

3.2.2. PERFILES DE CARGA

En general, la mayoría de aplicaciones caen dentro de las siguientes categorías:

- A. Torque constante.
- B. Potencia constante.
- C. Torque variable.

A. Torque constante.-

Alrededor del 90% de las máquinas industriales de aplicación general (diferentes a la bombas) son sistemas de torque constante. Los requerimientos de torque de la máquina son independientes de su velocidad. Si la velocidad de la máquina se duplica, entonces la potencia es también duplicada. Ver figura 24.

La carga requiere la misma cantidad de torque tanto a baja como alta velocidad. El torque permanece constante a través de todo el rango de velocidad, y la potencia aumenta o disminuye en proporción directa a la velocidad.

Usado en aplicaciones como en sistemas de "fajas transportadoras" (también llamados "conveyors", ver figura 29), y cuando se tienen cargas de choque y gran inercia.

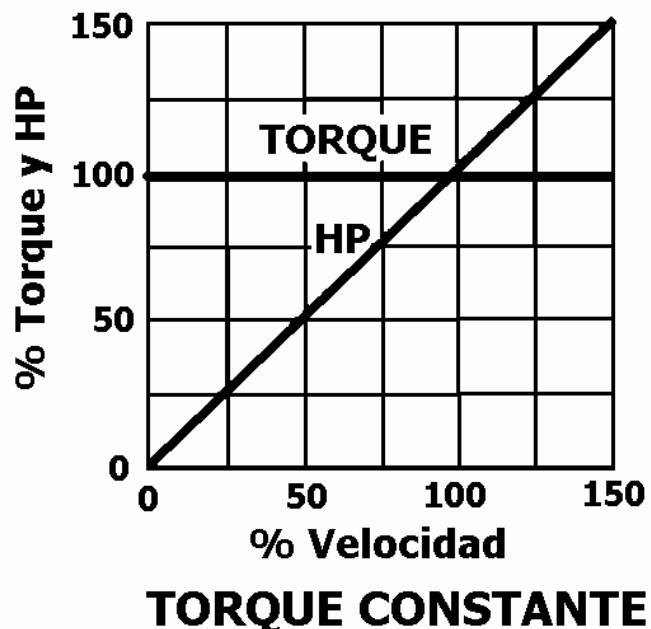


Figura 24

B. Potencia constante.-

Para máquinas con cargas de potencia constante, la demanda de potencia es independiente de la velocidad y el torque varía inversamente con la velocidad.

Este tipo de cargas se encuentra en la industria de las máquinas herramientas y en los centros impulsores de bobinas. Cuando se taladra, forma, muele o doblan metales, todas las cargas tienden hacia la potencia constante. A bajas velocidades hay gran torque; a altas velocidades ligero torque. Un variador debe ser seleccionado por su gran torque requerido a bajas velocidades. Ver figura 25.

La carga requiere gran torque a bajas velocidades; bajo torque a altas velocidades, y por lo tanto tiene potencia constante en cualquier velocidad. Usado en aplicaciones tales como taladros, bobinadoras, esmeriles; los que requieren baja velocidad y gran torque para iniciar su trabajo y gran velocidad con bajo torque para finalizar.

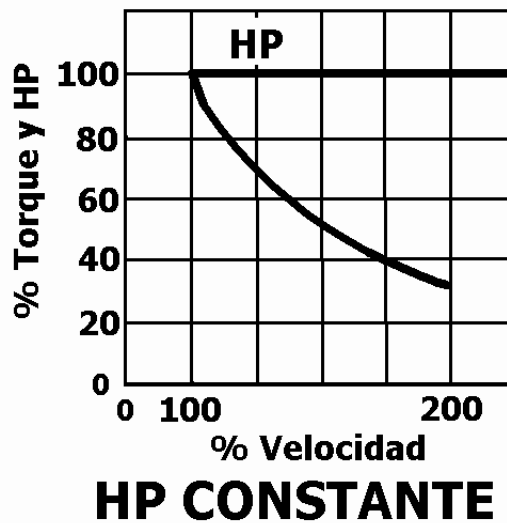


Figura 25

C.-Torque variable.-

Este tipo de carga es comúnmente encontrado en los impulsores de bombas centrífugas y en la mayoría de aplicaciones de ventiladores y sopladores. El torque y potencia varían con la velocidad. Ver figura 26.

