

TORNILLO SIN FIN CORONA.

Este mecanismo permite transmitir el movimiento entre árboles que se cruzan. El árbol motor coincide siempre con el tornillo sin fin, que comunica el movimiento de giro a la rueda dentada que engrana con él, llamada corona.

Una vuelta completa del tornillo provoca el avance de un diente de la corona.

En ningún caso puede usarse la corona como rueda motriz.

Por cada vuelta de la corona, el tornillo completa tantas vueltas como número de dientes tenga la corona. La velocidad de giro del eje conducido depende del número de entradas del tornillo y del número de dientes de la rueda. Se puede entender el número de entradas del tornillo como en número de hélices simples que lo forman. La expresión por la que se rige este mecanismo es similar a la de las ruedas dentadas teniendo en cuenta el número de entradas del tornillo como elemento motor en este caso:

$$n_1 \times e_1 = n_2 \times Z_2$$

n número de vueltas.

z número de dientes de la rueda conducida.

e número de entradas del tornillo sin fin.

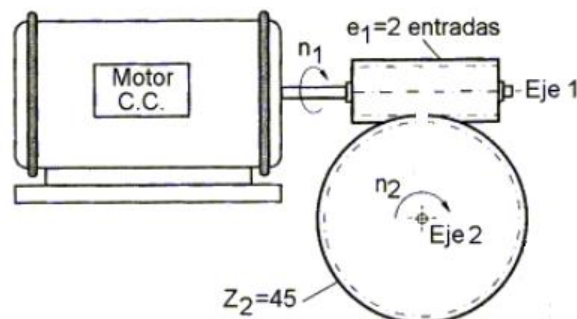
Por lo tanto la relación de transmisión del sistema es:

$$r_t = n_2 / n_1 = e_1 / Z_2$$

Teniendo en cuenta que e siempre es mucho menor que z, la relación de transmisión siempre será menor por lo que actuará como un reductor de velocidad. En el caso habitual de una sola entrada (e = 1), el tornillo sin fin se hace equivalente a un engranaje que tuviese un sólo diente, siendo la relación de reducción directamente igual al número de dientes del engranaje.

En este mecanismo un tornillo sin fin (1) va montado en el eje motor, haciendo girar la corona que es el eje de salida (2). Este mecanismo no puede funcionar en sentido contrario, es decir, es irreversible.

Con este mecanismo, se consigue transmitir fuerza y movimiento entre dos ejes perpendiculares, con relaciones de transmisión muy elevadas.



TRABAJO PRÁCTICO N° 1.

Es necesario conseguir una reducción de velocidad con una relación de transmisión $r_t = 1/80$, para ello se utiliza un mecanismo tornillo sin fin corona, si el sin fin es de dos entradas y es arrastrado por un motor que gira a 3000 (rpm). Calcular:

- a) Velocidad del eje de salida.
- b) Número de dientes de la corona.

a) $r_t = n_2 / n_1$

$n_2 = r_t \times n_1$

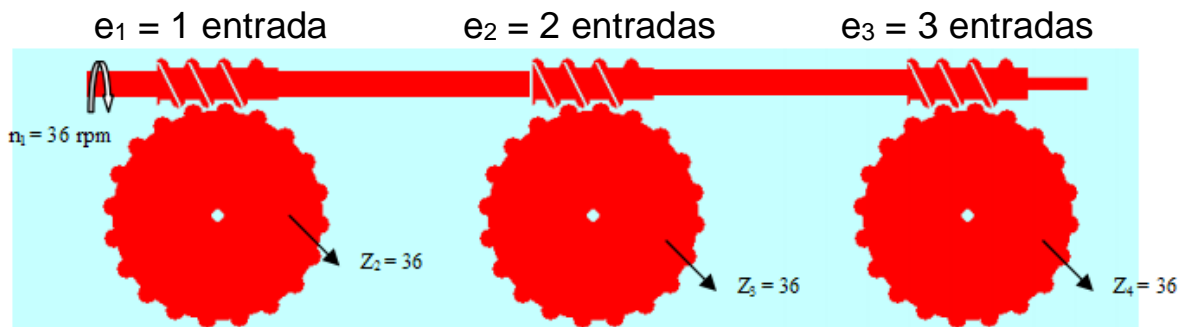
$n_2 = 1 / 80 \times 3000 = 37,5 \text{ (rpm)}.$

b) $r_t = e_1 / z_2$

$z_2 = e_1 / r_t = 2 / 1 / 80 = 160 \text{ (dientes)}.$

TRABAJO PRÁCTICO N° 2.

¿Cuántas vueltas darán cada una de las ruedas del sistema sabiendo que el eje de los tonillos sin fin gira a 36 (rpm)?



$n_1 \times e_1 = n_2 \times z_2$

$n_2 = n_1 \times e_1 / z_2 = 36 \text{ (rpm)} \times 1 / 36 = 1 \text{ (rpm)}.$

$n_1 \times e_1 = n_2 \times z_2$

$n_2 = n_1 \times e_1 / z_2 = 36 \text{ (rpm)} \times 2 / 36 = 2 \text{ (rpm)}.$

$n_1 \times e_1 = n_2 \times z_2$

$n_2 = n_1 \times e_1 / z_2 = 36 \text{ (rpm)} \times 3 / 36 = 3 \text{ (rpm)}.$

TRABAJO PRÁCTICO N° 3.

Un tornillo sin fin de 1 entrada gira a 1500 (rpm) y arrastra una rueda dentada de 30 (dientes).

Calcular la velocidad a la que gira dicha rueda y la relación de transmisión del sistema.

$$n_1 \times e_1 = n_2 \times z_2$$

$$n_2 = n_1 \times e_1 / z_2 = 1500 \text{ (rpm)} \times 1 / 30 = 50 \text{ (rpm)}.$$

$$r_t = e_1 / z_2 = 1 / 30.$$

TRABAJO PRÁCTICO N° 4.

Un motor que gira a 450 (rpm) tiene conectado en su eje un sistema de tornillo sin fin de 2 entradas y una rueda de 45 (dientes). Calcular la velocidad de la rueda en rpm, así como la relación de transmisión del sistema.

$$n_1 \times e_1 = n_2 \times z_2$$

$$n_2 = n_1 \times e_1 / z_2 = 450 \text{ (rpm)} \times 2 / 45 = 20 \text{ (rpm)}.$$

$$r_t = e_1 / z_2 = 2 / 45.$$

TRABAJO PRÁCTICO N° 5.

Tenemos un mecanismo tornillo sin fin corona. El piñón tiene 60 (dientes) y engrana con un tornillo sin fin de 2 filetes que gira a 240 (rpm).

Calcular:

a) La relación de transmisión y la velocidad de giro del árbol de la corona.

b) La velocidad de rotación de salida si el sin fin fuera de un filete.

$$r_t = e_1 / z_2 = 2 / 60 = 1 / 30.$$

$$n_2 = r_t \times n_1$$

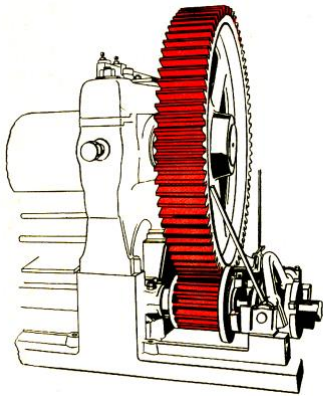
$$n_2 = 1 / 30 \times 240 = 8 \text{ (rpm)}.$$

$$n_1 \times e_1 = n_2 \times z_2$$

$$n_2 = n_1 \times e_1 / z_2 = 240 \text{ (rpm)} \times 1 / 60 = 4 \text{ (rpm)}.$$

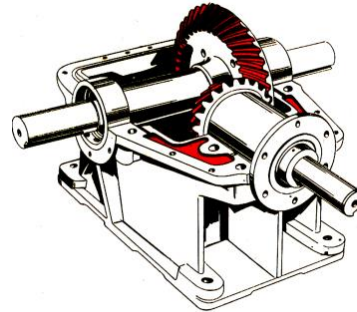
ENGRANAJES.

