Z_d)$

$$Md_1 = 5 \times 9.8 \times \{(30) - (-15)\} - 5 \times 1.5 \times \{(30) - (-15)\} + 20 \times 9.8 \times \{(20) - (-15)\} - 20 \times 1.5 \times \{(20) - (-15)\} = 7684 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

desviación en eje vertical $Md_2 = m \cdot g \cdot (Y_m - Y_d) - m \cdot a_3 \cdot (Y_m - Y_d)$

$$Md_2 = 5 \times 9.8 \times \{(0) - (0)\} - 5 \times 1.5 \times \{(0) - (0)\} + 20 \times 9.8 \times \{(50) - (0)\} - 20 \times 1.5 \times \{(50) - (0)\} = 8307 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

rodamiento $Md_3 = 0$

② Calculando la Carga Aplicada a un Rodamiento Lineal

<aceleración>

Buje 1

dirección vertical $F_{ra1} = \frac{Ma_3}{L_{riel}}$

dirección horizontal $F_{sa1} = 0$

ajuste de paso $Mpa_1 = \frac{Ma_1}{2}$

$$Mpa_1 = \frac{10459}{2} = 5230 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

desviación en eje vertical $Mya_1 = \frac{Ma_2}{2}$

$$Mya_1 = \frac{11307}{2} = 5654 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Buje 2

dirección vertical $F_{ra2} = \frac{M_{a3}}{2 \cdot L_{rail}}$

dirección horizontal $F_{sa2} = 0$

ajuste de paso $M_{pa2} = \frac{M_{a1}}{2}$

$M_{pa2} = \frac{10459}{2} = 5230 \text{ N} \cdot \text{mm}$

desviación en eje vertical $My_{a2} = \frac{M_{a2}}{2}$

$My_{a2} = \frac{11307}{2} = 5654 \text{ N} \cdot \text{mm}$

<constante>

Buje 1

dirección vertical $F_{r1} = \frac{M_3}{L_{rail}}$

dirección horizontal $F_{s1} = 0$

ajuste de paso $M_{p1} = \frac{M_1}{2}$

$M_{p1} = \frac{9071}{2} = 4536 \text{ N} \cdot \text{mm}$

desviación en eje vertical $My_1 = \frac{M_2}{2}$

$My_1 = \frac{9807}{2} = 4904 \text{ N} \cdot \text{mm}$

Buje 2

dirección vertical $F_{r2} = \frac{M_3}{L_{rail}}$

dirección horizontal $F_{s2} = 0$

ajuste de paso $M_{p2} = \frac{M_1}{2}$

$M_{p2} = \frac{9071}{2} = 4536 \text{ N} \cdot \text{mm}$

desviación en eje vertical $My_2 = \frac{M_2}{2}$

$My_2 = \frac{9807}{2} = 4904 \text{ N} \cdot \text{mm}$

⟨desaceleración⟩

Buje 1

dirección vertical $F_{rd1} = \frac{Md_3}{L_{rail}}$

dirección horizontal $F_{sd1} = 0$

ajuste de paso $M_{pd1} = \frac{Md_1}{2}$

$M_{pd1} = \frac{7684}{2} = 3842 \text{ N} \cdot \text{mm}$

desviación en el eje $M_{yd1} = \frac{Md_2}{2}$

$M_{yd1} = \frac{8307}{2} = 4154 \text{ N} \cdot \text{mm}$

Buje 2

dirección vertical $F_{rd2} = \frac{Md_3}{L_{rail}}$

dirección horizontal $F_{sd2} = 0$

ajuste de paso $M_{pd2} = \frac{Md_1}{2}$

$M_{pd2} = \frac{7684}{2} = 3842 \text{ N} \cdot \text{mm}$

desviación en el eje $M_{yd2} = \frac{Md_2}{2}$

$M_{yd2} = \frac{8307}{2} = 4154 \text{ N} \cdot \text{mm}$

③ Calculating Equivalent Load

© Pr en la dirección vertical y Ps en la dirección horizontal son calculados por las siguientes ecuaciones.