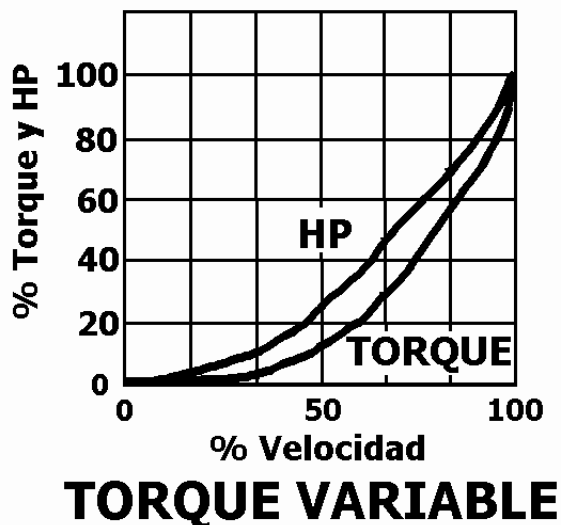


Figura 26

Son cargas que requieren mucho menos torque a bajas velocidades que a altas velocidades. La potencia varía aproximadamente como al cubo de la velocidad, y el torque varía como al cuadrado de la velocidad. Usado en aplicaciones como ventiladores centrífugos, bombas, sopladoras, algunos mezcladores y agitadores.

3.2.3. FÓRMULAS MECÁNICAS

Potencia (HP) requeridos

$$HP = \frac{\text{Torque (lb-ft)} \times \text{Velocidad (RPM)}}{5250} \quad (1-9)$$

$$HP = \frac{\text{Torque (lb-in)} \times \text{Velocidad (RPM)}}{63000} \quad (1-10)$$

$$\text{Torque (lb-ft)} = \frac{HP \times 5250}{\text{Velocidad (RPM)}} \quad (1-11)$$

$$\text{Torque Aceleración (lb-ft)} = \frac{WK^2 \text{ (lb-ft}^2\text{)} \times \Delta \text{ RPM}}{308 \times t \text{ (seg)}} \quad (1-12)$$

Donde:

WK^2 = Inercia (lb-ft²) reflejada al eje del motor.

$\Delta \text{ RPM}$ = Cambio de velocidad.

t = Tiempo (segundos) para acelerar.

$$t = \frac{WK^2 \text{ (lb-ft}^2\text{)} \times \Delta \text{ RPM}}{308 \times T \text{ (lb-ft)}} = \text{Tiempo para acelerar (segundos)} \quad (1-13)$$

$$RPM = \frac{FPM \text{ (pies/min)}}{0,262 \times \text{Diámetro (pulgadas)}} \quad (1-14)$$

$$\text{Inercia reflejada al motor} = \text{Inercia Carga} \left(\frac{\text{Carga RPM}}{\text{Motor RPM}} \right)^2 \quad (1-15)$$

Inercia (WK^2)

El factor WK^2 es el peso (lb) de un objeto multiplicado por el cuadrado del radio de giro (K). La unidad de medida del radio de giro es expresado en pies (ft).

Para cilindros sólidos o huecos, la inercia debe ser calculada mediante el uso de las ecuaciones dadas aquí. Ver figura 27.

La inercia de un eje de acero sólido por pulgada de longitud es dada en la Tabla 2. Para calcular ejes huecos, tome la diferencia entre los valores de inercia de los diámetros exterior e interior.

Para ejes de materiales diferentes al acero, multiplicar el valor del acero por el factor apropiado dado en la Tabla 3.