POSICIÓN DE LOS EJES.



Ejes paralelos

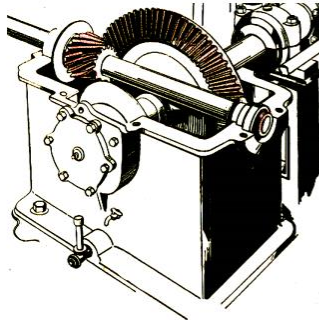
Reducción con engranajes cilíndricos de dientes rectos



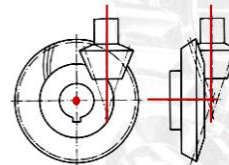
Ejes que se interceptan



Reducción con engranajes cónicos de dientes en espiral



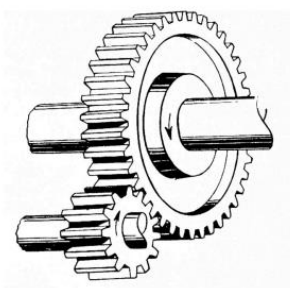
Ejes cruzados



Reducción con engranajes cónicos hipoidales

TIPOS DE ENGRANAJES.

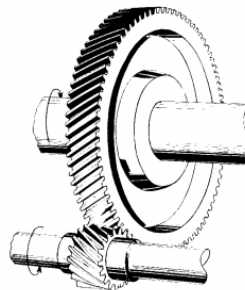
ENGRANAJES CILÍNDRICOS.



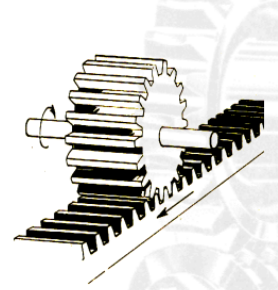
Engranajes cilíndricos rectos con contacto externo



Engranajes cilíndricos rectos con contacto interno

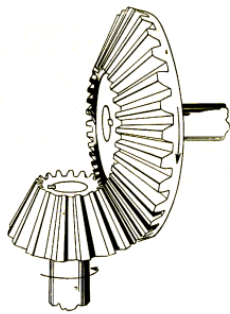


Engranajes cilíndricos helicoidales



Engranaje recto y cremallera

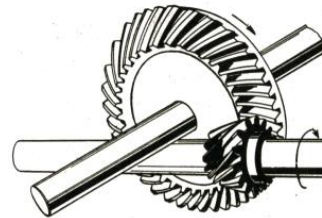
ENGRANAJES CÓNICOS.



Engranajes cónicos rectos



Engranajes cónicos en espiral



Engranajes cónicos hipoidales

ENGRANAJE Y TORNILLO SIN FIN.



Engranajes sin fin

ENGRANAJES DE DIENTES RECTOS.

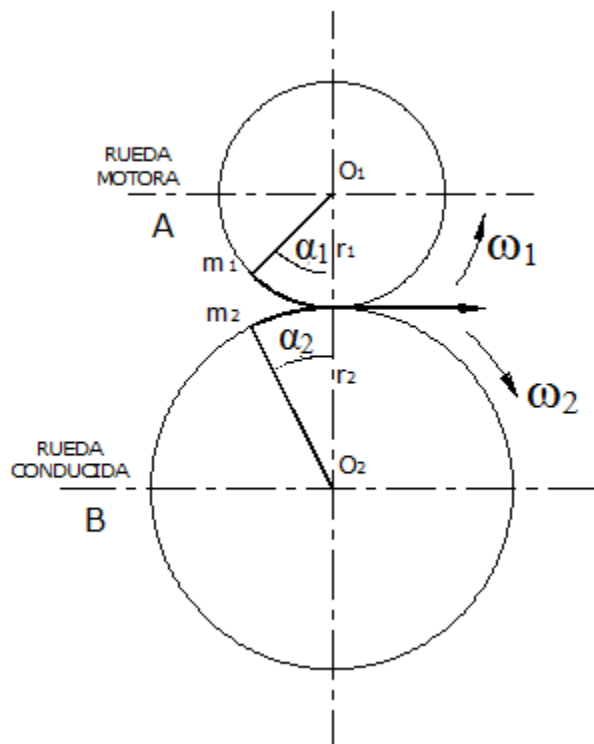
Los engranajes de dientes rectos, son aquellos donde todos los elementos de sus dientes, son paralelos al eje que los soporta. Se utilizan para transmitir potencia entre ejes paralelos.

Sea A, la rueda Motora animada de una velocidad angular ω_1 que presenta un radio r_1 ; B, la rueda conducida, su velocidad angular ω_2 y su radio r_2 . Si admitimos que no existe resistencia en el árbol conducido y por lo tanto no se produce resbalamiento entre las superficies periféricas de contacto, la velocidad V tangencial tiene un valor común:

$$V = \omega_1 \times r_1 = \omega_2 \times r_2$$

$$\omega_1 / \omega_2 = r_2 / r_1 = d_2 / d_1$$

Las velocidades angulares son inversamente proporcionales a los radios respectivos y a sus diámetros.



Si reemplazamos las velocidades angulares por su equivalente $\omega = \pi \times n / 30$ se tiene:

$$n_1 / n_2 = d_2 / d_1 = \omega_1 / \omega_2$$

n_1 y n_2 velocidades de rotación (rpm).

$$n_1 \times d_1 = n_2 \times d_2$$

El producto de la velocidad de rotación de la rueda motora por su diámetro es igual al producto de la velocidad de rotación de la rueda conducida por su diámetro.

En las ruedas circulares los radios respectivos son de valor constante.

La distancia entre los centros considerada también constante tiene en cualquier posición un valor:

$$L = r_1 + r_2 = d_1 / 2 + d_2 / 2$$

r_1 Radio base de la circunferencia motora.

r_2 Radio base de la circunferencia conducida.

a – a Recta tangente a ambas circunferencias bases.

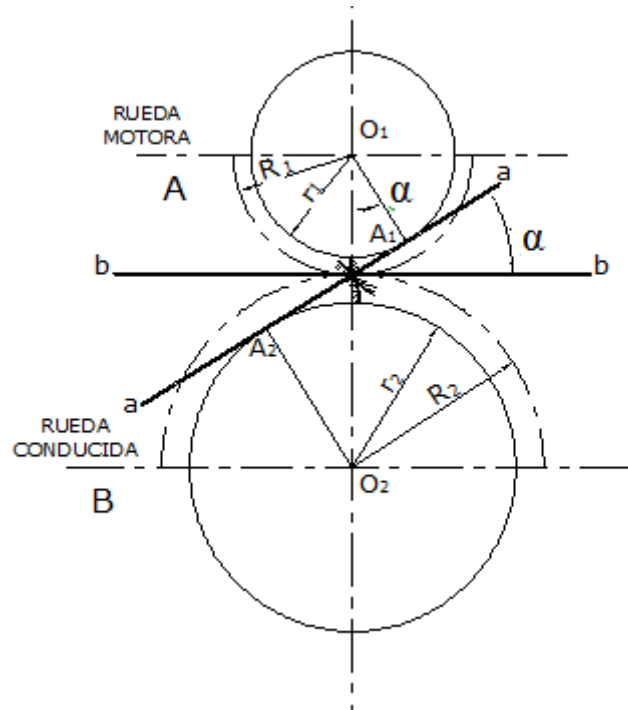
b – b Recta tangente a ambas circunferencias primitivas.

La recta a – a es la línea de engrane y recta de presiones o de acción.

El ángulo formado por las tangentes a – a y b – b es el ángulo α = ángulo de presión o de acción.

Los radios de los círculos bases r , y de los círculos primitivos R , y el ángulo de presión α están ligados por las relaciones:

$$r_1 = R_1 \times \cos \alpha ; r_2 = R_2 \times \cos \alpha$$



RECTA DE ACCIÓN.

Durante la rotación de las ruedas, el contacto entre las evolventes se mantiene siempre sobre un segmento de la recta indefinida a. el largo de este segmento está limitado por las circunferencias de cabeza de los dientes (Recta M. O. N). Esta recta forma un ángulo α = con valores entre $14^{\circ} 30''$ y 30° .

