

5



*Gabriel Jauregi*

Lanbide Heziketarako Materialak

# Oinarrizko mekanika:

mugimenduen transmisioa,  
makina arruntak eta mekanismoak

Gloria Agirrebeitia Orue

EUSKO JAURLARITZA



GOBIERNO VASCO

HEZKUNTZA, UNIBERTSITATE  
ETA IKERKETA SAILA

DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN,  
UNIVERSIDADES E INVESTIGACIÓN

Euskara Zerbitzua  
Ikasmaterialak

Gabirel Jauregi Bilduma  
Lanbide Heziketarako Materialak

# 4

## **Oinarrizko mekanika: mugimenduen transmisioa, makina arruntak eta mekanismoak**

Ikaslearentzako ikasmateriala  
DBH eta Batxilergoa

Gloria Agirrebeitia Orue

**EUSKO JAURLARITZA**



**GOBIERNO VASCO**

HEZKUNTZA, UNIBERTSITATE  
ETA IKERKETA SAILA

DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN,  
UNIVERSIDADES E INVESTIGACIÓN

**Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia**

Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco

Vitoria-Gasteiz, 2008

Lan honen bibliografia-erregistroa Eusko Jaurlaritzako Liburutegi Nagusiaren katalogoan aurki daiteke:  
<http://www.euskadi.net/ejgvbiblioteca>

|                                     |                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Argitaldia:                         | 1. <sup>a</sup> , 2008ko apirilean                                                                                                                 |
| Ale-kopurua:                        | 500                                                                                                                                                |
| ©                                   | Euskal Autonomi Erkidegoko Administrazioa<br>Hezkuntza, Unibertsitate eta Ikerketa Saila                                                           |
| Internet:                           | <a href="http://www.euskadi.net">www.euskadi.net</a>                                                                                               |
| Argitaratzailea:                    | Eusko Jaurlaritzaren Zerbitzu Nagusia<br>Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco<br>Donostia-San Sebastian, 1 - 01010 Vitoria-Gasteiz |
| Egilea:                             | Gloria Agirrebeitia Orue                                                                                                                           |
| Azala:                              |                                                                                                                                                    |
| Fotokonposizioa<br>eta Inprimaketa: | GZ PRINTEK, S.A.L.<br>Pol. Ind. Torrelarragoiti, P-4 - 48170 Zamudio (Bizkaia)                                                                     |
| ISBN:                               | 978-84-457-2721-8                                                                                                                                  |
| L.G.:                               | BI-1398-08                                                                                                                                         |

# AURKIBIDEA

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. OINARRIZKO MAKINAK .....                                                                               | 7  |
| 2. MAKINA MOTAK: ARRUNTAK ETA KONPOSATUAK .....                                                           | 11 |
| 3. MEKANISMOAK. MUGIMENDU MOTAK .....                                                                     | 15 |
| 3.1. Mekanismoak .....                                                                                    | 17 |
| 3.2. Ardatzak .....                                                                                       | 17 |
| 3.3. Mugimendu motak .....                                                                                | 17 |
| 3.4. Mekanismo motak .....                                                                                | 19 |
| 4. INDARRA ETA MOMENTUA .....                                                                             | 21 |
| 5. BIHURDURA MOMENTUA, POTENTZIA MEKANIKOA, ERROTAZIO PAREA.<br>MAKINA BATEN ERRENDIMENDU MEKANIKOA ..... | 25 |
| 6. TRANSMISIO ERLAZIOA. ABIADURA BIDERKATZAILEAK ETA ABIADURA<br>MURRIZTAILEAK .....                      | 31 |
| 7. MAKINA ARRUNTAK .....                                                                                  | 35 |
| 7.1. Palankak .....                                                                                       | 37 |
| 7.2. Txirrikak edo poleak .....                                                                           | 40 |
| 7.3. Plano makurtua .....                                                                                 | 44 |
| 7.4. Zirria .....                                                                                         | 47 |
| 7.5. Tornuak .....                                                                                        | 48 |
| 7.6. Torlojua .....                                                                                       | 49 |
| 7.7. Gurrpil eta ardatz bidezko sistema .....                                                             | 51 |
| 8. UHALAK ETA TXIRRIKAK .....                                                                             | 55 |
| 8.1. Ezaugarriak .....                                                                                    | 57 |
| 8.2. Transmisio-erlazioa .....                                                                            | 58 |
| 8.3. Ariketak. Praktika .....                                                                             | 60 |
| 9. IGURZTE-TXIRRIKA BIDEZKO SISTEMA .....                                                                 | 67 |
| 9.1. Ezaugarriak .....                                                                                    | 69 |
| 9.2. Transmisio-erlazioa .....                                                                            | 69 |
| 9.3. Ariketak. Praktika .....                                                                             | 70 |
| 10. ENGRANAJEAK .....                                                                                     | 73 |
| 10.1. Ezaugarriak .....                                                                                   | 75 |
| 10.2. Engranaje motak .....                                                                               | 76 |
| 10.3. Transmisio-erlazioa .....                                                                           | 77 |
| 10.4. Ariketak. Praktika .....                                                                            | 78 |