$$Pr = |Fr| + |Ep \cdot Mp|$$

$$Ps = |k \cdot Fs| + |Ey \cdot My|$$

k=1 para Rodamiento Lineal

Tabla 1-32

	aceleración	constante	desaceleración
buje 1	Pr _{a1} =346.7	Pr ₁ =300.7	Pr _{d1} =254.7
	Ps _{a1} =374.9	Ps ₁ =325.1	Ps _{d1} =275.4
buje 2	Pr _{a2} =346.7	Pr ₂ =300.7	Pr _{d2} =254.7
	Ps _{a2} =374.9	Ps ₂ =325.1	Ps _{d2} =275.4

©Ecuación para Carga Dinámica

$$P = Pr + Ps$$

$$Pa_1 = Pr_{a1} + Ps_{a1} = 346.7 + 374.9 = 721.6 \text{ (N)}$$

calculando en la misma manera

Tabla 1-33

	aceleración	constante	desaceleración
buje 1	Pa ₁ =721.6	P ₁ =625.8	Pd ₁ =530.1
buje 2	Pa ₂ =721.6	P ₂ =625.8	Pd ₂ =530.1

©Calculando el Promedio de la Carga Equivalente

$$P_m = \sqrt[3]{\frac{1}{L_s} \times \left\{ (Pa^3 \times \frac{V_{max} \times t_1}{2}) + (P^3 \times V_{max} \times t_2) + (Pd^3 \times \frac{V_{max} \times t_3}{2}) \right\}}$$

$$P_{m1} = \sqrt[3]{\frac{1}{120} \times \left\{ (721.6^3 \times \frac{150 \times 0.1}{2}) + (625.8^3 \times 150 \times 0.7) + (530.1^3 \times \frac{150 \times 0.1}{2}) \right\}} = 620 \text{ (N)}$$

$$P_{m2} = \sqrt[3]{\frac{1}{120} \times \left\{ (721.6^3 \times \frac{150 \times 0.1}{2}) + (625.8^3 \times 150 \times 0.7) + (530.1^3 \times \frac{150 \times 0.1}{2}) \right\}} = 620 \text{ (N)}$$

④ Calculando la Vida Nominal

Decida cada coeficiente

- coeficiente de dureza $f_H=1$ para dureza del buje es 58HRC o más
- coeficiente de temperatura $f_T=1$ temperatura de funcionamiento está por debajo de los 100°C (80°C es la máxima para eje con jaula retenedora en resina)
- coeficiente de contacto $f_C=1$ para ejes que no están en estrecho contacto
- coeficiente de carga aplicada $f_W=1.5$ for $V_{max}=150\text{mm/s}$

©Calculando la Vida Nominal

Seleccionando el Buje 1 que lleva la máxima carga equivalente

$$L = \left(\frac{f_H \times f_T \times f_C}{f_W} \times \frac{C}{P_m} \right)^3 \times 50$$

$$L = \left(\frac{1 \times 1 \times 1}{1.5} \times \frac{2490}{620} \right)^3 \times 50 = 960(\text{km})$$

©Calculando el Tiempo de Vida

$$L_h = \frac{L \times 10^3}{2 \times \ell_s \times n_1 \times 60}$$

$$L_h = \frac{960 \times 10^3}{2 \times 0.120 \times 33 \times 60} = 2020(\text{hora})$$

⑤ Calculando el Factor de Seguridad Estático

©Ecuación de la Carga Estática Equivalente

$$P_0 = P_r + P_s$$

$$P_{0a1} = P_{ra1} + P_{sa1} = 346.7 + 374.82 = 721.52 \text{ (N)}$$

calculando en la misma manera

Tabla 1-34

	aceleración	constante	desaceleración
buje 1	$P_{0a1} = 721.6$	$P_{01} = 625.8$	$P_{0d1} = 530.1$
buje 2	$P_{0a2} = 721.6$	$P_{02} = 625.8$	$P_{0d2} = 530.1$

Seleccionando Buje 1 que lleva la máxima carga estática equivalente

$$f_s = \frac{C_0}{P_0}$$

$$f_s = \frac{C_0}{P_{0a1}} = \frac{5490}{721.6} = 7.6$$

RIGIDEZ Y PRECARGA

Efecto de Precarga y Rigidez

La rigidez de un sistema lineal debe tenerse en cuenta cuando se va a utilizar en dispositivos de posicionamiento de alta precisión o máquinas de alta precisión. Guías de deslizamiento precargadas y bolas de eje nervado, las cuales utilizan bolas como elementos rodantes, están disponibles a pedido para satisfacer la necesidad de una mayor rigidez.

