ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE Nº 02

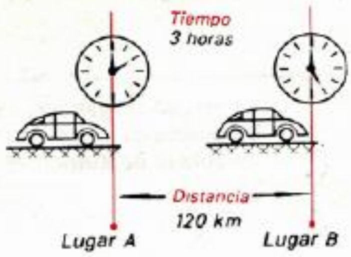
CÁLCULO DE VELOCIDAD Y TRANSMISION POR CORREAS

20 | Cálculo de velocidades

20.1 Movimiento uniforme rectilíneo

Explicación

Un automóvil va (viaja) del lugar A al lugar B. Para ello recorre una distancia determinada y emplea un tiempo también determinado (ver el esquema de abajo).



Se distingue entre movimiento uniforme, variado, rectilíneo, circular, acelerado y retardado.

Los movimientos se diferencian a su vez por su distinta rapidez. La rapidez a que un cuerpo efectúa un movimiento se denomina su velocidad. La magnitud de la velocidad depende de la distancia recorrida y del tiempo empleado en recorrerla.

La distancia recorrida en la unidad de tiempo (1 hora, 1 minuto o 1 segundo) es la velocidad del móvil.

En el movimiento rectilíneo uniforme, un móvil recorre distancias iguales en iguales tiempos sobre un tramo recto.

La dependencia entre velocidad, distancia y tiempo se representa gráficamente mediante el diagrama de abajo de velocidad-tiempo (Diagrama *v-t*)

En el eje vertical se marcan las velocidades *v* y en el horizontal los tiempos *t*.

De la explicación de velocidad se deduce que:

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Distancia}}{\text{Tiempo}}$$, o bien, que:

$$\text{Distancia} = \text{Velocidad} \cdot \text{Tiempo}$$

Por ello, en el diagrama la superficie rayada representa la distancia recorrida. Normalmente, en los automóviles no se tiene una velocidad uniforme, sino que varía mucho y con frecuencia. Por esta razón se toma como velocidad al valor promedio. Esa velocidad media se denomina velocidad promedio y es la que se toma como si se mantuviera durante todo el recorrido. Se calcula dividiendo la distancia por el tiempo empleado.

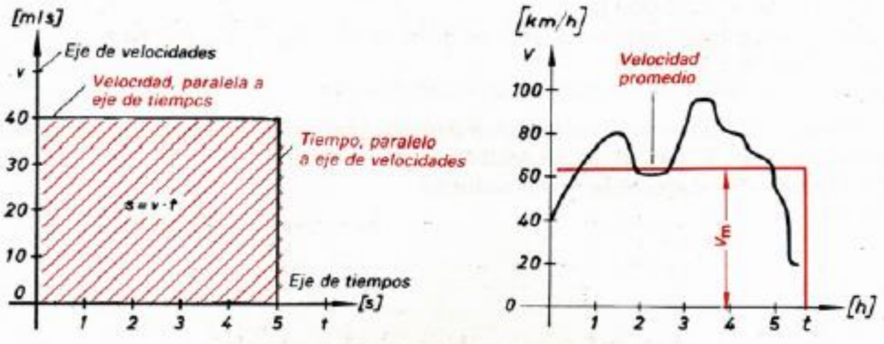


Diagrama de velocidad-tiempo para movimiento uniforme.

Notaciones

v = Velocidad
v_m = Velocidad promedio
s = Distancia [m, km]
t = Tiempo [s, min, h]

Unidades de velocidad y su aplicación

Metro por segundo	m/s	Velocidad tangencial, velocidad del pistón
Metro por minuto	m/min	Velocidad de corte (por ejemplo, cepillado)
Kilómetro por hora	km/h	Velocidad de automóvil

Fórmula con ejemplo

1. Velocidad

$$\text{Velocidad} = \frac{\text{Distancia}}{\text{Tiempo}}$$

$$v = \frac{s}{t} \left[\frac{m}{s}, \frac{m}{min}, \frac{km}{h}\right]$$

Un automóvil recorre un camino de 600 km en 8 horas y 24 minutos. Calcular la velocidad promedio.

$$24 \text{ Minutos} = \frac{24}{60} = 0{,}4 \text{ h}$$

$$v_m = \frac{s}{t} = \frac{600}{8{,}4} = \underline{71{,}43 \text{ km/h}}$$

Ejercicios

20.1 Calcular las magnitudes que faltan:

Ejercicio	a)	b)	c)
v	? km/h	? m/s	? km/h
s	437,5 km	2,52 km	7980 m
t	3,5 h	3 min	190 s

Ejercicio	d)	e)	f)
v	30 m/min	15,2 m/s	140 km/h
s	? m	? km	175 000 m
t	0,5 h	120 s	? h

20.2 Un automóvil hace un recorrido de 546,1 km en 8 horas y 36 minutos. ¿Cuál es su velocidad promedio en km/h?

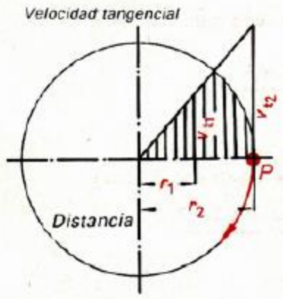
20.3 Un automóvil tiene que recorrer 464,475 km a una velocidad promedio prevista de 56,3 km/h. Calcular el tiempo probable del viaje en horas y minutos.

20.4 La velocidad promedio de una motocicleta es V_m = 45,5 km/h. ¿Qué distancia recorre en t = 6 horas y 30 minutos?

20.5 En una carrera de automóviles de 2 263,6 km se cronometraron 16 horas, 27 minutos y 45 segundos. Calcular la velocidad promedio V_m en km/h.

20.6 Para un automóvil a velocidad constante se cronometraron 48 segundos para 1 km. El tacómetro marcaba 81 km/h.
a) ¿Cuál era la velocidad efectiva?
b) Calcular en tanto por ciento la desviación del tacómetro de la velocidad efectiva.

20.7 Una limadora tiene una carrera de 240 mm (carrera útil). Para una pasada invierte 1,5 segundos. Determinar la velocidad de corte en m/min y m/s.



Movimiento circular

20.2 Movimiento circular uniforme, velocidad tangencial (perimetral)

Explicación

En el movimiento circular, un cuerpo redondo (como puede ser un eje, un árbol, una rueda dentada, una polea, un volante de inercia, una rueda, una muela de afilar, etc.) gira alrededor de su eje con velocidad uniforme en el cual todos sus puntos *P* describen circunferencias.

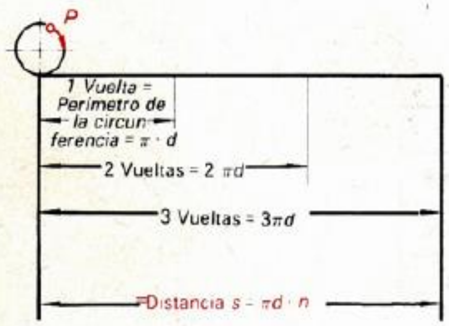
Para el movimento circular son válidas las mismas fórmulas fundamentales que para el cálculo de la velocidad. Sin embargo, en este caso se habla de velocidad tangencial (o perimetral) pues se trata de la velocidad de un punto *P* del perímetro.