$\alpha = 15^{\circ}$ cuando $Z \geq 12$ dientes.

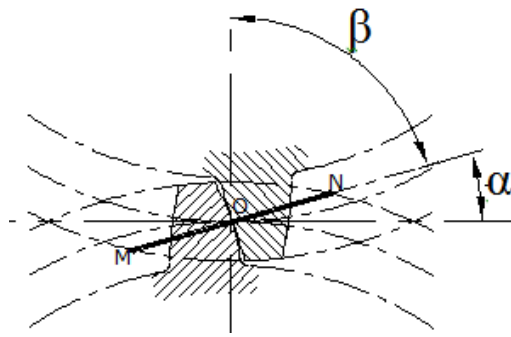
$\alpha = 20^{\circ}$ cuando $Z = 9$ dientes.

$\alpha = 25^{\circ}$ cuando $Z = 7$ dientes.

$\alpha = 30^{\circ}$ cuando $Z = 6$ dientes.

LÍNEA DE ENGRANE.

En las ruedas con perfil de evolvente, la línea de contacto o de engrane, es un segmento de la recta de acción, limitada por las circunferencias exteriores o de cabeza de ambas ruedas, recta MN.



La relación de transmisión r_t es inversamente proporcional al número de dientes.

$$r_t = n_2 / n_1 = Z_1 / Z_2$$

Los diámetros primitivos de dos ruedas que engranan entre sí, son directamente proporcionales a sus respectivos números de dientes.

$$D_{P1} / D_{P2} = Z_1 / Z_2$$

La distancia axial L es igual a la suma de los radios.

$$L = R_{P1} + R_{P2} = D_{P1} / 2 + D_{P2} / 2$$

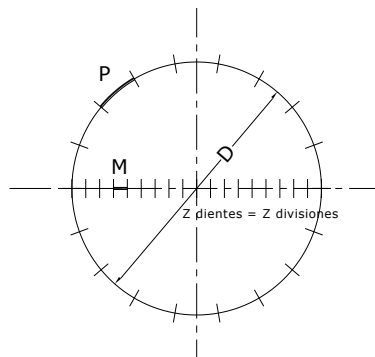
$$n_1 \times D_{P1} = n_2 \times D_{P2} \rightarrow D_{P2} = D_{P1} \times n_1 / n_2$$

$$L = D_{P1} / 2 \times (n_2 + n_1) / n_2$$

El paso circunferencial es el segmento de arco de la circunferencia primitiva comprendido entre dos ejes de dientes consecutivos.

$$P_C = \pi \times D_{P1} / Z_1 = \pi \times D_{P2} / Z_2 = \text{Constante.}$$

LA IGUALDAD DE PASO ES CONDICION FUNDAMENTAL DE ENGRANE.



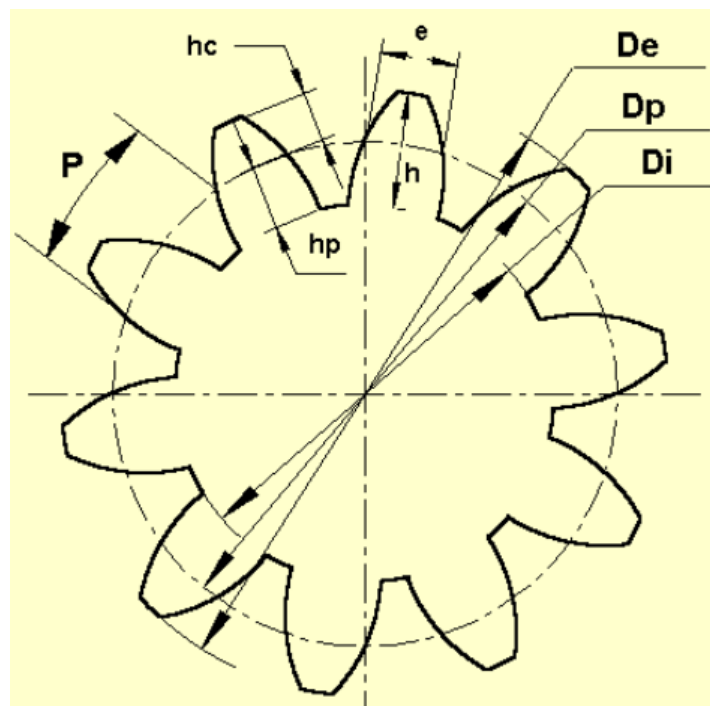
El módulo es el segmento obtenido dividiendo el diámetro por el número de dientes.

$$M = P_C / \pi = D_{P1} / Z_1 = D_{P2} / Z_2 = \text{Constante.}$$

La velocidad tangencial tiene un valor común en el punto de contacto de las circunferencias primitivas.

$$V = \pi \times D_{P1} \times n_1 / 60 = \pi \times D_{P2} \times n_2 / 60 = \text{Constante.}$$

NOMENCLATURA Y EXPRESIONES.



Diámetro primitivo (Dp). Es el diámetro correspondiente a la circunferencia primitiva.

Diámetro exterior (De). También denominado diámetro total, es el correspondiente a la circunferencia en la cual está inscrita la rueda dentada.

Diámetro interior (Di). Conocido también como diámetro de fondo, es el correspondiente a la circunferencia que limita interiormente a los dientes.

Paso circular (P). Es la distancia entre dos puntos homólogos de dos dientes consecutivos, medida sobre la circunferencia primitiva. Para que dos ruedas engranen ambas tienen que tener el mismo paso circular.

Módulo (M). Es el cociente que resulta de dividir el diámetro primitivo, expresado en milímetros, entre el número de dientes de la rueda.

Altura del diente (h). Medida desde el fondo del diente a la cresta.

Altura de la cabeza del diente (h_c). Medida desde la circunferencia primitiva a la cresta del diente.

Altura del pie del diente (h_p). Medida desde el fondo del diente a la circunferencia primitiva.

Espesor del diente (e). Medido sobre la circunferencia primitiva.

Espesor del vano (c). Medido sobre la circunferencia primitiva.

Módulo: según lo expuesto anteriormente.

$$M = D_P / Z$$

Como la longitud del paso circular P es igual al desarrollo de la circunferencia primitiva dividida entre el número de dientes z, nos permite expresar:

$$P = \pi \times D_P / Z = \pi \times M$$

despejando M:

$$M = P / \pi$$

Al ser P una constante tendremos que si dos ruedas tienen el mismo paso circular, tienen también el mismo módulo, en consecuencia podremos expresar: Para que dos ruedas puedan formar un engranaje deben tener el mismo

módulo.

La importancia del módulo estriba en que es la magnitud que sirve para dimensionar los demás elementos de las ruedas dentadas.

He aquí una fórmula sencilla para encontrar el módulo de una rueda: se mide el diámetro exterior de esta y se divide por el número de dientes que tenga ésta más dos.

$$M = D_E / Z + 2$$

Las ruedas se fabrican con una serie de módulos normalizados cuyos valores en mm son:

De 1 a 4, aumentando en 0,25 mm: 1 - 1,25 - 1,5 -4 mm.

De 4 a 7, aumentando en 0,5 mm: 4 - 4,5 - 5 -7 mm.

De 7 a 14, aumentando en 1 mm: 7 - 8 - 9 -14 mm.

De 14 a 20, aumentando en 2 mm: 14 - 16 - 18 -20 mm.

Altura del diente (h). $h = 2,25 \times M$

Altura de la cabeza del diente (h_C). $h_C = M$

Altura del pie del diente (h_P). $h_P = 1,25 \times M$

Espesor del diente (e). $e = 0,5 \times P$

Espesor del vano (c). $c = 0,5 \times P$

Anchura del diente (B). $B = M \times 10$

Diámetro primitivo (D_P). $D_P = M \times Z$

Diámetro exterior (D_E). $D_E = D_P + 2 \times h_C = D_P + 2 \times M$

Diámetro interior (D_I). $D_I = D_P - 2 \times h_P = D_P - 2,5 \times M$

TRABAJO PRÁCTICO N° 1.