TABLA DE INERCIA EN EJE DE ACERO (por pulgada de longitud)

Diámetro (pulgadas)	WK² (lb-ft²)	Diámetro (pulgadas)	WK² (lb-ft²)
¾	0,000 06	10 ½	2,35
1	0,000 2	10 ¾	2,58
1 ¼	0,000 5	11	2,83
1 ½	0,001	11 ¼	3,09
1 ¾	0,002	11 ½	3,38
2	0,003	11 ¾	3,68
2 ¼	0,005	12	4,00
2 ½	0,008	12 ¼	4,35
2 ¾	0,011	12 ½	4,72
3	0,016	12 ¾	5,11
3 ½	0,029	13	5,58
3 ¾	0,038	13 ¼	5,96
4	0,049	13 ½	6,42
4 ¼	0,063	13 ¾	6,91
4 ½	0,079	14	7,42
5	0,120	14 ¼	7,97
5 ½	0,177	14 ½	8,54
6	0,250	14 ¾	9,15
6 ¼	0,296	15	9,75
6 ½	0,345	16	12,59
6 ¾	0,402	17	16,04
7	0,464	18	20,16
7 ¼	0,535	19	25,03
7 ½	0,611	20	30,72
7 ¾	0,699	21	37,35
8	0,791	22	44,99
8 ¼	0,895	23	53,74
8 ½	1,00	24	63,71
8 ¾	1,13	25	75,02
9	1,27	26	87,76
9 ¼	1,41	27	102,06
9 ½	1,55	28	118,04
9 ¾	1,785	29	135,83
10	1,93	30	155,55
10 ¼	2,13	-	-

Tabla 2

TABLA FACTORES DE DENSIDAD

Material del eje	Factor
Goma	0,121
Nylon	0,181
Aluminio	0,348
Bronce	1,135
Hierro dulce	0,922
Acero	1,00

Tabla 3

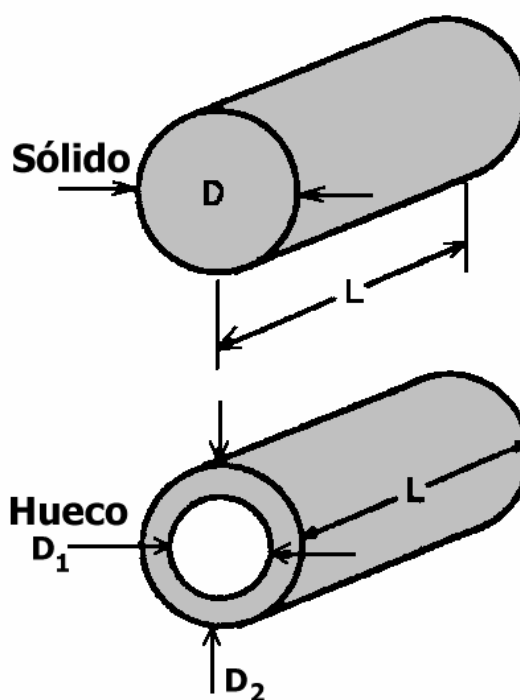


Figura 27

$$\text{Sólido-}WK^2 = 0,00681 \rho L D^4 \quad (1-16)$$

$$\text{Hueco-}WK^2 = 0,00681 \rho L (D_2^4 - D_1^4) \quad (1-17)$$

Donde:

$$WK^2 = lb \times ft^2$$

D, D_1, D_2 y L = en pulgadas

$$\rho = lb/in^3$$

$$\rho (\text{aluminio}) = 0,0924$$

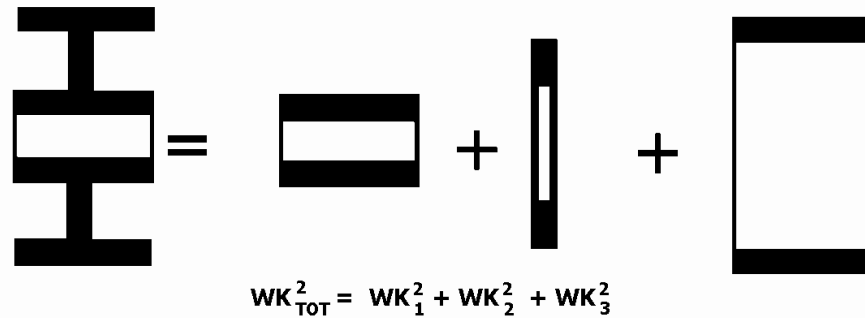
$$\rho (\text{bronce}) = 0,3200$$

$$\rho (\text{hierro dulce}) = 0,2600$$

$$\rho (\text{acero}) = 0,2820$$

$$\rho (\text{papel}) = 0,289$$

La inercia de partes rotativas complejas y concéntricas (ver figura 28) deben ser calculadas tal como se muestra a continuación:



WK² DE ELEMENTOS ROTATIVOS

Figura 28

$$WK^2_{TOTAL} = WK^2_1 + WK^2_2 + WK^2_3 \quad (1-18)$$

WK² de elementos rotativos

En los sistemas mecánicos prácticos, todas las partes rotativas no operan a la misma velocidad. El *WK²* de todas las partes en movimiento pueden reducirse a un solo valor *WK²* equivalente hacia el eje del motor, por lo que se tratan como una sola unidad, tal como sigue:

$$WK^2_{equivalente} = WK^2 \left(\frac{N}{N_m} \right)^2 \quad (1-19)$$

Donde:

WK² = Inercia de las partes en movimiento.

N = Velocidad de las partes en movimiento (RPM).

N_m = Velocidad del motor impulsor (RPM).

Cuando se utilizan reductores de velocidad, y la inercia de la máquina es reflejada hacia el eje del motor, la inercia equivalente es igual a la inercia de la máquina dividida por el cuadrado de la relación de reducción

WK² de elementos con movimiento lineal

No todos los sistemas con variadores trabajan con movimientos de rotación. El *WK²* de las partes en movimiento lineal pueden reducirse hacia el eje del motor como sigue.

$$WK^2_{equivalente} = \frac{W(V)^2}{39.5(N_m)^2} \quad (1-20)$$

Donde:

W = Peso de la carga (lb).

V = Velocidad lineal del sistema (FPM).

N_m = Velocidad del motor impulsor (RPM).

Cálculo de potencia (HP)

Luego que el torque de la máquina ha sido calculado, la potencia puede ser deducida con la siguiente fórmula:

$$HP = \frac{T \times N}{5250} \quad (1-21)$$

Donde:

HP = Potencia (caballos).

T = Torque (lb-ft).

N = Velocidad base del motor (RPM).

Si la potencia calculada cae dentro de las características de un motor estándar, seleccione el estándar inmediato superior de potencia. Es buena práctica permitirse algo de margen cuando seleccionamos la potencia del motor.

- Para conveyors:

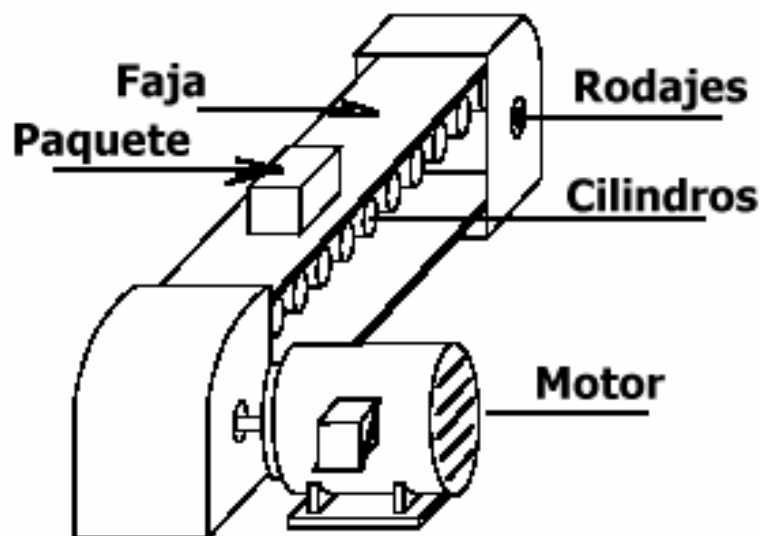


Figura 29

$$HP(Vertical) = \frac{Peso(lb) \times Velocidad(FPM)}{33000} \quad (1-22)$$

$$HP(Horizontal) = \frac{Peso(lb) \times Velocidad(FPM) \times Coef. \text{ fricción}}{33000} \quad (1-23)$$