La distancia que un punto del perímetro de un cuerpo en rotación recorre en la unidad de tiempo (minuto o segundo) se denomina su velocidad tangencial (o perimetral).

Esta velocidad depende de:

1º La distancia del punto P al eje de rotación; cuanto mayor sea esa distancia, mayor será la velocidad tangencial (ver el dibujo de arriba).

2º Del número de revoluciones del cuerpo que gira. Cuanto mayor sea el número de revoluciones, mayor será la distancia recorrida (y, por tanto, también la velocidad).



Distancia recorrida

Notaciones

V_t = Velocidad tangencial $\left[\frac{m}{s}\right]$

n = Número de vueltas (revoluciones) por minuto $\left[\frac{1}{min}\right]$

d = Diámetro del cuerpo en rotación [mm]

Fórmula con ejemplo

$$v = \frac{s}{t}$$

$$v_t = d \cdot \pi \cdot n \quad \left[mm \cdot \frac{1}{min} = \frac{mm}{min}\right]$$

$$v_t = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{60} \quad \left[\frac{mm}{s}\right] \quad \text{Conversión en segundos}$$

$$v_t = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000 \cdot 60} \quad \left[\frac{m}{s}\right] \quad \text{Conversión en metros}$$

$$\text{Velocidad tangencial} = \frac{\text{Perímetro}}{1\,000} \cdot \frac{\text{N}^\circ \text{ revoluciones}}{60}$$

$$\boxed{v_t = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000 \cdot 60} \quad \left[\frac{m}{s}\right]}$$

Las ruedas traseras de un automóvil tienen 600 mm de diámetro. El eje trasero gira a $n = 250$ 1/min.
Calcular la velocidad tangencial de las ruedas traseras en m/s.

$$v_t = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000 \cdot 60} \quad \left[\frac{m}{s}\right]$$

$$= \frac{600 \cdot 3{,}14 \cdot 250}{1000 \cdot 60}$$

$$v_t = \underline{7{,}85 \text{ m/s}}$$

Observación

El diámetro *d* viene dado en mm. Si viniera en m se suprimiría entonces el 1 000 del denominador.

Nota

La velocidad tangencial de las herramientas al taladrar, fresar y rectificar y la velocidad tangencial de las piezas al tornearlas se denomina en la industria metalúrgica velocidad de corte v_C
Las fórmulas para el cálculo de la velocidad de corte son:

Rectificado: $$v_c = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000 \cdot 60} \left[\frac{m}{s}\right]$$

Taladrado:
Fresado:
Torneado: $$v_c = \frac{d \cdot \pi \cdot n}{1000} \left[\frac{m}{min}\right]$$

Ejercicios

20.8 Despejar d y n de la fórmula de la velocidad tangencial v_t.

20.9 Las ruedas delanteras de un automóvil tienen hasta la válvula un diámetro de 350 mm y hasta la superficie de la cubierta un diámetro de 620 mm.
a) Calcular la velocidad tangencial en la válvula en m/s para n = 300 1/min.
b) ¿Cuál es la velocidad tangencial en la superficie de la cubierta en m/s a n = 300 1/min?

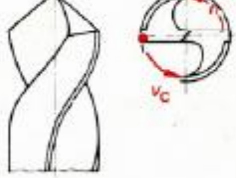
20.10 El diámetro exterior de un neumático es de 25" y su velocidad tangencial de 12.56 m/s.
a) Calcular el diámetro exterior en mm.
b) ¿Cuál es el número de revoluciones n del palier?

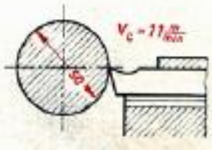
20.11 Un volante de impulsión tiene los diámetros que se indican en el dibujo. Calcular la velocidad tangencial en esos puntos, en m/s, para un número de vueltas del cigüeñal n = 2 400 1/min.

20.12 Calcular el diámetro exterior de una rueda, en mm, si su velocidad tangencial v_t es de 18,84 m/s a n = 720 1/min.

20.13 Una dinamo es accionada mediante una transmisión por correa a partir del cigüeñal. La velocidad tangencial es de 15,7 m/s.
a) Determinar d_{m2} si n_2 = 3 000 1/min.
b) ¿Cuánto es n_1 si d_{m1} = 160 mm?

20.14 Calcular la velocidad v_c en m/min para una broca de ∅ = 14 mm y a un número de vueltas n = 400 1/min.





20.15 Hay que desbastar al torno, a v_c = 11 m/min, un redondo de acero St 50. Calcular el número de vueltas n para el diámetro original d = 50 mm.

20.3 Movimiento uniformemente acelerado y uniformemente retardado, aceleración y desaceleración

Explicación

Los automóviles, en circulación normal, no pueden ir siempre con la misma velocidad. Son muchas las veces que hay que arrancar, ir más deprisa (acelerar) y frenar (desacelerar). La aceleración y la desaceleración alteran la velocidad.
Se dice que la velocidad es uniformemente acelerada cuando aumenta de modo uniforme y uniformemente retardada cuando disminuye de modo uniforme.
Aceleración es el incremento de velocidad por unidad de tiempo (segundo).
Desaceleración es la reducción de velocidad por unidad de tiempo (segundo).
Aceleración y desaceleración se calculan de la misma manera.

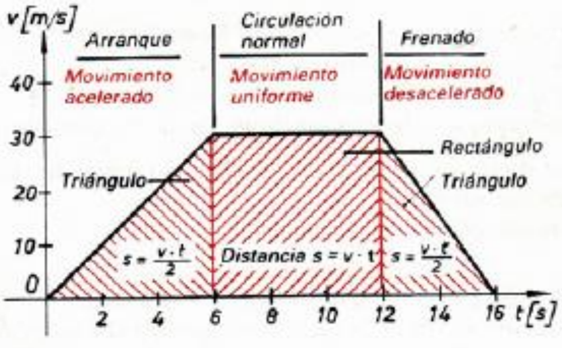


Diagrama de velocidad-tiempo de un automóvil

La representación gráfica de la aceleración y desaceleración da para las distancias con aceleración y con desaceleración un triángulo (ver el diagrama de velocidad-tiempo). La aceleración y la desaceleración se calculan con la misma fórmula.