Si una fuerza es aplicada a las bolas sin precarga, una deformación elástica proporcional a la fuerza aplicada a la potencia $2/3$ se dará como resultado. Por lo tanto, la deformación elástica es relativamente grande en la fase inicial de carga; sin embargo, después se hace más pequeña a medida que aumenta la carga.

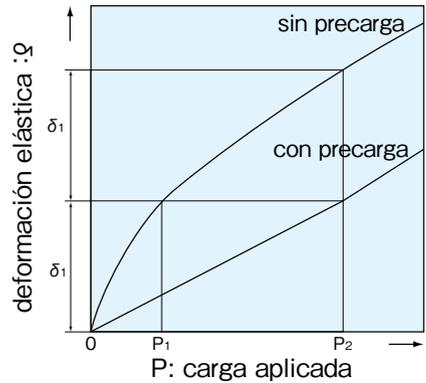
La precarga de los elementos rodantes absorbe la deformación del bloque bajo la misma carga.

Por favor contacte NB para información disponible en lo que respecta a la rigidez.

Tipos de Precarga y su Especificación

La precarga se clasifica en tres categorías: estándar, ligera, y media para la opción. En los sistemas lineales NB, la precarga se aplica mediante la instalación de los elementos rodantes que son ligeramente más grandes que los estándar. Por lo tanto, la especificación de la precarga se expresa mediante un valor negativo.

Figura 1-16 Carga Aplicada versus Deformación del Bloque



RESISTENCIA FRICCIONAL Y EMPUJE REQUERIDO

La fricción estática de un sistema lineal es extremadamente baja. Dado que la diferencia entre la fricción estática y dinámica es marginal, el movimiento estable se puede lograr de baja a alta velocidad. La resistencia friccional (requiere empuje) se puede obtener de la carga y la resistencia del sello para cada sistema usando la siguiente ecuación:

$$F = \mu \cdot W + f \quad \dots\dots\dots (14)$$

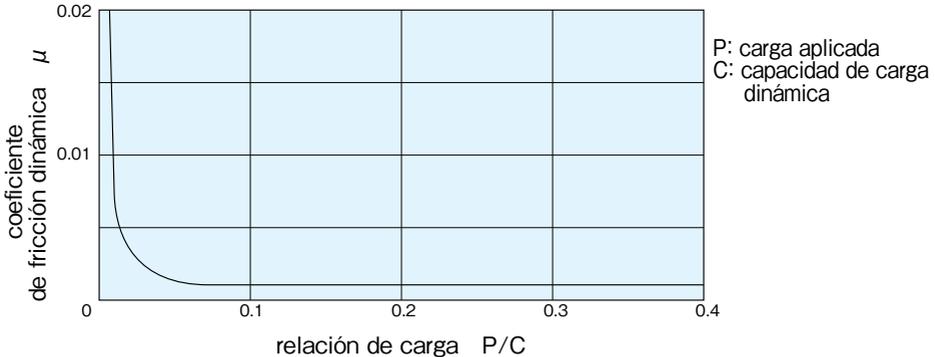
F: resistencia friccional (N)
 μ : coeficiente de fricción dinámica
 W: carga aplicada (N) f: resistencia de sello (N)

El coeficiente de fricción dinámica varía con la carga aplicada, la precarga, la viscosidad del lubricante y otros factores. Sin embargo, los valores dados en la Tabla 1-35 se usan para la condición de carga normal (20% capacidad de carga dinámica) sin ningún tipo de precarga. La resistencia del sello depende del estado del sello de labio así como del estado del lubricante; sin embargo, eso no cambia proporcionalmente con la carga aplicada lo que comúnmente se expresa con un valor constante de 2 a 5 N.