|                                              |     |
|----------------------------------------------|-----|
| 11. AMAIGABEKO TORLOJUA .....                | 91  |
| 11.1. Ezaugarriak .....                      | 93  |
| 11.2. Transmisio-erlazioa .....              | 93  |
| 11.3. Ariketak.Praktikak .....               | 94  |
| 12. PIÑOIA ETA KREMAILERA .....              | 97  |
| 12.1. Ezaugarriak .....                      | 99  |
| 12.2. Transmisio-erlazioa .....              | 99  |
| 12.3. Ariketak.Praktikak .....               | 100 |
| 13. ENGRANAJE ETA KATE BIDEZKO SISTEMA ..... | 105 |
| 13.1. Ezaugarriak .....                      | 107 |
| 13.2. Transmisio-erlazioa .....              | 107 |
| 13.3. Ariketak.Praktikak .....               | 107 |
| 14. TORLOJU-AZKOINA .....                    | 111 |
| 14.1. Ezaugarriak .....                      | 112 |
| 14.2. Transmisio-erlazioa .....              | 113 |
| 14.3. Ariketak. Praktikak .....              | 113 |
| 15. BIELA-BIRADERA .....                     | 119 |
| 15.1. Ezaugarriak .....                      | 121 |
| 15.2. Transmisio-erlazioa .....              | 121 |
| 15.3. Ariketak.Praktikak .....               | 121 |
| 16. ESPEKAK ETA ESZENTRIKAK .....            | 125 |
| 16.1. Ezaugarriak .....                      | 127 |
| 16.2. Transmisio-erlazioak .....             | 127 |
| 16.3. Ariketak. Praktikak .....              | 127 |
| 17. BIBLIOGRAFIA .....                       | 129 |

*Oinarrizko  
makinak*

**1**



Oinarrizko makinak honako elementu hauek ditu: egitura, elementu edo osagarri guztiei eusteko; energia-iturria edo elementu motorra, mugimendua transmititzeko eta eraldatzeko sistema edo mekanismoa; aginte- edo kontrol-sistema eta irteera-elementuak.

Makina bat ez da bera bakarrik, berez, mugitzen, ezta berak bere kabuz energiarik sortzen ere. Energia kanpoko iturrietatik hartuz, hartzaileak mugimendu bat sortzen du eta, mekanismo baten bidez, guk gura dugun efektua lortzen du; adibidez: mugimendua aldatu edo azkartu, lana erraztu, indarra handitu...

Horregatik, makinei buruz orokorrean hitz egiten dugunean, makina eta motorra banaezinak dira. Makinak energia jasoko du motorretik, motorraren ardatzaren errotazio-energia, hain zuzen, eta lan mekaniko bihurtuko du, transmisio-mekanismo baten bidez.



*Makina motak: arruntak  
eta konposatuak*

**2**





Makina mota bi daude: makina arruntak eta makina konposatuak. Makina arruntek eustepuntu bakarra dute, eta makina horiek konbinatuz sortzen dira makina konposatuak. Makina arruntak dira palanka, txirrika edo polea, tornua, arrapala, torlojua eta ziria.

Makina arrunt bi edo gehiago elkarri loturik doazenean, makina konposatuak ditugu, hala nola: bizikleta, autoaren eztanda-motorra, zulagailua, josteko makina...



*Mekanismoak,  
Mugimendu motak*

**3**



### 3.1. MEKANISMOAK

**Mekanismo** bat elementu batzuen multzo bat da, non elementuak mugimendua transmititzeko eta eraldatzeko elkarren artean lotzen diren. Hau da, mekanismoak bihurtzen du elementu eragilearen mugimendua edo sarrera-indarra gura dugun mugimendu edo irteera-indar.

Elementu eragilearen indarra eta mugimendua transmititzeko eta eraldatzeko kate zinematikoak erabiltzen dira. Kate zinematiko horiek elkarren artean loturiko elementu mekanikoak dira, eta elementu batetik bestera potentzia mekanikoa, mugimendua eta indarra transmititzeko erabiltzen dira, alegia: sarreran dagoen elementu motorraren mugimendua zein indarra irteera-elementura helarazteko.