Notaciones

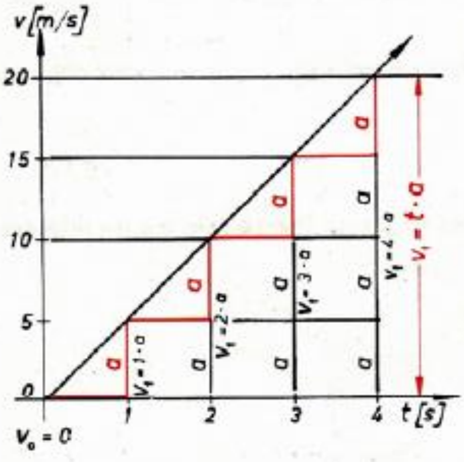


Diagrama velocidad-tiempo de una aceleración

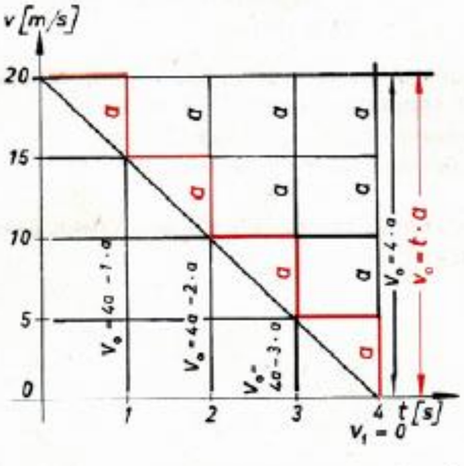


Diagrama velocidad-tiempo de una desaceleración

a = Aceleración [m/s²]
o desaceleración [m/s²]
V_o = Velocidad inicial [m/s]
v_1 = Velocidad final [m/s]
t = Tiempo de aceleración [s]
t = Tiempo de desaceleración [s]

Unidades de medida

1. Aceleración y desaceleración: Metro por segundo al cuadrado $= \left[\frac{m}{s^2}\right]$

$$\frac{\frac{m}{s}}{s} = \frac{m}{s} : s = \frac{m}{s \cdot s} = \left[\frac{m}{s^2}\right] \rightarrow$$ Incremento (o disminución) de velocidad en cada segundo

2. Velocidad: Metro por segundo $\left(= \frac{m}{s}\right)$ en la aceleración y desaceleración

Fórmula con ejemplo

De acuerdo con el diagrama anterior se deduce que:

1º Aceleración a partir del reposo

Al cabo de 1 s: $1 \cdot 5\ m/s^2 = 5\ m/s^2$
Al cabo de 2 s: $2 \cdot 5\ m/s^2 = 10\ m/s^2$
Al cabo de 3 s: $3 \cdot 5\ m/s^2 = 15\ m/s^2$
Al cabo de 4 s: $4 \cdot 5\ m/s^2 = 20\ m/s^2$

Tiempo · Aceleración = Velocidad final
$t \cdot a = V_f$

$$\boxed{v_f = t \cdot a}$$

$$\text{Aceleración} = \frac{\text{Velocidad final}}{\text{Tiempo de aceleración}}$$

$$\boxed{a = \frac{v_f}{t} \left[\frac{m}{s^2}\right]}$$

$$\text{Desaceleración} = \frac{\text{Velocidad inicial}}{\text{Tiempo de desaceleración}}$$

$$\boxed{a = \frac{v_o}{t} \left[\frac{m}{s^2}\right]}$$

2º Desaceleración hasta el reposo

$15\ m/s = 3 \cdot 5\ m/s^2$
$10\ m/s = 2 \cdot 5\ m/s^2$
$5\ m/s = 1 \cdot 5\ m/s^2$
$0\ m/s = 0 \cdot 5\ m/s^2$

Velocidad inicial = Tiempo · Desaceleración
$V_0 = t \cdot a$

$$\boxed{v_o = t \cdot a}$$

Un automóvil que parte del reposo, alcanza al cabo de 10 segundos una velocidad de 108 km/h. Calcular la aceleración.

$108 : 3{,}6 = 30\ m/s$

$$a = \frac{v_f}{t} = \frac{30}{10} = \underline{3\ m/s^2}$$

Un automóvil tiene una velocidad de 54 km/h y alcanza el reposo en 4 segundos.
Calcular la desaceleración.

$54:3{,}6 = 15\ m/s$

$$a = \frac{v_o}{t} = \frac{15}{4} = \underline{3{,}75 m/s^2}$$

Como la distancia en aceleración y en desaceleración se representan mediante un triángulo, resulta:

3º Distancia en aceleración

$$\boxed{s = \frac{v_f \cdot t}{2}\ [m]}$$

Un automóvil que parte del reposo se acelera en 8 segundos a 80 km/h. ¿Qué distancia recorre en aceleración?

$80 : 3{,}6 = 22{,}23\ m/s$

$$s = \frac{v_f \cdot t}{2} = \frac{22{,}23 \cdot 8}{2} = \underline{88{,}92\ m}$$

4º Distancia en desaceleración

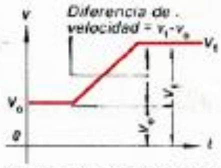
$$\boxed{s = \frac{v_o \cdot t}{2}\ [m]}$$

Un automóvil que va a 100 km/h se para en 12 segundos. ¿Qué distancia recorre en desaceleración (distancia de frenado)?

$100:3{,}6 = 27{,}78\ m/s$

$$s = \frac{v_o \cdot t}{2} = \frac{27{,}78 \cdot 12}{2} = \underline{166{,}68\ m}$$

5º Aceleración con velocidad inicial y desaceleración con velocidad final



Aceleración con velocidad inicial

Desaceleración con velocidad final

A menudo la aceleración es partiendo de una velocidad inicial y la desaceleración no es hasta el reposo. Por consiguiente, se modifican las fórmulas anteriores.

$$\text{Aceleración (desaceleración)} = \frac{\text{Diferencia de velocidad}}{\text{Tiempo}}$$

$$a = \frac{v_f - v_o}{t} \quad \left[\frac{m}{s^2}\right]$$

$$a = \frac{v_o - v_f}{t} \quad \left[\frac{m}{s^2}\right]$$

$$v_f = v_o + a \cdot t \quad \left[\frac{m}{s}\right]$$

$$v_f = v_o - a \cdot t \quad \left[\frac{m}{s}\right]$$

Un automóvil va a $v_o = 36$ km/h. Su desaceleración es de 3 m/s². Averiguar la velocidad final v_f al cabo de 2 segundos.

36 km/h : 3,6 = 10 m/s

$$v_f = v_o - a \cdot t \quad \left[\frac{m}{s}\right]$$

$$= 10 - 3 \cdot 2 = 4 \text{ m/s}$$

$$v_f = 4 \text{ m/s} \cdot 3{,}6 = \underline{14{,}4 \text{ km/h}}$$

Observación

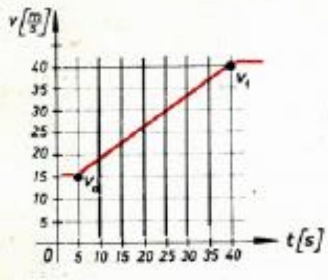
La caída libre de los cuerpos es un movimiento uniformemente acelerado y su aceleración se denomina aceleración de la gravedad *g*. Para *g* se toma el valor 9,81 m/s² (ver también 4.3).