Tabla 1-35 Coeficiente de Fricción Dinámica

producto	tipo	coeficiente de fricción dinámica(μ)
Guía Deslizante	SGL · SGW	0.002~0.003
	SEB	0.004~0.006
	SER	0.004~0.006
Eje Nervado	SSP	0.004~0.006
Eje Nervado Giratorio	SPR	0.004~0.006
Rodamiento Lineal	SM · KB	0.002~0.003
	SW · GM	
	SMA · SME	
Top Ball	TK · TKA	0.002~0.003
	TKE · TKD	
	TW · TWA	
	TWJ · TWD	
Rodamiento Lineal	SR	0.0006~0.0012
Rodamiento Lineal Giratorio	RK	0.002~0.003
Deslizador	NV · SV · RV	0.001~0.003
Mesa Deslizante	NVT · SVT · SYT	0.001~0.003
Deslizador Miniatura	SYBS	0.001~0.003

Figura 1-17 Carga Aplicada versus Coeficiente de Fricción Dinámica



FUCNCIONAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE

Rango de Temperatura

Los sistemas lineales de NB son tratados térmicamente con el fin de endurecer la superficie. Por lo tanto, si la temperatura del sistema lineal excede los 100°C, la dureza y la capacidad de carga se reducirán (consulte la página Eng-5, coeficiente de dureza). Si se usa resina en cualquiera de los componentes, el sistema no puede ser utilizado en un ambiente de alta temperatura. La temperatura de funcionamiento recomendada varía para cada tipo de sistema lineal listado en la Tabla 1-36.

Tabla 1-36 Principales Tipos y Limites de Temperatura Recomendados

componente material	incluye resina	acero	acero inoxidable	otro
rango de temperatura de funcionamiento	-20°C~80°C	-20°C~110°C	-20°C~140°C*	
Guía Deslizante	SEB-A/SEBS-B SGL/SGW	SER	SEBS-BM SERS	
Eje Nervado	SSP/SSPF/SSPB		SPLFS	
Eje Nervado Giratorio	SPR			
Rodamiento Lineal	SM G/KB G/ SW G/SMS G/ KBS G/SWS G/GM SMA G/AK G/RBW CE/CD	SM/KB/SW SMA/AK	SMS/KBS/SWS SMSA/AKS	
Top Ball	TK/TKA TKE/TKD TW/TWA TWJ/TWD			
Rodamiento Lineal		SR/SRB		
Rodamiento Lineal Giratorio	RK/FR/FRA	SRE		
Deslizador	NV	SV/RV	SVS	
Mesa Deslizante	NVT	SVT/SYT	SYTS	SVTS**
Deslizador en Miniatura			SYBS	
Tornillo Deslizador		SS		

* Si el sistema está hecho de acero inoxidable y tiene un sello, el rango de temperatura es de hasta 120°C

** Por favor contacte NB si el sistema debe ser usado fuera de la temperatura del cuarto.

Ecuación de Conversión de la Temperatura:

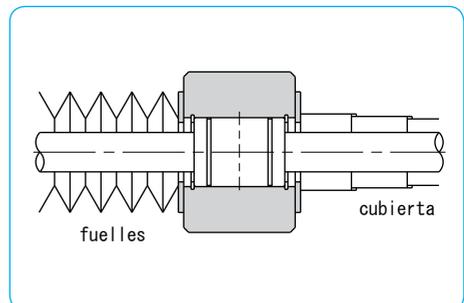
$$C = \frac{5}{9}(F - 32)$$

$$F = \frac{9}{5}C + 32$$

Condiciones Ambientales de Funcionamiento

Partículas extrañas o polvo en el sistema lineal afectan la precisión de movimiento y reducen el tiempo de vida. Sellos estándar tendrán un buen rendimiento para prevenir el polvo bajo condiciones normales de operación; sin embargo, en un ambiente hostil es necesario adherir fuelles o cubiertas protectoras como lo muestra la Figura 1-18.