Kontuan izanik zer funtzio betetzen duten, mekanismoaren elementuak honela sailkatu daitezke:

- Mugimendua leku batetik bestera transmititzeko (sarrera-mugimendua eta sarrera-indarra irteera-mugimendu eta -indar bihurtzeko): ardatz eragileak.
- Bi ardatz eragile elkarri lotzeko: akoplamenduak.
- Ardatzen artean mugimendua transmititzeko: txirrikak eta uhalak, engranajeak, kate bidezko sistemak, amaigabeko torlojua.
- Mugimendua gerarazteko: balaztak eta trinketak.
- Mugimendua eraldatzeko (zirkularretik zuzenera eta alderantziz, aldizkakoa...): torloju-azkoina, pinoia eta kremailera, biela-biradera, espeka-jarraitzailea...

### 3.2. ARDATZAK

Mekanismoa osatzen duten elementu mekanikoak ardatzetan kokatzen dira. Makinaren elementu mekanikoei eusteko erabiltzen dira ardatzak, beraz; zilindro itxura dute, eta mugimendua transmititzea ahalbidetzen dute, mekanismoaren atal batetik bestera.

### 3.3. MUGIMENDU MOTAK

#### 3.3.1. Mugimendu motak

Mugimenduak honela sailkatzen dira:

- Mugimendu zuzena: gorputza lerro zuzenean mugitzen da, edota norabide zehatzean (adibidez: igogailuaren kabina gora-behera dabilenean).
- Errotazio-mugimendua edo mugimendu zirkularra: gorputza biraka ari da, ibilbide zirkularra egiten duelarik (adibidez, bizikletaren gurpilak).
- Aldizkako mugimendua: gorputza behin eta berriro aurrera eta atzera —edo gora eta behera— mugitzen denean lerro zuzenean (adibidez: eztanda-motorraren pistoia, inguratzeko zerraren zaflaren mugimendua).
- Aldizkako mugimendu zirkularra: biraketa-higidura oszilatzailea aurrera eta atzera ibilbide zirkularrean mugitzen denean behin eta berriro. Horrelakoetan zirkunferentzia-arkua egiten du mugimenduak; adibidez: musikako metronomoa.

Gainerako mugimendu guztiak lortu daitezke aipatutako mugimendu bi edo gehiago konbinatuz:

| PUNTUAREN ZINEMATIKA                                                                                                                                                                                                                                                                             | SISTEMA EZ DEFORMAGARRIEN ZINEMATIKA                                                                                                                                                                     | PLANO BARRUKO MUGIMENDUAK                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Mugimendu zuzena</b><br>— <b>Higidura zuzen uniformea</b><br>$x = x_0 + v_0 t$<br>— <b>Uniformeki azeleratua</b><br>$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$<br>— <b>Jaurtitze parabolikoa</b><br>$x = t \cdot v_0 \cdot \cos \alpha$<br>$y = t \cdot v_0 \cdot \sin \alpha - \frac{1}{2} g t^2$ | <b>Translazio-mugimendua</b><br>(Puntu guztien ibilbidea paraleloa da).<br><b>Translazio zuzena:</b> motor baten pistoia.<br><b>Translazio kurboa:</b> puntuek egiten duten ibilbidea kurboa da. (biela) | <b>Mugimendu zikloidala.</b><br>Zirkunferentzia bateko puntu guztiek zikloide bat deskribatzen dute.                                                                     |
| <b>Zirkunferentzi erako mugimendua</b><br>(R erradiodun zirkunferentzia)<br>$V = ds/dt$<br>$a_t = ds/dt$                                                                                                                                                                                         | <b>Errotazio-mugimendua:</b><br>Errotazio-ardatzaren inguruan biratzen dute.                                                                                                                             | <b>Epizikloide erako mugimendua</b><br>Zirkunferentzia batek beste finko baten kanpotik irristatu gabe biratzen duenean, kanpoaldeko puntuen ibilbidea epizikloidala da. |
| <b>Mugimendu harmonikoa</b><br>$y = R \sin(\omega t + \alpha)$                                                                                                                                                                                                                                   | <b>Errodadura, pibotatze eta irristaketa mugimenduak.</b><br>Gorputz bi bata bestearekin kontaktuan daude.                                                                                               |                                                                                                                                                                          |
| <b>Mugimendu helikoidala</b><br>(helize zilindrikoa osatzen duten puntuak)                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                          |