Ejercicios

20.16 Un automóvil que parte del reposo alcanza en 30 segundos una velocidad de 151,2 km/h.
a) Calcular la aceleración en m/s².
b) ¿Cuántos metros recorre en ese tiempo?

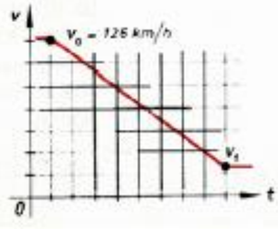
20.17 Un deportivo tiene una aceleración de 2,0 m/s². ¿Cuántos segundos necesita partiendo del reposo para llegar a los 180 km/h?

20.18 Un automóvil acelera a razón de 1,2 m/s² partiendo del reposo.
a) ¿Cuál es su velocidad al cabo de 30 segundos en m/s y km/h?
b) ¿Cuántos metros recorre en aceleración?
c) Hacer una gráfica del recorrido en aceleración.
(5 s ≙ 10 mm; 5 m/s ≙ 10 mm.)



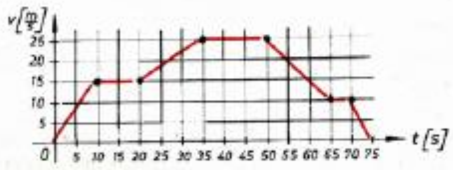
20.19 Un automóvil tiene una velocidad inicial v_o = 15 m/s. Acelera durante 30 segundos y alcanza una velocidad final v_f = 40 m/s.
a) Calcular v_o y v_f en km/h.
b) ¿Cuál es la aceleración en m/s²?

20.20 Un turismo va a 126 km/h y frena durante 8 segundos a razón de 3,5 m/s². ¿Cuál es su velocidad final v_f en m/s y km/h?



20.21 Un automóvil circulando con una velocidad de 88,2 km/h, frena y se para en 5 segundos.
a) ¿Cuál es la desaceleración en m/s^2?
b) Calcular la distancia de frenado en m.

20.22 a) Explicar el diagrama de abajo de tiempo-velocidad.
b) Calcular las aceleraciones y desaceleraciones que aparecen.
c) Calcular las velocidades constantes en km/h/



20.4 Movimiento alternativo, velocidad del pistón

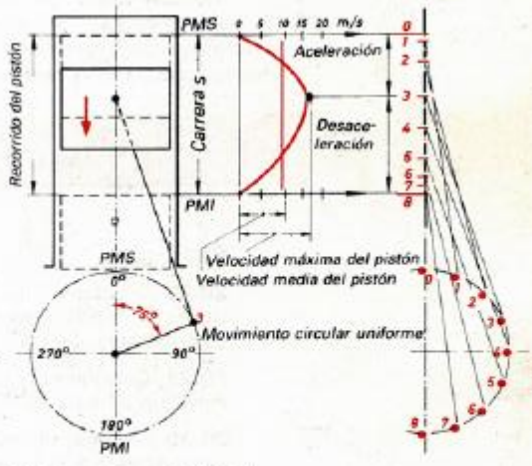
Explicación

El pistón del motor está unido al cigüeñal a través del bulón y la biela. El cigüeñal efectúa un movimiento circular uniforme mientras el del pistón es alternativo (de ida y vuelta) con velocidad variable. El pistón recorre dos veces su trayectoria entre el punto muerto superior (PMS) y el inferior (PMI) (2 carreras *s*) mientras el cigüeñal da una vuelta, e invierte su sentido de movimiento. De esto se deduce:

1º En el punto muerto superior y en el punto muerto inferior, durante un instante está parado el pistón.

2º Entre los dos puntos muertos aumenta la velocidad del pistón hasta un valor máximo (que tiene lugar próximo a los 75° de giro del cigüeñal).

3º Tras alcanzar la velocidad máxima el pistón, disminuye aquélla hasta anularse.
En el movimiento alternativo el pistón va de cero hasta una aceleración máxima para a continuación tener una desaceleración que lo lleva de nuevo a cero.



Movimiento alternativo del pistón

En el dibujo se ve que las distancias entre los puntos 0 y 8 del círculo del cigüeñal son iguales; en cambio, las que correponden al pistón son distintas. Se ve pues que las velocidades del pistón en los distintos tramos entre 0 y 8 no son iguales.
La velocidad media del pistón es la que corresponde a un movimiento uniforme supuesto con el cual el pistón tardaría lo mismo en hacer la carrera que con su velocidad variable. Esa velocidad media es pues la velocidad promedio del pistón.

Notaciones

v_m = Velocidad media o promedio del pistón $\left[\frac{m}{s}\right]$

s = Carrera (mm)

v_{max} = Velocidad máxima del pistón $\left[\frac{m}{s}\right]$

n = Número de revoluciones $\left[\frac{1}{min}\right]$

Fórmula con ejemplo

1 vuelta del cigüeñal: Recorrido $= 2 \cdot s$ [mm]

2 vueltas del cigüeñal: Recorrido $= (2 \cdot s) \cdot 2$ [mm]

3 vueltas del cigüeñal: Recorrido $= (2 \cdot s) \cdot 3$ [mm]

n vueltas del cigüeñal: Recorrido $= (2 \cdot s) \cdot n$ [mm]

n vueltas del cigüeñal por minuto:

Velocidad del pistón $v_m = 2 \cdot s \cdot n \left[\frac{mm}{min}\right]$

1. Un motor tiene $s = 74$ mm y $n = 4\,500$ 1/min.. Calcular v_m y v_{max} en m/s.

$$v_m = \frac{2 \cdot s \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{2 \cdot 74 \cdot 4500}{1000 \cdot 60} \left[\frac{m}{s}\right]$$

$\underline{v_m = 11{,}1 \text{ m/s}}$

$v_{max} \approx 11{,}1 \cdot 1{,}7 \approx \underline{18{,}87 \text{ m/s}}$

Para convertir en metros y segundos hay que dividir por 1 000 y por 60:

$$\text{Velocidad media del pistón} = \frac{2 \cdot \text{Carrera}}{1\,000} \cdot \frac{\text{Número vueltas}}{60}$$

$$\boxed{v_m = \frac{2 \cdot s \cdot n}{1000 \cdot 60} \left[\frac{m}{s}\right]}$$

Nota: $v_{max} \approx v_m \cdot 1{,}7$ (m/s)

2. ¿Cuál es la carrera s de un motor si $v_m = 10{,}8$ m/s y $n = 4\,500$ 1/min?

$$v_m = \frac{2 \cdot s \cdot n}{1000 \cdot 60} \left[\frac{m}{s}\right]$$

$$s = \frac{v_m \cdot 1000 \cdot 60}{2 \cdot n} \text{ [mm]}$$

$$s = \frac{10{,}8 \cdot 1000 \cdot 60}{2 \cdot 4500} = \underline{72 \text{ mm}}$$

Observación

1. La velocidad media del pistón en los motores de combustión está entre 8 y 15 m/s.
2. El movimiento alternativo se presenta también en otras máquinas (tales como el compresor) y en máquinas-herramienta (sierra de vaivén, limadora, etc). En esos casos se calcula con la misma fórmula la velocidad media de corte v_c

$$\boxed{v_c = \frac{2 \cdot s \cdot n_D}{1000} \left[\frac{m}{min}\right]}$$

s = Carrera (mm)

n_D = Número de dobles carreras por minuto

Ejercicios

20.23 Un motor Otto de cuatro tiempos tiene una carrera de 66,6 mm y un número de revoluciones $n = 5\,600$ 1/min.
Calcular a) la velocidad media del pistón y b) la velocidad máxima del pistón v_{max}.