- Para ventiladores y sopladores:

$$HP = \frac{CFM(ft^3 / \text{min}) \times \text{Presión}(lb / ft^2)}{33000 \times (\text{Eficien. Ventilador})} \quad (1-24)$$

Efecto de la velocidad en la potencia:

$HP = k_1 (RPM)^3$ - La potencia varía como el cubo de la velocidad.

$T = k_2 (RPM)^2$ - El torque varía como el cuadrado de la velocidad.

$\text{Flujo} = k_3 (RPM)$ - Flujo varía directamente como la velocidad.

$CFM =$ - Volumen

$$HP = \frac{CFM(ft^3 / \text{min}) \times \text{Presión}(lb / in^2)}{229 \times (\text{Eficien. Ventilador})} \quad (1-25)$$

$$HP = \frac{CFM(ft^3 / \text{min}) \times (\text{Pulgadas columna agua})}{6356 \times (\text{Eficien. Ventilador})} \quad (1-26)$$

- Para bombas (ver figura 30):

$$HP = \frac{GPM \times \text{Columna}(ft) \times (\text{Gravedad Específica})}{3960 \times (\text{Eficien. Bomba})} \quad (1-27)$$

Gravedad específica del agua = 1.0

1 ft² por segundo = 448 GPM

1 PSI = Una columna de 2,309 ft de agua pesando 62,36 lb/ft³ a 62°F.

GPM = Galones por minuto

- Bombas de desplazamiento constante:

Efecto de la velocidad en la potencia

$HP = k(RPM)$ - Potencia y capacidad varía directamente con la velocidad.

Las bombas de desplazamiento bajo presión constante requiere aproximadamente de torque constante en todas las velocidades.

- Bombas centrífugas:

Efecto de la velocidad en la potencia

$HP = k_1 (RPM)^3$ - Potencia varía como el cubo de la velocidad.

$T = k_2 (RPM)^2$ - Torque varía como el cuadrado de la velocidad.

$\text{Flujo} = k_3 (RPM)$ - El flujo varía directamente con la velocidad.

Eficiencia:

500 a 1 000 gal/min = 70 – 75%
1 000 a 1 500 gal/min = 75 – 80%
mayores a 1 500 gal/min = 80 – 85%

La eficiencia de las bombas de desplazamiento puede variar entre 50 a 80% dependiendo del tamaño de la bomba.

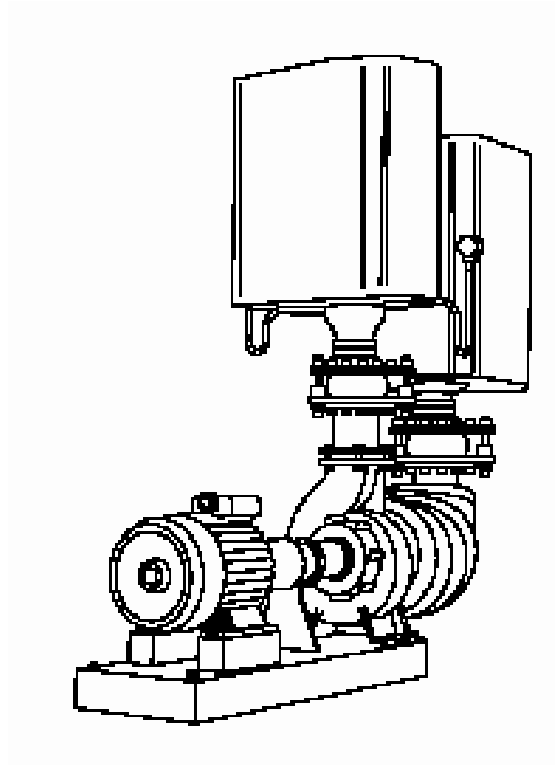


Figura 30