Figura 1-18 Ejemplo de Prevención de Polvo



LUBRICACION

El objetivo de la lubricación incluye la reducción de fricción entre los elementos rodantes así como entre los elementos rodantes y la pista de rodadura, la prevención de la sinterización, la reducción del desgaste, y la prevención de la oxidación mediante la formación de una capa sobre las superficies. Para maximizar el rendimiento de un sistema lineal, el tipo de lubricante y el método de lubricación apropiado deben ser seleccionados.

Hay dos tipos de lubricación; lubricación con aceite y lubricación con grasa. Para la lubricación con aceite se recomienda aceite de turbina conforme a la norma estándar ISO VG32 a 68.

Para la lubricación con grasa, se recomienda el jabón de grasa a base de litio No.2. Para el rodamiento lineal y algunos otros productos, aceite antioxidante que no afecte negativamente al lubricante es aplicado antes del embarque. Por favor aplique lubricante antes de usar estos productos. (ver Tabla 1-37) Productos con ranuras de rodaduras, como la guía deslizante, se entregan pre-lubricados con grasa para su uso inmediato. Por favor lubricar con un tipo similar de grasa periódicamente en función de las condiciones de operación. El período recomendado de reengrase es de aproximadamente 6 meses o 1,000km de distancia recorrida durante condiciones normales.

Tabla 1-37 Grasa y Aceite Anti-oxidante

tipo	aplicación de grasa
Guía Deslizante	grasa pre-aplicada
Eje Nervado	grasa pre-aplicada
Eje Nervado Giratorio	grasa pre-aplicada
Rodamiento Lineal	solamente aceite antioxidante
Rodamiento Lineal	solamente aceite antioxidante
Rodamiento Lineal Giratorio	solamente aceite antioxidante
Deslizador	grasa pre-aplicada
Mesa Deslizante	grasa pre-aplicada
Deslizador en Miniatura	grasa pre-aplicada

* grasa pre-aplicada en el tipo FR · FRA

NB proporciona las siguientes grasas opcionales. Por favor seleccione una de acuerdo con las condiciones de uso de su sistema lineal.

● Grasa KGL (Grasa de Baja Generación de Polvo)

La grasa KGL tiene una excelente propiedad de grasa de generación de poco polvo con un tipo de agente de litio espeso usado. Su uso es ideal en cuartos limpios.

● Grasa KGU (Grasa de Baja Generación de Polvo)

Con un agente espesante de urea usado, La grasa tiene características que incluyen una propiedad superior de generación de poco polvo y la reducción de la resistencia friccional dinámica durante la operación a baja velocidad.

Tabla 1-38 Propiedad Principal

artículo	nombre de la grasa	
	Grasa KGLKGL	Grasa KGU
aparición	blanco amarillento claro	café claro
a base de aceite	aceite sintético y aceite refinado mixto	aceite sintético y aceite refinado mixto
viscosidad cinemática a base de aceite (mm ² /s, 40°C)	32	approx. 85
agente espesante	jabón de litio	urea
mezcla de viscosidad	237	246
punto de caída (°C)	201	250 o más
corrosión de placa de cobre (100°C, 24hrs)	pasado	pasado
evaporación (peso%)	0.8 (99°C 22h)	0.61 (150°C 22h)
separación de aceite (peso%100°C, 24hrs)	0.9	0.1
estabilidad a la oxidación (MPa99°C, 100hrs)	0.04	0.015
prevención de la corrosión de rodamiento (52°C, 48hrs)	pasado	pasado
rango de temperatura (°C)	-20~120	-20~150