20.24 Calcular la velocidad media del pistón de un motor Diesel que tiene una carrera de 130 mm y un número de revoluciones de 2 600 1/min.

20.25 El motor de un automóvil deportivo tiene una carrera de 80 mm y un número de revoluciones de 5 800 1/min. Calcular:
a) La velocidad media del pistón y
b) La velocidad máxima del pistón v_{max}.

20.26 Calcular la velocidad media del pistón de un motor de carreras con $s = 50$ mm y $n = 10\,500$ 1/min.

20.27 Una motocicleta tiene una carrera de 73 mm y un número de revoluciones de 7 000 1/min. Calcular la velocidad media del pistón.

20.28 Un motor tiene una carrera de 61 mm.
a) Calcular la velocidad media del pistón a $n = 2\,500$ 1/min y a $n = 5\,000$ 1/min.
b) Comprobar cómo varía la velocidad del pistón al aumentar el número de revoluciones y dar la razón de ello.

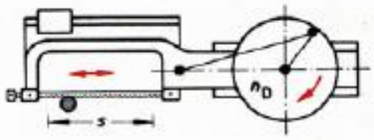
20.29 Dos motores tienen las siguientes características: $s = 72$ mm, $n = 3\,000$ 1/min, $s = 144$ mm y $n = 3\,000$ 1/min.
a) Calcular la velocidad media del pistón en ambos motores.
b) Comprobar la relación de velocidades de los pistones y dar la razón de ello.

20.30 La velocidad media del pistón de un motor es de 12,4 m/s con una carrera de 120 mm. Calcular a qué número de revoluciones del motor corresponde.

20.31 La velocidad media del pistón de un motor es de 9,6 m/s a $n = 3\,600$ 1/min. Calcular la carrera s del motor.

20.32 Calcular la velocidad media de los pistones de los motores BMW, VW (Volkswagen) y MAN cuyas características se encuentran en las tablas del apéndice. Como número de revoluciones se toman:
a) el correspondiente a la potencia útil.
b) el del par motor máximo.

20.33 Una sierra de vaivén tiene una carrera de 220 mm. El número de revoluciones de la excéntrica es de 80 1/min.
Calcular la velocidad de corte de la hoja de sierra.



- **LA PRESIÓN MÁXIMA DE LOS GASES DENTRO DEL CILINDRO EN LOS MOTORES DIESEL ES CONSIDERABLEMENTE MAYOR QUE EN LOS MOTORES DE ENCENDIDO POR CHISPA**, por ello, se construyen con piezas más robustas que incrementan las fuerzas de inercia, que dependen tanto de la masa de las piezas en movimiento, como de la aceleración lineal del grupo pistón.

- La potencia del motor es proporcional a la frecuencia de rotación del cigüeñal. Así, si comparamos dos motores de la misma potencia a igualdad de la presión media efectiva (p), del número de cilindros (i) y del número de tiempos (t), el motor de mayor r.p.m. tendrá menores valores de D, s y en consecuencia, menor tamaño y peso.

- Para disminuir el desgaste del grupo pistón los motores se construyen con el mecanismo de biela manivela descentrado, es decir, que el eje del cilindro no intersecta con el eje del cigüeñal. Por lo tanto ambos ejes quedan desplazados a una cierta distancia, llamada distancia de descentrado (e).

  Todos los motores en la práctica llevan un descentrado relativo que oscila dentro de los límites de:

  $k = 0{,}04\ldots0{,}10$, donde $k = e/R$

<u>Relación radio de la manivela por la longitud de la biela</u> $\lambda = R/L$

Los valores de λ y en consecuencia la longitud de la biela se determinan considerando los siguientes criterios:

<u>Motores de bielas cortas (aumento de λ)</u>

- Aumenta el ángulo máximo de desviación de la biela, respecto del eje del cilindro.
- Aumenta la presión lateral sobre la pared del cilindro, incrementándose las pérdidas por fricción y el desgaste del cilindro.
- Aumentan las fuerzas de inercia, produciendo un incremento del desgaste del motor.
- Disminuye la altura del motor y su peso.

Los motores modernos se construyen con valores de esta relación comprendidos dentro de los límites de Λ = 1/3,0…1/4,8.

Los motores rápidos emplean bielas más largas, mientras que los motores de tractores usan bielas más cortas.

21 Transmisión por correas

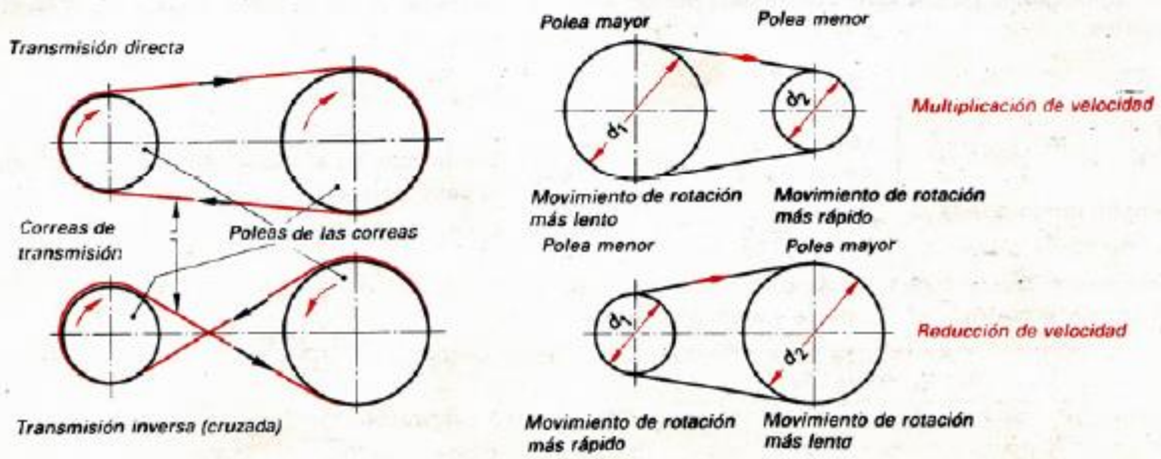
21.1 Transmisión sencilla

Explicación

La transmisión por correas sencilla (o simple) consta de dos poleas unidas por una correa.