Determinar la velocidad periférica o tangencial de la circunferencia primitiva de una rueda de: $Z = 30$ (dientes); $n = 120$ (rpm); Módulo = 5,5 (mm).

$$M = D_P / Z \rightarrow D_P = M \times Z = 5,5 \text{ (mm)} \times 30 \text{ (dientes)} = 165 \text{ (mm)} = 0,165 \text{ (m)}.$$

$$V_P = \pi \times D_P \times n / 60 = 3,14 \times 0,165 \text{ (m)} \times 120 / 60 = 1,036 \text{ (m/seg)}.$$

TRABAJO PRÁCTICO N° 2.

Determinar el diámetro primitivo de una rueda de $Z_1 = 60$ (dientes) que debe engranar con un piñón de $Z_2 = 15$ (dientes), sabiendo que el diámetro primitivo del piñón es de 108,75 (mm).

$$M = D_P / Z_2 = 108,75 \text{ (mm)} / 15 \text{ (dientes)} = 7,25 \text{ (mm)}.$$

$$D_P = M \times Z = 7,25 \text{ (mm)} \times 60 \text{ (dientes)} = 435 \text{ (mm)}.$$

TRABAJO PRÁCTICO N° 3.

¿Cuál es la distancia axial que corresponde a dos ruedas dentadas de $Z_1 = 38$ (dientes) y $Z_2 = 24$ (dientes), de módulo 7,5 (mm)?

$$D_{P1} = M \times Z_1 = 7,50 \text{ (mm)} \times 38 \text{ (dientes)} = 285 \text{ (mm)}.$$

$$D_{P2} = M \times Z_2 = 7,50 \text{ (mm)} \times 24 \text{ (dientes)} = 180 \text{ (mm)}.$$

$$L = (D_{P1} + D_{P2}) / 2 = [285 \text{ (mm)} + 180 \text{ (mm)}] / 2 = 232,5 \text{ (mm)}.$$

TRABAJO PRÁCTICO N° 4.

Conocido el diámetro primitivo de una rueda y su número de dientes, calcular el paso circunferencial y el paso diametral o módulo.

Datos: $D_P = 165 \text{ (mm)}$ $Z = 30$ (dientes).

$$P_C = \pi \times D_P / Z = 3,14 \times 165 \text{ (mm)} / 30 \text{ (dientes)} = 17.27 \text{ (mm)}.$$

$$M = D_P / Z = 165 \text{ (mm)} / 30 \text{ (dientes)} = 5,5 \text{ (mm)}.$$

TRABAJO PRÁCTICO N° 5.

Si la distancia axial entre dos ruedas es $L = 360 \text{ (mm)}$ y las velocidades de rotación $n_1 = 120 \text{ (rpm)}$ y $n_2 = 240 \text{ (rpm)}$ ¿Cuál es el valor de los respectivos diámetros?

$$D_2 = 2 \times (L - D_1 / 2) \quad \text{Además } D_2 = D_1 \times n_1 / n_2$$

$$2 \times (L - D_1 / 2) = D_1 \times n_1 / n_2$$

$$D_1 = 2 \times L / [(n_1 / n_2) + 1]$$

$$D_1 = 2 \times 360 \text{ (mm)} / [(120 \text{ (rpm)} / 240 \text{ (rpm)}) + 1] = 480 \text{ (mm)}.$$

$$D_2 = D_1 \times n_1 / n_2 = 480 \text{ (mm)} \times 120 \text{ (rpm)} / 240 \text{ (rpm)} = 240 \text{ (mm)}.$$

TRABAJO PRÁCTICO N° 6.

Se conoce el diámetro exterior $D_2 = 250 \text{ (mm)}$ y el número de dientes $Z_2 = 48$ (dientes) de una rueda que se desea hacerla engranar con otra que esté con aquella en la relación $Z_2 / Z_1 = 1 / 3$. Determinar los diámetros primitivos y la distancia necesaria entre sus ejes.

$$M = D_E / (Z + 2) = 250 \text{ (mm)} / [48 \text{ (dientes)} + 2] = 5 \text{ (mm)}.$$

$$D_{P2} = M \times Z_2 = 5 \text{ (mm)} \times 48 \text{ (dientes)} = 240 \text{ (mm)}.$$

$$Z_2 / Z_1 = 1 / 3 \rightarrow Z_1 = 3 \times Z_2 = 3 \times 48 \text{ (dientes)} = 144 \text{ (dientes)}.$$

$$D_{P1} = M \times Z_1 = 5 \text{ (mm)} \times 144 \text{ (dientes)} = 720 \text{ (mm)}.$$

$$L = (D_{P1} + D_{P2}) / 2 = [240 \text{ (mm)} + 720 \text{ (mm)}] / 2 = 480 \text{ (mm)}.$$

TRABAJO PRÁCTICO N° 7.

Un juego de engranajes formado por un piñón y una rueda transmiten una potencia de 20 (Cv), la velocidad de rotación del piñón es $n_1 = 150$ (rpm), la de la rueda $n_2 = 60$ (rpm), distancia axial $L = 840$ (mm). Determinar los diámetros primitivos.

$$L = D_{P1} / 2 \times (n_2 + n_1) / n_2 = 840 \text{ (mm)}.$$

$$840 \text{ (mm)} = D_{P1} / 2 \times [60 \text{ (rpm)} + 150 \text{ (rpm)}] / 60 \text{ (rpm)}$$

$$D_{P1} = 480 \text{ (mm)}.$$

$$L = (D_{P1} + D_{P2}) / 2 = 840 \text{ (mm)}$$

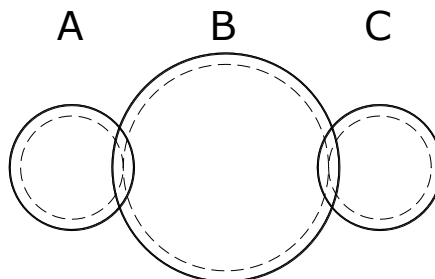
$$840 \text{ (mm)} = [480 \text{ (mm)} + D_{P2}] / 2 \rightarrow 1680 \text{ (mm)} = [480 \text{ (mm)} + D_{P2}]$$

$$D_{P2} = 1680 \text{ (mm)} - 480 \text{ (mm)} = 1200 \text{ (mm)}.$$

TRABAJO PRÁCTICO N° 8.

Observa la transmisión entre ruedas dentadas de la figura.

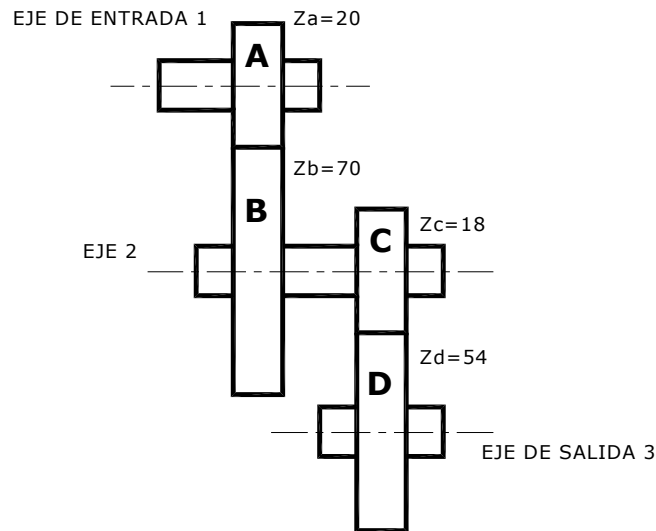
- ¿Cuál de las ruedas A o C girará más rápido?
- ¿Cuál de las ruedas B o C girará más rápido?
- ¿Para qué sirve la rueda B?



- a) Las ruedas A y C giran a la misma velocidad ya que son iguales.
- b) La rueda C gira más rápido que la B, ya que C tiene menor número de dientes.
- c) Para que A y C giren en el mismo sentido.

TRABAJO PRÁCTICO N° 9.