### 3.3.2. Abiadura angeluarra eta abiadura lineala erlazionatzen

*Abiadura zirkularra*  $n = \text{bira} / \text{min}$  denbora unitatean (min) zenbat bira ematen duen

*Abiadura angeluarra*  $\omega = \text{radian} / \text{segundo} \left( \frac{rd}{s} \right)$  bira bat  $2\pi$  radian dira, eta minutu batek 60 segundo ditu

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}$$

$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

denbora unitateko suertatzen den angelu-diferentzia « $\theta$ »

*Abiadura lineala*

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

t denboran «S» arku deslazaratu da kurbaren perimetroan zehar

*S arku*

$$S = \theta \cdot r$$

$\theta$ , deslazaratutako angelua; r, zirkunferentziaren erradioa

*Abiadura lineala*

$$v = \frac{S}{t} = \frac{\theta \cdot r}{t} = \omega \cdot r$$

$$\omega = \frac{\theta}{t} \text{ baita}$$

$$v = \omega \cdot r$$

Abiadura lineala kalkulatzeko, beraz, biraka ari den elementuaren abiadura angeluarra eta erradioa biderkatuko ditugu. Adibidez, gure bizikletak zer abiadura daraman kalkulatzeko (abiadura lineala, ordubetea zenbat kilometro aurreratzen ditugun), gurpilen erradioa eta gurpilen bira-abiadura (abiadura angeluarra) kontuan izan beharko dugu.

### 3.4. MEKANISMO MOTAK

| MUGIMENDU MOTAK                                                                                | MEKANISMOAK                                                                      |                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Mugimendu <i>zuzena zuzen</i> transmititzen duten mekanismoak                                  | Txirrikak eta eratorriak                                                         |                 |
| Mugimendu <i>zuzena zirkular</i> bihurtzen duten mekanismoak                                   | Pinoia eta kremailera                                                            |                 |
| <i>Aldizkako</i> mugimendu <i>zuzena</i> mugimendu <i>zirkular</i> bihurtzen duten mekanismoak | Biela-biradera<br>Birabarkia                                                     | Eztanda-motorra |
| Mugimendu <i>zirkularra zuzen</i> bihurtzen duten mekanismoak                                  | Torloju-azkoina<br>Pinoia eta kremailera<br>Tornuak                              |                 |
| Mugimendu <i>zirkularra aldizkako</i> mugimendu bihurtzen duten mekanismoak                    | Biela-biradera<br>Espeka<br>Eszentrikoak                                         |                 |
| Mugimendu <i>zirkularra</i> mugimendu <i>zirkular</i> transmititzen duten mekanismoak          | Txirrikak eta uhalak<br>Igurzte-gurpilak<br>Engranajeak<br>Engranajeak eta katea |                 |
| <i>Mugimendua zuzentzeko eta erregulatzeko</i> mekanismoak                                     | Trinketak<br>Balaztak                                                            |                 |
| <i>Akoplamendu-elementuak</i>                                                                  | Enbrageak<br>Lotura-elementuak                                                   |                 |
| <i>Energia akumulatzeko</i> mekanismoak                                                        | Malgukiak eta beste hainbat                                                      |                 |





*Indarra  
eta momentua*

4



**Indarra:** bultzada edo inpultso bat da, gorputz bat mugiarazteko, haren mugimendua eraldatzeko edo geldiarazteko. Gorputza orekan dago, indar guztien batura zero bada.

$$F = m \cdot a \left( \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2} \right) = N \text{ (newton)}$$

**Indar-besoa:** indarra aplikatzen den gunearen eta puntu zehatz baten arteko distantzia.

**Indar-momentua:** aplikatzen den indarraren eta indar-besoaren neurriaren arteko biderketa da.

$$M = F \cdot r \text{ (N} \cdot \text{m)}$$

*Indarrek* desplazamenduak sorrarazten dituzte; *momentuek*, berriz, errotazioak edo giroak (*bihurdura-momentuak*). Gorputz bat orekan dago, baldin eta baren indarren eta momentuen batura zero bada.



*Bihurdura momentua,  
Potentzia mekanikoa,  
Errotazio parearen Makina 5  
baten errendimendu  
mekanikoa*

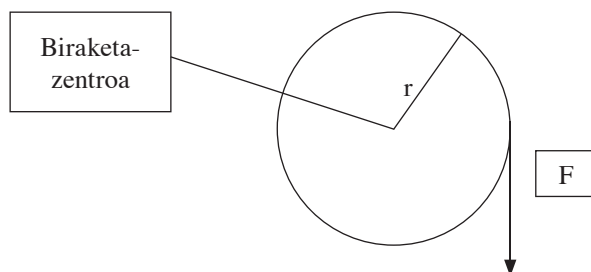


Errotazio- edo biraketa-mugimendua sortzen da indar batek gorputz bati eragiten dionean; gorputz hori bere ardatzarekiko biraka arituko da. Biraketaren intentsitatea baldintzatzen duen magnitudea **Bihurdura-momentua** dugu.