Se distingue entre:
1º. Transmisión directa
Las dos poleas tienen el mismo sentido de giro

2º. Transmisión inversa (cruzada)
Las dos poleas tienen sentido de giro contrario.
La transmisión por correas es un arrastre de fuerza en el que la presión o esfuerzo de aprieto entre correas y poleas es tan grande, que una polea arrastra a la otra.



La transmisión por correas tiene dos objetivos:
1. Transmitir la fuerza motora (par)
2. Modificar el número de revoluciones

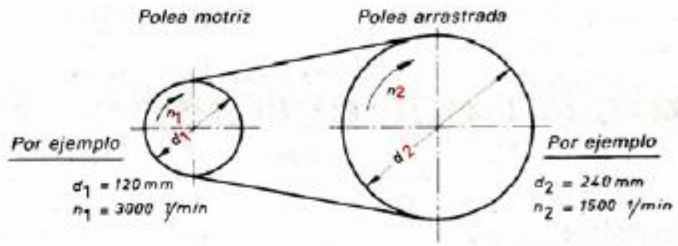
En la modificación se distingue entre:
1. Multiplicación
De lento a rápido

2. Reducción
De rápido a lento

La magnitud de la modificación es la relación de transmisión.

Por relación de transmisiones se entiende la que existe entre los números de revoluciones de las poleas.

Notaciones



n_1 = Número de revoluciones de la polea motriz $\left[\frac{1}{min}\right]$

d_1 = Diámetro de la polea motriz [mm]

v_{t1} = Velocidad tangencial de la polea motriz $\left[\frac{m}{s}\right]$

i = Relación de transmisión [—]

n_2 = Número de revoluciones de la polea arrastrada (1/min) $\left[\frac{1}{min}\right]$

d_2 = Diámetro de la polea arrastrada [mm]

v_{t2} = Velocidad tangencial de la polea arrastrada $\left[\frac{m}{s}\right]$

Observación: En la transmisión por correas se indican siempre las poleas motrices con subíndice impar (n_1, d_1) y las arrastradas con subíndice par (n_2, d_2).

Fórmula con ejemplo

1. Fórmula fundamental de la transmisión por correas

Las velocidades tangenciales de ambas poleas son iguales.

$$v_{t1} = v_{t2}$$

$$\frac{d_1 \cdot \pi \cdot n_1}{1000 \cdot 60} = \frac{d_2 \cdot \pi \cdot n_2}{1000 \cdot 60} \quad \Big| \begin{array}{l} \cdot 1000 \\ \cdot 60 \\ : \pi \end{array}$$

Simplificando queda

$$d_1 \cdot n_1 = d_2 \cdot n_2$$

Diámetro × Revoluciones de la polea motriz = Diámetro × Revoluciones de la polea arrastrada

$$\boxed{d_1 \cdot n_1 = d_2 \cdot n_2}$$

1. Despejar d_1 de la polea motriz de la fórmula.

$$d_1 \cdot n_1 = d_2 \cdot n_2$$

$$d_1 = \underline{\frac{d_2 \cdot n_2}{n_1}}$$

2. Comprobar en el dibujo anterior si 240 mm es el valor correcto para d_2.

$$d_1 \cdot n_1 = d_2 \cdot n_2$$

$$d_2 = \frac{d_1 \cdot n_1}{n_2}$$

$$d_2 = \frac{120 \cdot 3000}{1500}$$

$$d_2 = \underline{240 \text{ mm}}$$

2. Relación de transmisión del accionamiento por correas

Puesto que las velocidades tangenciales son iguales, la polea menor del dibujo debe dar dos vueltas mientras que la polea de doble tamaño (doble diámetro) sólo gira una vez.

El número de revoluciones de las poleas en la transmisión por correas es inversamente proporcional a los diámetros de éstas.

Por lo tanto: $\frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$

$$\text{Relación de transmisión} = \frac{\text{Nº revoluciones de la polea motriz}}{\text{Nº revoluciones polea arrastrada}}$$

$$\boxed{i = \frac{n_1}{n_2}}$$ Fórmula fundamental de la relación de transmisión

$$\text{Relación de transmisión} = \frac{\text{Diámetro polea arrastrada}}{\text{Diámetro polea motriz}}$$

$$\boxed{i = \frac{d_2}{d_1}}$$ La fórmula es válida para la transmisión por correas o por engranajes.

La relación de transmisión se calcula de modo que el numerador o el denominador es igual a 1.

1. Calcular en el dibujo anterior la relación de transmisión.

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{3000}{1500} = \frac{2}{1} = \underline{2:1} \text{ o}$$

$$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{240}{120} = \frac{2}{1} = \underline{2:1}$$

Observación: En la conversión de rápido a lento siempre figura 1 en el denominador puesto que *i* es mayor que 1.

2. d_1 = 450 mm, n_1 = 1200 1/min
   d_2 = 180 mm, n_2 = 3000 1/min

Calcular la relación de conversión i

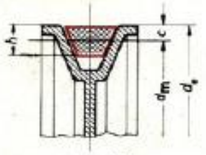
$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1200}{3000} = \frac{1}{3000:1200} \qquad i = \frac{1}{2{,}5} = \underline{1:2{,}5}$$

o bien

$$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{180}{450} = \frac{1}{450:180} \qquad i = \frac{1}{2{,}5} = \underline{1:2{,}5}$$

Observación: En la conversión de lento a rápido siempre figura 1 en el numerador puesto que *i* es menor que 1.

Observación



Transimisión por correa trapecial

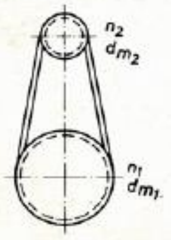
d_m = Diámetro medio
d_e = Diámetro exterior
c = Distancia de d_m a d_e
h = Altura de la correa

En la industria no se suele utilizar la correa plana sino la trapecial. En la transmisión por correa trapecial son válidas las mismas fórmulas, sólo que se trabaja con los diámetros medios.

$d_m = d_e - 2 \cdot c$ [mm]
$d_{m1} \cdot n_1 = d_{m2} \cdot n_2$

Las poleas para correas trapeciales están normalizadas en DIN 2217.

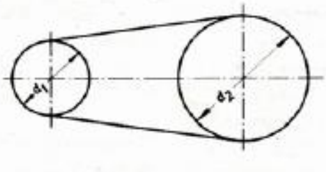
d_m = 20; 22; 25; 28; 32; 36; 40; 45; 50; 56 .....
c = 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 10; 12; 16 .....