En el tren de engranajes de la figura el eje de entrada gira a 1750 (rpm) en el sentido de las agujas del reloj. Calcular la velocidad de giro y el sentido de giro del eje de salida.



$$n_A \times Z_A = n_B \times Z_B \rightarrow n_B = 1750 \text{ (rpm)} \times 20 / 70 = 500 \text{ (rpm)}.$$

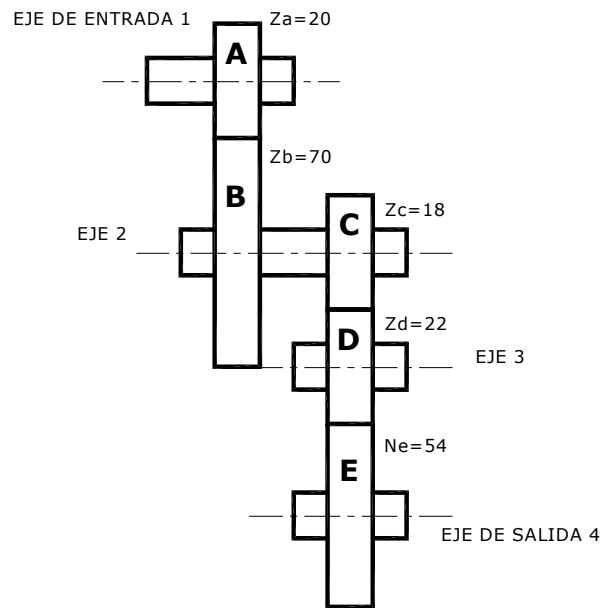
$$n_B = n_C = 500 \text{ (rpm)}.$$

$$n_C \times Z_C = n_D \times Z_D \rightarrow n_D = 500 \text{ (rpm)} \times 18 / 54 = 166,7 \text{ (rpm)}.$$

El eje 1 gira en el sentido de las agujas del reloj al igual que el eje 3, mientras que el eje 2 lo hace en sentido inverso.

TRABAJO PRÁCTICO N° 10.

Si el eje que soporta el engranaje A gira a 1750 (rpm) en el sentido de las agujas del reloj, calcular la velocidad y el sentido de giro del eje que soporta el engranaje E.



$$n_A \times Z_A = n_B \times Z_B \rightarrow n_B = 1750 \text{ (rpm)} \times 20 / 70 = 500 \text{ (rpm)}.$$

$$n_B = n_C = 500 \text{ (rpm)}.$$

$$n_C \times Z_C = n_D \times Z_D \rightarrow n_D = 500 \text{ (rpm)} \times 18 / 22 = 409,1 \text{ (rpm)}.$$

$$n_D \times Z_D = n_E \times Z_E \rightarrow n_E = 409,1 \text{ (rpm)} \times 22 / 54 = 166,7 \text{ (rpm)}.$$

El eje 1 gira en el sentido de las agujas del reloj al igual que el eje 3, mientras que el eje 2 y el 4 lo hacen en sentido inverso.

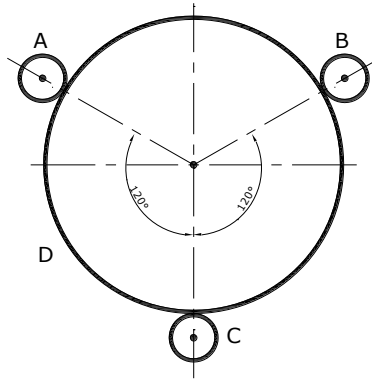
TRABAJO PRÁCTICO N° 11.

Una rueda dentada tiene 88 (dientes) y su diámetro exterior $D_E = 450 \text{ (mm)}$ gira a 240 (rpm) en sentido horario. Dicha rueda se encarga de mover otras tres ruedas A, B y C las cuales se ubican como muestra la figura.

A y B tienen el mismo número de dientes y giran a la mitad del número de vueltas de C.

Se conoce el $D_{PC} = 60 \text{ (mm)}$.

Determinar el número de dientes de A, B y C.



$$M = D_E / (Z + 2) = 450 \text{ (mm)} / [88 \text{ (dientes)} + 2] = 5 \text{ (mm)}.$$

$$M = D_P / Z \rightarrow D_P = M \times Z = 5 \text{ (mm)} \times 88 \text{ (dientes)} = 440 \text{ (mm)}.$$

$$Z = D_{PC} / M = 60 \text{ (mm)} / 5 \text{ (mm)} = 12 \text{ (dientes)}.$$

$$n_D \times Z_D = n_C \times Z_C \rightarrow n_C = 240 \text{ (rpm)} \times 88 / 12 = 1760 \text{ (rpm)}.$$

$$n_A = n_B = 880 \text{ (rpm)}.$$

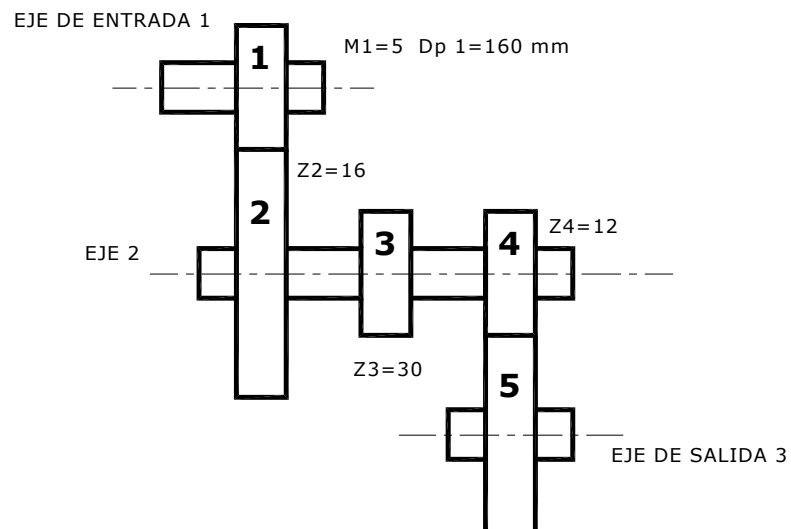
$$n_A \times Z_A = n_D \times Z_D \rightarrow Z_A = 240 \text{ (rpm)} \times 88 / 880 \text{ (rpm)} = 24 \text{ (dientes)}.$$

$$Z_A = Z_B = 24 \text{ (dientes)}.$$

TRABAJO PRÁCTICO N° 12.

Determinar la cantidad de dientes de la rueda 5 para que las rpm del eje 3 se reduzcan a la tercer parte de las existentes en el eje 1.

V_{T1} Velocidad Tangencial de la Rueda Primitiva 1= 12,15 (m/seg).



$$V_{T1} = \pi \times D_{P1} \times n_1 / 60 \rightarrow n_1 = 60 \times V_{T1} / \pi \times D_{P1}$$

$$n_1 = 60 \times 12,15 \text{ (m/seg)} / \pi \times 0,16 \text{ (m)} = 1450 \text{ (rpm)}.$$

$$D_{P1} = M \times Z_1 \rightarrow Z_1 = D_{P1} / M = 160 \text{ (mm)} / 5 \text{ (mm)} = 32 \text{ (dientes)}.$$

$$n_1 \times Z_1 = n_2 \times Z_2 \rightarrow n_2 = 1450 \text{ (rpm)} \times 32 / 16 = 2900 \text{ (rpm)}.$$

$$n_2 \times Z_4 = n_3 \times Z_5 \rightarrow Z_5 = 2900 \text{ (rpm)} / (1450 \text{ (rpm)} / 3) \times 12 = 72 \text{ (dientes)}.$$

TRABAJO PRÁCTICO N° 13.

Un motor gira a 1450 (rpm) y sobre su eje se encuentra montada una rueda dentada que tiene $Z_1 = 40$ (dientes).