Figura 1-19 Datos de la Medición del Nivel de Polvo

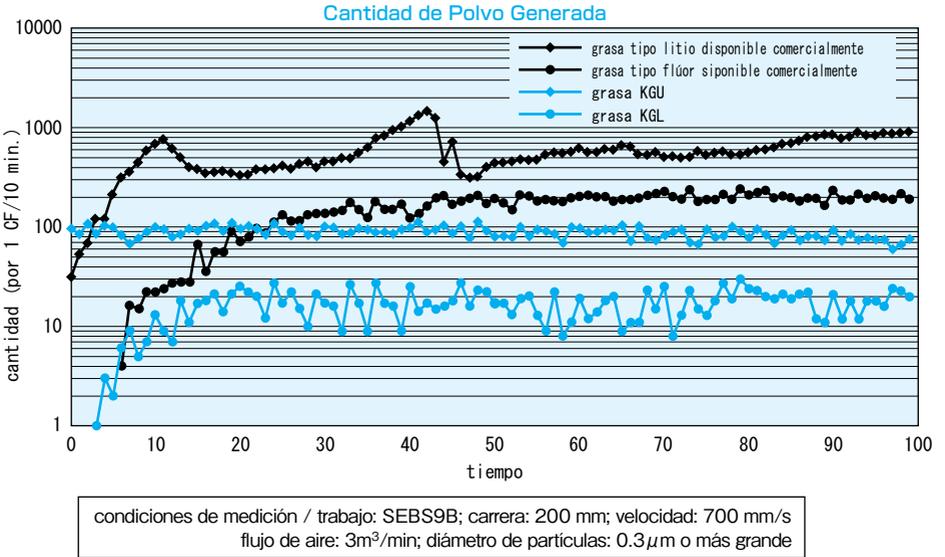
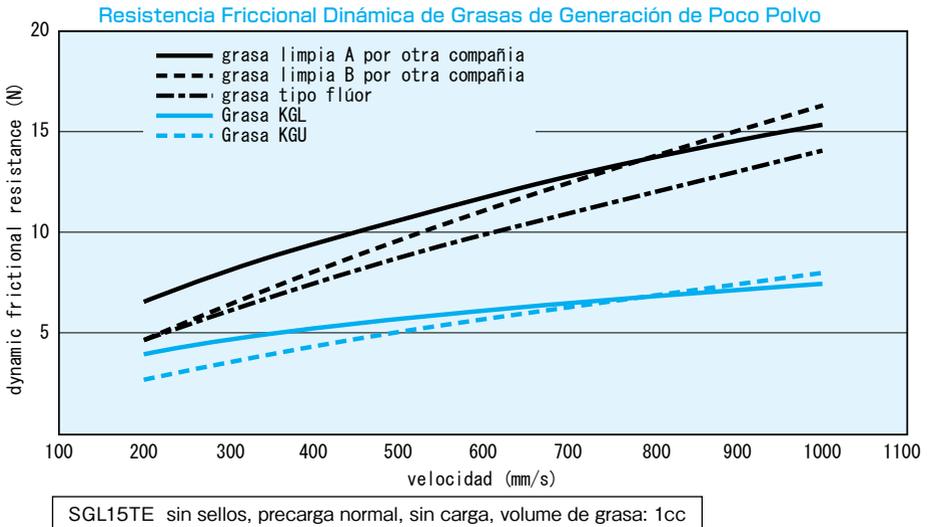


Figura 1-20 Datos de Medición de la Resistencia Friccional Dinámica



● Grasa KGF (Grasa Anti-ondulación/Anti-corrosión)

Con un agente tipo urea espesante usado, la grasa KGF es muy efectiva para prevenir ondulación y corrosión.

Tabla 1-39 Propiedad Principal

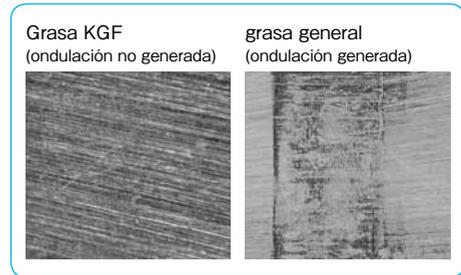
artículo	nombre de la grasa Grasa KGF
aparición	café
a base de aceite	aceite sintético
viscosidad cinemática a base de aceite (mm ² /s, 40°C)	approx. 25
agente espesor	urea
mezcla de viscosidad	292
punto de caída (°C)	250 o más
corrosión de la placa de cobre (100°C, 24 hrs)	pasado
evaporación (peso%)	0.27 (99°C 22h)
separación de aceite (peso%100°C, 24 hrs)	1.1
estabilidad a la oxidación (MPa99°C, 100 hrs)	0.085
prevención de la corrosión del rodamiento (52°C, 48 hrs)	pasado
resistencia al agua de enjuague (38°C, 1 hr)	1.7
rango de temperatura (°C)	-20~150