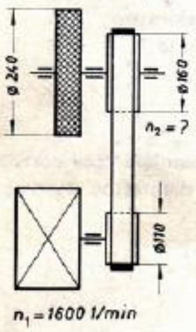


21.5 a) Calcular n_2 e i de la transmisión por correa trapecial con n_1 = 3 000 1/min, d_{m1} = 140 mm y d_{m2} = 100 mm.

b) Calcular n_1 y d_{m1} de la transmisión por correa trapecial con n_2 = 3 600 1/min, d_{m2} = 125 mm e i = 1 : 1,2.

21.6 Dados d_1 = 200 mm, n_1 = 2 450 1/min e i = 1,75 : 1, hallar d_2 y n_2.

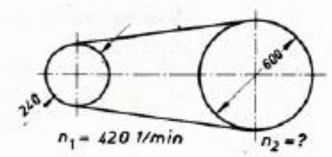




21.7 Un motor eléctrico lleva una polea de 110 mm y da 1 600 1/min. Mediante una transmisión por correa se acciona otra polea de 160 mm de diámetro solidaria a un eje que a su vez lleva una muela de 240 mm de diámetro.

Calcular:
a) Las revoluciones del eje de la muela.
b) La relación de transmisión i

21.8 ¿Cuánto vale n_2 en la transmisión del dibujo?



21.4 Unas poleas para correa trapecial tienen las siguientes dimensiones:

a) $d = 25$ mm $c = 1{,}5$ mm b) $d = 50$ mm $c = 2{,}5$ mm c) $d = 135$ mm $c = 5$ mm d) $d = 192$ mm $c = 6$ mm e) $d = 266$ mm $c = 8$ mm

Calcular sus diámetros medios d_m.

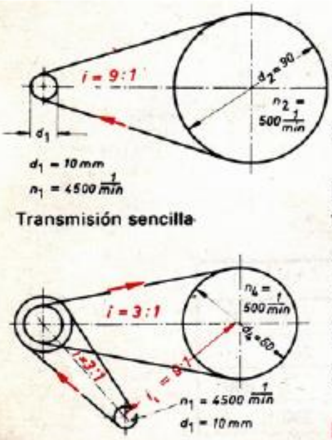


Fig. 1. Doble transmisión

21.2 Doble transmisión

Explicación

La doble transmisión por correa consta de dos transmisiones sencillas. Tiene doble función:

1º Con su ayuda se puede convertir un número muy alto de vueltas en otro muy bajo. Para que así fuera con una transmisión sencilla, patinaría la correa en la polea motriz y la arrastrada y tendría que ser muy grande.

2º Además, con la doble transmisión se puede arrastrar más de una polea.

La doble transmisión efectúa una gran reducción en dos etapas y puede accionar varios grupos a través de una polea arrastrada a un número de revoluciones determinado.

Notaciones

En la doble transmisión se tiene igualmente:

1. Números impares → poleas motrices
2. Números pares → poleas arrastradas

d_1 = ∅ polea motriz [mm]
d_2 = ∅ polea arrastrada [mm]
d_3 = ∅ polea motriz [mm]
d_4 = ∅ polea arrastrada [mm]
n_1 = Número revoluciones polea motriz $\left[\frac{1}{\text{min}}\right]$
n_2 = Número revoluciones polea arrastrada $\left[\frac{1}{\text{min}}\right]$
n_3 = Número revoluciones polea motriz $\left[\frac{1}{\text{min}}\right]$
n_4 = Número revoluciones polea arrastrada $\left[\frac{1}{\text{min}}\right]$

i_1 = Relación de transmisión de la primera transmisión sencilla
i_2 = Relación de transmisión de la segunda transmisión sencilla
i_t = Relación de transmisión total de la transmisión doble

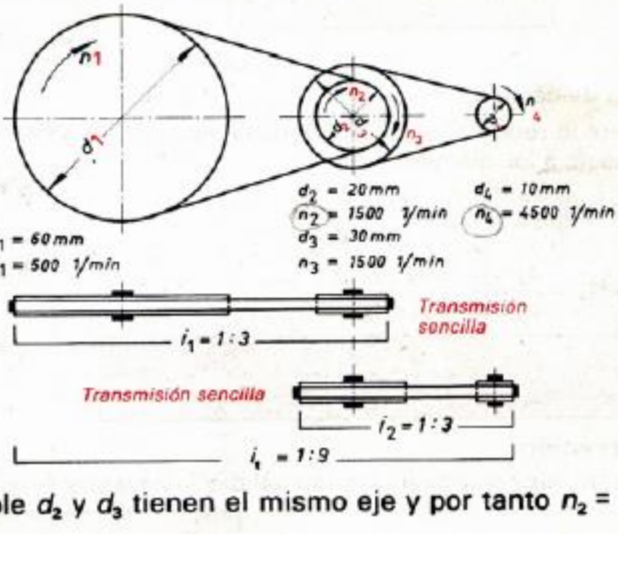


Fig. 2

En la transmisión doble d_2 y d_3 tienen el mismo eje y por tanto $n_2 = n_3$.

Fórmula con ejemplo

1. Cálculo del número de revoluciones n_4

1er Modo de calcularlo

La transmisión doble se descompone en dos sencillas.

$$d_1 \cdot n_1 = d_2 \cdot n_2$$

$$n_2 = \frac{d_1 \cdot n_1}{d_2}$$

$$d_3 \cdot n_3 = d_4 \cdot n_4$$

$$\boxed{n_4 = \frac{d_3 \cdot n_3 \text{ o bien } n_2}{d_4}}$$

Nota: $n_2 = n_3$

Calcular n_2 y n_4 con los datos del dibujo (fig. 2).

$$n_2 = \frac{d_1 \cdot n_1}{d_2} = \frac{60 \cdot 500}{20} = \underline{1500 \frac{1}{min}}$$

$$n_4 = \frac{d_3 \cdot n_2}{d_4} = \frac{30 \cdot 1500}{10} = \underline{4500 \frac{1}{min}}$$

2° Modo de calcularlo

$$n_4 = \frac{d_3 \cdot n_3 \text{ (o bien } n_2)}{d_4}$$

En esta fórmula se substituye n_3 ($= n_2$) por

$$n_2 (= n_3) = \frac{d_1 \cdot n_1}{d_2}$$

$$n_4 = \frac{d_3 \cdot d_1 \cdot n_1}{d_4 \cdot d_2}$$

Calcular n_4 del dibujo (fig. 2).

$$n_4 = \frac{d_3 \cdot d_1 \cdot n_1}{d_4 \cdot d_2} \left[\frac{1}{min}\right]$$

$$n_4 = \frac{30 \cdot 60 \cdot 500}{10 \cdot 20} \left[\frac{1}{min}\right]$$

$$n_4 = \underline{4500 \text{ 1/min}}$$

Por lo tanto:

$$n_4 = \frac{\varnothing \text{ poleas motrices}}{\varnothing \text{ poleas arrastradas}} \cdot n_1 \left[\frac{1}{min}\right]$$

$$\boxed{n_4 = \frac{d_3 \cdot d_1}{d_4 \cdot d_2} \cdot n_1 \left[\frac{1}{min}\right]}$$