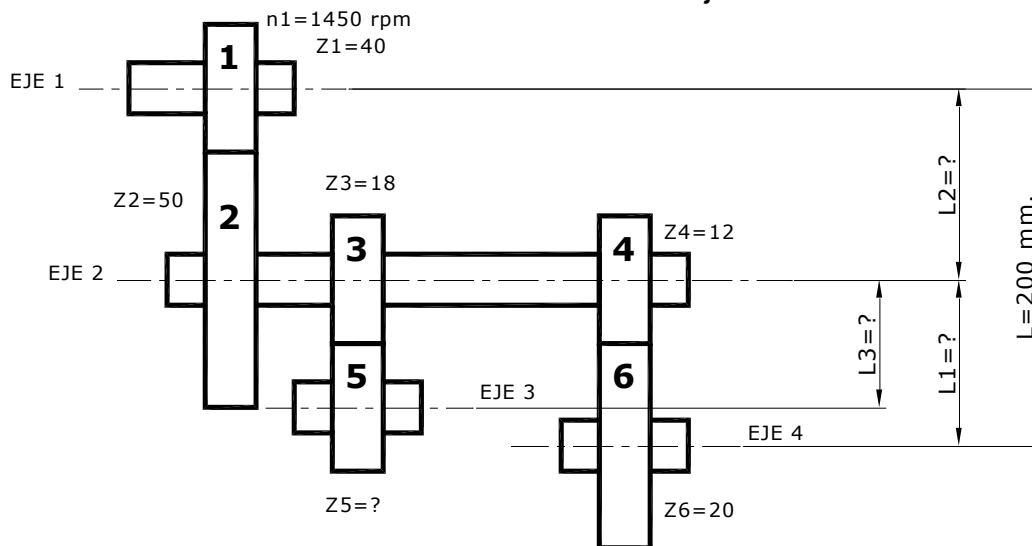
El número de revoluciones de los ejes 3 y 4 es el mismo.

$Z_6 = 20$ (dientes) y $D_{E6} = 110$ (mm).

La distancia entre los ejes 1 y 4 debe ser $L = 200$ (mm).

El módulo del engranaje 3 es $M_3 = 2$.

Determinar las distancias entre todos los ejes.



$$M = D_E / (Z + 2) = 110 \text{ (mm)} / [20 \text{ (dientes)} + 2] = 5 \text{ (mm)}.$$

$$D_{P6} = M \times Z_6 = 5 \text{ (mm)} \times 20 \text{ (dientes)} = 100 \text{ (mm)}.$$

$$D_{P4} = M \times Z_4 = 5 \text{ (mm)} \times 12 \text{ (dientes)} = 60 \text{ (mm)}.$$

$$L_1 = (D_{P4} + D_6) / 2 = [100 \text{ (mm)} + 60 \text{ (mm)}] / 2 = 80 \text{ (mm)}.$$

$$L_2 = L - L_1 = 200 \text{ (mm)} - 80 \text{ (mm)} = 120 \text{ (mm)}.$$

$$n_1 \times Z_1 = n_2 \times Z_2 \rightarrow n_2 = 1450 \text{ (rpm)} \times 40 / 50 = 1160 \text{ (rpm)}.$$

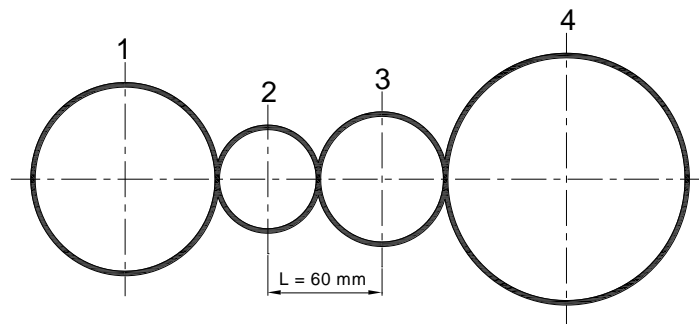
$$n_2 \times Z_4 = n_4 \times Z_6 \rightarrow n_4 = 1160 \text{ (rpm)} \times 12 / 20 = 696 \text{ (rpm)}.$$

$$n_3 = n_4 = 696 \text{ (rpm)}.$$

$$n_2 \times Z_3 = n_3 \times Z_5 \rightarrow Z_5 = 1160 \text{ (rpm)} / 696 \text{ (rpm)} \times 18 = 30 \text{ (dientes)}.$$

$$L_3 = (D_{P3} + D_{P5}) / 2 \rightarrow L_3 = M \times (Z_3 + Z_5) / 2 = 2 \text{ (mm)} \times (18 + 30) / 2 = 48 \text{ (mm)}.$$

TRABAJO PRÁCTICO N° 14.



Datos.

$$n_1 = 1450 \text{ (rpm)}.$$

$$Z_1 = 36 \text{ (dientes)}.$$

$$n_2 = 2 \times n_1$$

$$Z_4 = 48 \text{ (dientes)}.$$

$$D_{E4} = 150 \text{ (mm)}.$$

Determinar la distancia entre ejes 1 y 4.

SOLUCION 1.

$$M = D_{E4} / (Z_4 + 2) = 150 \text{ (mm)} / [48 \text{ (dientes)} + 2] = 3 \text{ (mm)}.$$

$$D_{P4} = M \times Z_4 = 3 \text{ (mm)} \times 48 \text{ (dientes)} = 144 \text{ (mm)}.$$

$$D_{P1} = M \times Z_1 = 3 \text{ (mm)} \times 36 \text{ (dientes)} = 108 \text{ (mm)}.$$

$$L_{14} = D_{P1} / 2 + L + D_{P4} / 2 = 54 \text{ (mm)} + 120 \text{ (mm)} + 72 \text{ (mm)} = 246 \text{ (mm)}.$$

SOLUCION 2.

$$n_1 \times Z_1 = n_2 \times Z_2 \rightarrow Z_2 = n_1 / n_2 \times Z_1 = 36 \text{ (dientes)} / 2 = 18 \text{ (dientes)}.$$

$$M = D_{E4} / (Z_4 + 2) = 150 \text{ (mm)} / [48 \text{ (dientes)} + 2] = 3 \text{ (mm)}.$$

$$D_{P1} = M \times Z_1 = 3 \text{ (mm)} \times 36 \text{ (dientes)} = 108 \text{ (mm)}.$$

$$D_{P2} = M \times Z_2 = 3 \text{ (mm)} \times 18 \text{ (dientes)} = 54 \text{ (mm)}.$$

$$D_{P4} = M \times Z_4 = 3 \text{ (mm)} \times 48 \text{ (dientes)} = 144 \text{ (mm)}.$$

$$L = (D_{P2} + D_{P3}) / 2 \rightarrow 2 \times L = (D_{P2} + D_{P3}) = 120 \text{ (mm)}$$

$$120 \text{ (mm)} = M \times Z_2 + M \times Z_3 = M \times (Z_2 + Z_3)$$

$$120 \text{ (mm)} / 3 \text{ (mm)} = (Z_2 + Z_3) = 40$$

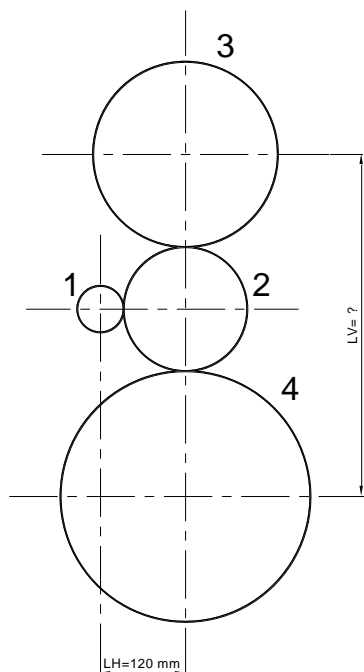
$$Z_3 = 40 - Z_2 = 40 \text{ (dientes)} - 18 \text{ (dientes)} = 22 \text{ (dientes)}.$$

$$D_{P3} = M \times Z_3 = 3 \text{ (mm)} \times 22 \text{ (dientes)} = 66 \text{ (mm)}.$$

$$L_{14} = D_{P1} / 2 + D_{P2} + D_{P3} + D_{P4} / 2$$

$$L_{14} = 54 \text{ (mm)} + 54 \text{ (mm)} + 66 \text{ (mm)} + 72 \text{ (mm)} = 246 \text{ (mm)}.$$

TRABAJO PRÁCTICO N° 15.