Datos de Prueba Anti-ondulación/Anti-corrosión

Tabla 1-40 Condiciones de Prueba

artículo	contenido
artículo de prueba	NVT4165
carrera	2 mm
aceleración	2.4G
promedio de aceleración	5.8 m/min
ciclo por minuto	1,450 cpm
volumen de inyección de grasa	0.5 cc
distancia total recorrida	184 km
ciclos totales	46 millones de ciclos

Figura 1-21 Condiciones después de prueba de la Pista de Rodadura



● Otra Grasa

Además de las grasas KGL, KGU, y KGF, NB también ofrece Grasa K, grasa tipo urea generación de poco polvo.

Tabla 1-41 Propiedad Principal

artículo	nombre de grasa Grasa K
aparición	blanco amarilloso
agente espesor	tipo urea
a base de aceite	aceite sintético
viscosidad	280 (No.2)
rango de temperatura (°C)	-30~150

● Grasa para la industria de alimentos (certificado NSF H1) está disponible.

Es la combinación más adecuada para las aplicaciones en el procesamiento de alimentos para usar este tipo de grasa con una guía tipo SGLS de acero inoxidable. Por favor contacte NB para más detalles.

PRECAUCIONES PARA MANEJO Y USO

Por favor siga las siguientes instrucciones para mantener la precisión del sistema lineal como una pieza de precisión y para seguridad de uso.



(1) Notas sobre el manejo

- ① Cualquier choque de carga causada por un manejo brusco (como dejar caer o un golpe con martillo) puede causar una marca o endadura en la pista de rodadura que obstaculiza el movimiento suave y acorta la vida útil de viaje. También tenga en cuenta que este impacto puede dañar las piezas de resina.
- ② Nunca intente desmontar el producto. Si lo hace puede causar una entrada de contaminación o el deterioro de la precisión de montaje.
- ③ Los bloques o los cilindros externos pueden moverse sólo por la inclinación del riel o el eje. Tenga cuidado de no dejarlos caer desde el riel o el eje por error.
- ④ La exactitud en la superficie de montaje y el paralelismo de los ejes o de los rieles son factores importantes para optimizar el rendimiento del sistema lineal. Preste atención adecuada a la precisión de montaje.



(2) Notas sobre el Uso

- ① Tenga cuidado de no dejar polvo o partículas extrañas en el sistema lineal durante su uso.
- ② Cuando se utiliza el sistema lineal en un entorno donde el polvo o el líquido refrigerante puedan dispersarse, proteger el sistema con una cobertura o fuelles.
- ③ Cuando el sistema lineal NB es usado de manera que su riel es fijado al techo y la carga baja es aplicada al bloque (s) o cilindro (s) exterior (es), si el bloque o cilindro exterior se rompen, se puede caer del riel y luego caer al suelo. Proporcionar medidas adicionales para prevenir la caída del bloque cilindro exterior, tales como un pestillo de seguridad.



(3) Instrucciones en consideración a el "Tiempo de Vida" de un Sistema Lineal

- ① Cuando la carga aplicada al bloque o cilindro exterior excede 0.5 veces la capacidad de carga dinámica ($P > 0.5C$), la vida real del sistema puede llegar a ser más corta que el tiempo de vida calculado. Por lo tanto, se recomienda usar el sistema con $0.5C$ o menos.
- ② En la repetición de cada carrera por minuto, donde los elementos rodantes, una bola de acero o un rodillo cilíndrico, sólo hace menos de una media vuelta, un principio de desgaste llamado de ondulación ocurre en los puntos de contacto entre los elementos rodantes y la pista de rodadura. No existe una medida perfecta para evitar esto, pero la vida del sistema puede extenderse mediante una grasa anti-ondulación y moviendo los bloques o los cilindros exteriores para una longitud de carrera completa una vez en unos pocos miles de veces de uso.
Grasa anti-ondulación está disponible como una opción. Por favor seleccíonela para aplicaciones con longitudes de carrera cada minuto.