2. Cálculo de la relación de transmisión total i_t

1er Modo de cálculo

Cálculo de las relaciones simples y multiplicación de ellas entre sí:

$$i_t = \frac{n_1}{n_2} \cdot \frac{n_3}{n_4} = \frac{n_1}{n_4} \quad (n_2 = n_3!)$$

$$\boxed{i_t = i_1 \cdot i_2}$$

Calcular i_1, i_2 e i_t en el dibujo anterior (fig. 2).

$$i_1 = \frac{n_1}{n_2} = \frac{500}{1500} = \frac{1}{3} = \underline{1:3}$$

$$i_2 = \frac{n_3}{n_4} = \frac{1500}{4500} = \frac{1}{3} = \underline{1:3}$$

$$i_t = i_1 \cdot i_2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3} = \underline{1:9}$$

2er Modo de cálculo

Se invierte la relación de los números de revoluciones respecto a los diámetros:

$$i_1 = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \qquad i_2 = \frac{n_3}{n_4} = \frac{d_4}{d_3}$$

$$i_t = i_1 \cdot i_2 = \frac{n_1 \cdot n_3}{n_2 \cdot n_4} = \frac{d_2 \cdot d_4}{d_1 \cdot d_3}$$

$$\boxed{i_t = \frac{n_1}{n_4} = \frac{d_2 \cdot d_4}{d_1 \cdot d_3}}$$

Calcular i_t en el dibujo anterior (fig. 2).

$$i_t = \frac{n_1}{n_4} = \frac{500}{4500} = \frac{1}{9} = \underline{1:9}$$

$$i_t = \frac{d_2 \cdot d_4}{d_1 \cdot d_3} = \frac{20 \cdot 10}{60 \cdot 30}$$

$$i_t = \frac{20}{180} = \frac{1}{9} = \underline{1:9}$$

Observación

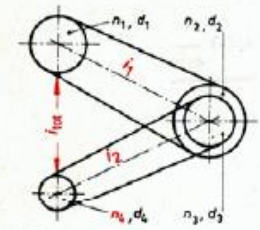
Para transmisiones múltiples son válidas las mismas fórmulas:

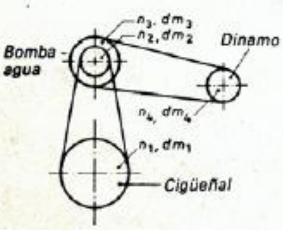
n_o = Número de revoluciones inicial

n_t = Número de revoluciones final

$$\boxed{\begin{aligned} i_t &= i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot i_4 \ldots \\ i_t &= \frac{d_2 \cdot d_4 \cdot d_6 \ldots}{d_1 \cdot d_3 \cdot d_5 \ldots} \end{aligned}}$$

$$\boxed{\begin{aligned} i_t &= \frac{n_o}{n_t} \\ n_t &= \frac{d_1 \cdot d_3 \cdot d_5 \ldots}{d_2 \cdot d_4 \cdot d_6 \ldots} \cdot n_o \end{aligned}}$$





Ejercicios

21.9 Despejar todos los términos de las fórmulas $n_4 = \frac{d_3 \cdot d_1}{d_4 \cdot d_2} \cdot n_1$ e $\boxed{i_t} = \frac{n_1}{n_4}$

21.10 La doble transmisión del dibujo de al lado tiene los siguientes valores:

$d_1 = 100$ mm $n_1 = 420$ 1/min $d_2 = 150$ mm $d_3 = 88$ mm $d_4 = 70$ mm

a) Calcular n_4 de los dos modos.
b) Determinar i_1, i_2 e i_t.

21.11 Una doble transmisión por correas tiene los siguientes valores:

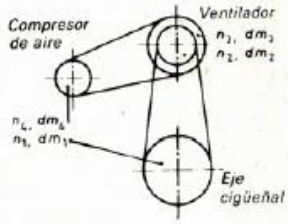
$d_1 = 75$ mm, $n_1 = 500$ 1/min, $d_2 = 30$ mm, $d_3 = 50$ mm, $d_4 = 20$ mm.

a) Calcular n_4 de las dos maneras.
b) Buscar i_1, i_2 e i_t de las dos maneras.
c) Dibujar la doble transmisión en papel milimetrado.

21.12 La transmisión con correas trapeciales del dibujo tiene:

$d_{m_1} = 125$ mm $d_{m_2} = 80$ mm $d_{m_3} = 112$ mm $d_{m_4} = 90$ mm

a) ¿Cuál es el número de revoluciones de la bomba de agua si el del motor es $n_1 = 2\,400$ 1/min?
b) Calcular las revoluciones de la dinamo cuando las del motor son $n_1 = 1\,800$ 1/min.



21.13

21.13 Un compresor de aire tiene $d_{m4} = 80$ mm y da 6 300 1/min. El ventilador intercalado lleva unas poleas para correa trapecial de $d_{m3} = 125$ mm y $d_{m2} = 100$ mm, respectivamente. El número de vueltas del cigüeñal n_1 es de 2 880 1/min.

a) ¿Cuánto vale d_{m1}? b) Calcular i_t.

21.14 Una doble transmisión por correa tiene los siguientes valores:

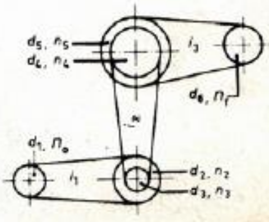
$i_1 = 2{,}5:1$; $d_1 = 120$ mm; $n_1 = 1400$ 1/min; $d_3 = 100$ mm; $d_4 = 250$ mm.

a) Calcular d_2, n_2 (n_3); n_4 e i_t.
b) Dibujar la doble transmisión en papel milimetrado a escala 1 : 5.

21.15 La transmisión múltiple representada tiene los siguientes valores:

$n_o = 2500$ 1/min $d_1 = 80$ mm $d_4 = 125$ mm $d_5 = 153$ mm $d_6 = 90$ mm
$i_1 = 1{,}25:1$ $i_2 = 2{,}5:1$

Calcular: a) d_2 y d_3 en mm; b) n_f; c) i_3; d) i_t.



21.15

21.16 Una transmisión múltiple por correa tiene los siguientes valores:

$d_1 = 150$ mm $d_2 = 400$ mm $d_4 = 450$ mm $d_6 = 200$ mm
$n_1 = 1200$ 1/min $d_3 = 200$ mm $d_5 = 500$ mm

a) Dibujarla en papel milimetrado.
b) Calcular n_4 e i_t.

21.17 Una transmisión por correa tiene los siguientes valores.

$n_1 = 1400$ 1/min; $d_1 = 90$ mm $d_2 = 250$ mm; $d_3 = 120$ mm; $d_4 = 220$ mm; Calcular:

a) El número final de revoluciones.
b) La relación de transmisión total.