Datos.

$$n_1 = 2900 \text{ (rpm)}.$$

$$Z_1 = 16 \text{ (dientes)}.$$

$$D_{E1} = 72 \text{ (mm)}.$$

$$Z_3 = 64 \text{ (dientes)}.$$

$$n_4 = n_1 / 5$$

Determinar la distancia entre ejes 3 y 4.

$$M = D_{E1} / (Z_1 + 2)$$

$$M = 72 \text{ (mm)} / [16 \text{ (dientes)} + 2] = 4 \text{ (mm)}.$$

$$D_{P1} = M \times Z_1 = 4 \text{ (mm)} \times 16 \text{ (dientes)} = 64 \text{ (mm)}.$$

$$L_H = (D_{P1} + D_{P2}) / 2 = 120 \text{ (mm)}.$$

$$D_{P1} + D_{P2} = 2 \times 120 \text{ (mm)} = 240 \text{ (mm)}.$$

$$D_{P2} = 240 \text{ (mm)} - 64 \text{ (mm)} = 176 \text{ (mm)}.$$

$$n_1 \times Z_1 = n_2 \times Z_2 \rightarrow n_2 = n_1 \times Z_1 / Z_2$$

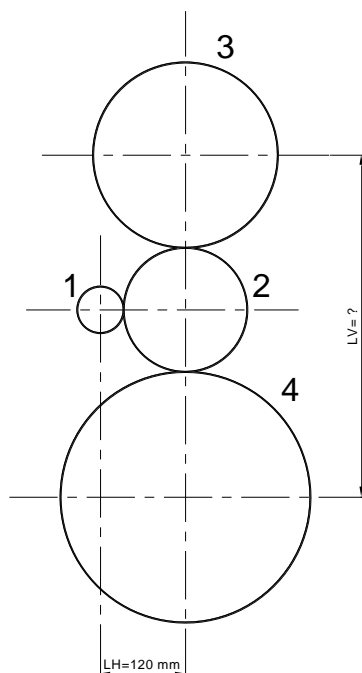
$$n_2 \times Z_2 = n_4 \times Z_4 \rightarrow n_1 \times Z_1 / Z_2 \times Z_2 = n_1 / 5 \times Z_4$$

$$\rightarrow Z_1 = Z_4 / 5 \rightarrow Z_4 = 5 \times Z_1 = 5 \times 16 \text{ (dientes)} = 80 \text{ (dientes)}.$$

$$L_V = (D_{P3} / 2 + D_{P2} + D_{P4} / 2) = (M \times Z_3 / 2 + D_{P2} + M \times Z_4 / 2)$$

$$L_V = [4 \text{ (mm)} \times 64 \text{ (dientes)} / 2 + 176 \text{ (mm)} + 4 \times 80 \text{ (dientes)} / 2] = 464 \text{ (mm)}.$$

TRABAJO PRÁCTICO N° 16.



Datos.

$$n_1 = 2900 \text{ (rpm)}.$$

$$Z_1 = 16 \text{ (dientes)}.$$

$$D_{E1} = 72 \text{ (mm)}.$$

$$Z_3 = 64 \text{ (dientes)}.$$

$$n_3 = n_4 = n_1 / 5$$

Determinar la distancia entre ejes 3 y 4.

$$M = D_{E1} / (Z_1 + 2) = 72 \text{ (mm)} / [16 \text{ (dientes)} + 2]$$

$$M = 4 \text{ (mm)}.$$

$$D_{P1} = M \times Z_1 = 4 \text{ (mm)} \times 16 \text{ (dientes)} = 64 \text{ (mm)}.$$

$$L_H = (D_{P1} + D_{P2}) / 2 = 120 \text{ (mm)}.$$

$$D_{P1} + D_{P2} = 2 \times 120 \text{ (mm)} = 240 \text{ (mm)}.$$

$$D_{P2} = 240 \text{ (mm)} - 64 \text{ (mm)} = 176 \text{ (mm)}.$$

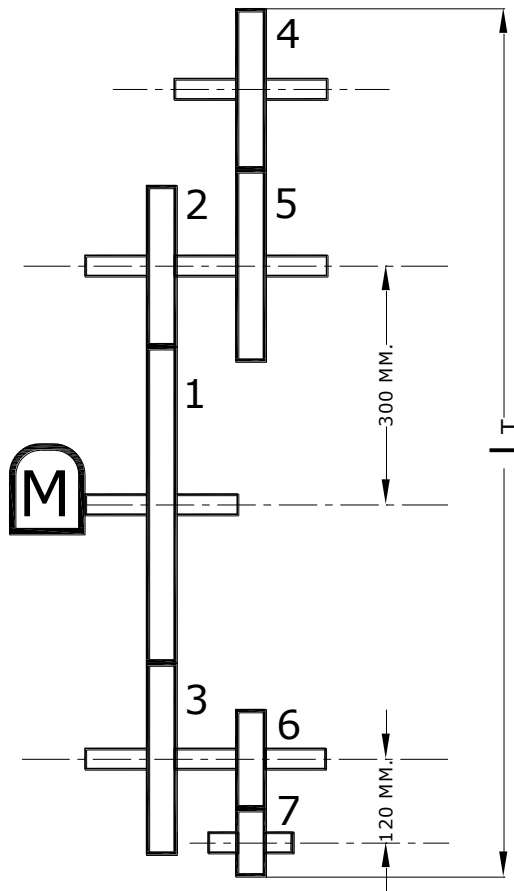
$$D_{P3} = M \times Z_3 = 4 \text{ (mm)} \times 64 \text{ (dientes)} = 256 \text{ (mm)}.$$

$$D_{P4} = M \times Z_4 = 4 \text{ (mm)} \times 64 \text{ (dientes)} = 256 \text{ (mm)}.$$

$$L_V = (D_{P3} / 2 + D_{P2} + D_{P4} / 2) = 256 \text{ (mm)} / 2 + 176 \text{ (mm)} + 256 \text{ (mm)} / 2$$

$L_V = 432 \text{ (mm)}$.

TRABAJO PRÁCTICO N° 17.



Determinar el número de revoluciones del motor, el número dientes del engranaje 4 para que el mismo gire a 150 (rpm) y el engranaje 7 lo haga a 100 (rpm) y la distancia primitiva máxima L_T .

Datos.

$Z_1 = 100$ (dientes).

$Z_3 = 30$ (dientes).

$Z_5 = 38$ (dientes).

$Z_6 = 40$ (dientes).

$D_{P1} = 500$ (mm).

$M_7 = 4$ (mm).

$M_4 = 3$ (mm).

$$L = (D_{P6} + D_{P7}) / 2 \rightarrow 2 \times L = (D_{P6} + D_{P7}) = 240 \text{ (mm)}$$

$$240 \text{ (mm)} = M \times Z_6 + M \times Z_7 = M \times (Z_6 + Z_7)$$

$$240 \text{ (mm)} / 4 \text{ (mm)} = (Z_6 + Z_7) = 60$$

$$Z_7 = 60 - Z_6 = 60 \text{ (dientes)} - 40 \text{ (dientes)} = 20 \text{ (dientes)}.$$

$$n_6 \times Z_6 = n_7 \times Z_7 \rightarrow n_6 = n_7 \times Z_7 / Z_6 \rightarrow n_6 = 100 \text{ (rpm)} \times 20 / 40 = 50 \text{ (rpm)}.$$

$$n_3 = n_6 = 50 \text{ (rpm)}.$$

$$n_1 \times Z_1 = n_3 \times Z_3 \rightarrow n_1 = n_3 \times Z_3 / Z_1 \rightarrow n_1 = 50 \text{ (rpm)} \times 30 / 100 = 15 \text{ (rpm)}.$$

$$D_{P1} = M \times Z_1 \rightarrow M = D_{P1} / Z_1 = 500 \text{ (mm)} / 100 \text{ (dientes)} = 5 \text{ (mm)}.$$

$$D_{P2} = M \times Z_2 \rightarrow Z_2 = D_{P2} / M = 100 \text{ (mm)} / 5 \text{ (mm)} = 20 \text{ (dientes)}.$$

$$n_1 \times Z_1 = n_2 \times Z_2 \rightarrow n_2 = n_1 \times Z_1 / Z_2 \rightarrow n_2 = 15 \text{ (rpm)} \times 100 / 20 = 75 \text{ (rpm)}.$$

$$n_2 = n_5 = 75 \text{ (rpm)}.$$

$$n_5 \times Z_5 = n_4 \times Z_4 \rightarrow Z_4 = n_5 \times Z_5 / n_4 \rightarrow$$

$$\rightarrow Z_4 = 75 \text{ (rpm)} \times 38 / 150 \text{ (rpm)} = 19 \text{ (dientes)}.$$

$$D_{P4} = M \times Z_4 = 5 \text{ (mm)} \times 19 \text{ (dientes)} = 95 \text{ (mm)}.$$

$$D_{P5} = M \times Z_5 = 5 \text{ (mm)} \times 38 \text{ (dientes)} = 190 \text{ (mm)}.$$

$$L_{45} = (D_{P4} + D_{P5}) / 2 = [95 \text{ (mm)} + 190 \text{ (mm)}] / 2 = 142,5 \text{ (mm)}.$$

$$D_{P3} = M \times Z_3 = 5 \text{ (mm)} \times 30 \text{ (dientes)} = 150 \text{ (mm)}.$$

$$L_{13} = (D_{P1} + D_{P3}) / 2 = [500 \text{ (mm)} + 150 \text{ (mm)}] / 2 = 325 \text{ (mm)}.$$

$$D_{P7} = M \times Z_7 = 4 \text{ (mm)} \times 20 \text{ (dientes)} = 80 \text{ (mm)}.$$

$$L_T = D_{P4} / 2 + L_{45} + L_{21} + L_{13} + L_{67} + D_{P7} / 2$$

$$L_T = 95 \text{ (mm)} / 2 + 142,5 \text{ (mm)} + 300 \text{ (mm)} + 325 \text{ (mm)} + 120 \text{ (mm)} + 80 \text{ (mm)} / 2$$

$$L_T = 899 \text{ (mm)}.$$

TRABAJO PRÁCTICO N° 18.

Datos.

$$n_1 = 1200 \text{ (rpm)}.$$

$$Z_1 = Z_5 = 68 \text{ (dientes)}.$$

$$Z_6 = 80 \text{ (dientes)}.$$

$$n_2 = 2 \times n_6$$

$$D_{P4} = (D_{P2} + D_{P6}) / 2$$

Incógnitas.

$$D_{P1}, D_{P2}, D_{P3}, D_{P4}, D_{P5}, D_{P6}$$

$$n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6$$

$$Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5, Z_6$$

$$L_T = D_{P6} / 2 + D_{P1} + D_{P5} / 2 = 710 \text{ (mm)}$$

$$L_T = (M \times Z_6 / 2 + M \times Z_1 + M \times Z_5 / 2) = 710 \text{ (mm)}$$

$$L_T = M \times (Z_6 / 2 + Z_1 + Z_5 / 2) = 710 \text{ (mm)}$$

$$L_T = M \times [80 \text{ (dientes)} / 2 + 68 \text{ (dientes)} + 68 \text{ (dientes)} / 2]$$

$$M = 710 \text{ (mm)} / 142 = 5 \text{ (mm)}.$$

$$n_1 \times Z_1 = n_5 \times Z_5 \rightarrow n_5 = n_1 \times Z_1 / Z_5 \rightarrow n_5 = 1200 \text{ (rpm)} \times 68 / 68 = 1200 \text{ (rpm)}.$$

$$n_1 \times Z_1 = n_6 \times Z_6 \rightarrow n_6 = n_1 \times Z_1 / Z_6 \rightarrow n_6 = 1200 \text{ (rpm)} \times 68 / 80 = 1020 \text{ (rpm)}.$$

$$D_{P1} = M \times Z_1 = 5 \text{ (mm)} \times 68 \text{ (dientes)} = 340 \text{ (mm)}.$$

$$D_{P5} = M \times Z_5 = 5 \text{ (mm)} \times 68 \text{ (dientes)} = 340 \text{ (mm)}.$$

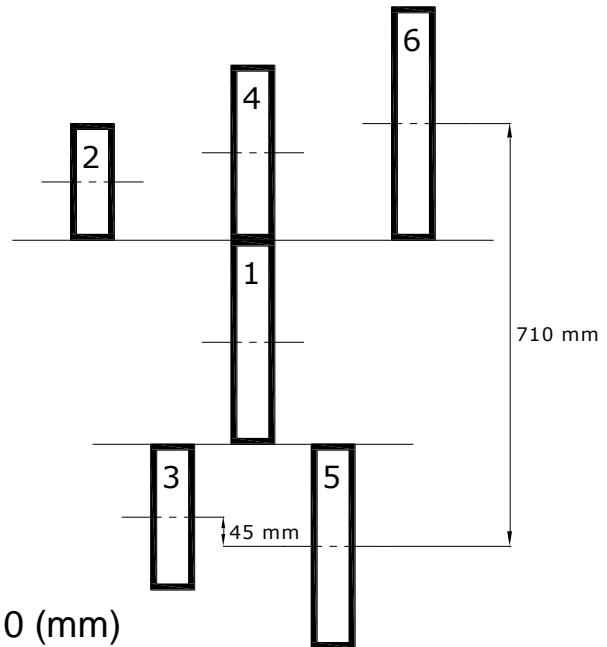
$$D_{P6} = M \times Z_6 = 5 \text{ (mm)} \times 80 \text{ (dientes)} = 400 \text{ (mm)}.$$

$$n_1 \times Z_1 = n_2 \times Z_2 \rightarrow n_1 \times Z_1 = 2 \times n_6 \times Z_2 \rightarrow Z_2 = n_1 \times Z_1 / 2 \times n_6$$

$$\rightarrow Z_2 = 1200 \text{ (rpm)} \times 68 / 2 \times 1020 \text{ (rpm)} = 40 \text{ (dientes)}.$$

$$D_{P2} = M \times Z_2 = 5 \text{ (mm)} \times 40 \text{ (dientes)} = 200 \text{ (mm)}.$$

$$D_{P4} = (D_{P2} + D_{P6}) / 2 = 200 \text{ (mm)} + 400 \text{ (mm)} / 2 = 300 \text{ (mm)}.$$



$$Z_4 = D_{P4} / M = 300 \text{ (mm)} / 5 \text{ (mm)} = 60 \text{ (dientes)}.$$

$$n_1 \times Z_1 = n_4 \times Z_4 \rightarrow n_4 = n_1 \times Z_1 / Z_4 \rightarrow n_4 = 1200 \text{ (rpm)} \times 68 / 60 = 1360 \text{ (rpm)}$$

$$D_{P3} = 250 \text{ (mm)}.$$

$$Z_3 = D_{P3} / M = 250 \text{ (mm)} / 5 \text{ (mm)} = 50 \text{ (dientes)}.$$

$$n_1 \times Z_1 = n_3 \times Z_3 \rightarrow n_3 = n_1 \times Z_1 / Z_3 \rightarrow n_3 = 1200 \text{ (rpm)} \times 68 / 50 = 1632 \text{ (rpm)}.$$

ENGRANAJE 1	$Z_1 = 68$ dientes	$n_1 = 1200$ rpm	$D_{P1} = 340$ mm
ENGRANAJE 2	$Z_2 = 40$ dientes	$n_2 = 2040$ rpm	$D_{P2} = 200$ mm
ENGRANAJE 3	$Z_3 = 50$ dientes	$n_3 = 1632$ rpm	$D_{P3} = 250$ mm
ENGRANAJE 4	$Z_4 = 60$ dientes	$n_4 = 1360$ rpm	$D_{P4} = 300$ mm
ENGRANAJE 5	$Z_5 = 68$ dientes	$n_5 = 1200$ rpm	$D_{P5} = 340$ mm
ENGRANAJE 6	$Z_6 = 80$ dientes	$n_6 = 1020$ rpm	$D_{P6} = 400$ mm