**Bihurdura-momentua (indar-momentua):** indar-sistema batek gorputz baten gainean eragiten duenean, gorputza biratzen hasiko da; gorputzaren errotazio-ardatzarekiko perpendikular aplikatzen da indar-sistema, gorputza birarazteko asmoarekin ( $M$ ).

$$M = F \cdot r$$

$F$  = aplikatzen zaion indarra  
 $r$  = erradioa edo biraketa-zentroaren eta indarra aplikatzen den tokiaren arteko distantzia  
 unitateak: *newton · metro*



Demagun tornu bidezko sistema bat dugula karga bat igotzeko: biraderari eraginda igotzen hasiko da karga. Hau da, biraderari eragiten diogunean, bihurdura-momentua sortuko da, eta horri esker biratzen hasiko da biradera ( $M = Q \cdot d$ ). Era berean, tornuan eskegita dugun kargak ere, bihurdura-momentu bat eragingo dio sistemari ( $M = F \cdot R$ ). Ondorioz, sistema bat orekan egoteko, eta, beraz, karga abiadura konstantez igotzeko, berdinak izan beharko dute karga horrek sortzen duen bihurdura-momentuak eta biraderak, beste aldetik, sortzen duen bihurdura-momentuak.

$$M = F \cdot R = Q \cdot d$$

$F$  Karga horrek eragiten duen indarra, gorputza biratzen hasiko da

$R$  Tornuaren biraketa-zentroaren eta karga-indarra aplikatzen den tokiaren arteko distantzia

$$M = F \cdot R \text{ (kargak sortzen duen bihurdura-momentua)}$$

$Q$  Karga igotzeko biraderan egiten dugun indarra

$d$  Biraderaren biraketa-zentroaren eta biradera-indarra aplikatzen den tokiaren arteko distantzia

$$M = Q \cdot d \text{ (biraderan aplikatutako indarrak sortzen duen bihurdura-momentua)}$$

**Errotazio-parea edo indar-parea:** gorputz bati eragiten dioten bi indar, modulu eta norabide edo direkzio berdinekoak, baina kontrako noranzkoa dutenak. Indar lineal horiek gorputz bati ezartzen zaizkionean, gorputza biraka hasten da. Indar-parea deitzen zaio indar bi horien multzoari. Indar-pare horrek biraketa edo errotazioa sorrarazten du.



**Potentzia mekanikoa:** denbora-unitatean egindako lana dugu; *lana*, berriz, erresistentzia bat gainditu eta gero, indar batek sortzen duen desplazamenduan gauzatzen da. Hala, indarraren intentsitatea  $F$  izanik, aplikazio-puntuaren desplazamendua  $s$ , eta gorputzaren desplazamendua-  
ren eta indarraren norabideen arteko angelua  $\alpha$  bada, orduan, lanaren balioa hauex da:

$$W = F \cdot s \cdot \cos\alpha \quad \alpha = 0 \text{ denean,}$$

$$\cos\alpha = 1 \text{ da,}$$

$$\text{eta ondorioz } W = F \cdot s$$

$$P = \frac{W}{t} \Rightarrow P = \frac{F \cdot s}{t} \Rightarrow P = F \cdot v$$

Biraketa-desplazamenduak sortzen direnean: *bihurdura-momentua* (edo indar-pareen momentua) ( $N \cdot m$ ) eta *abiadura angeluarra* ( $\frac{rd}{s}$ ) biderkatuz kalkulatzen da *potentzia mekanikoa* (w, wattak).

$$P = M \cdot \omega$$

|                             |                                           |
|-----------------------------|-------------------------------------------|
| <b>P</b>                    | w, wattak                                 |
| <b>M</b>                    | $N \cdot m$                               |
| $\omega$                    | $\frac{rd}{s}$                            |
| <b>P</b>                    | w, wattak                                 |
| <b>W (lana)</b>             | $W = F \cdot s \Rightarrow N \cdot m$     |
| <b>t (denbora)</b>          | s                                         |
| <b>s (desplazamendua)</b>   | m, metroak                                |
| <b>V (abiadura lineala)</b> | $v = \frac{s}{t} \Rightarrow \frac{m}{s}$ |

Izan ere,  $P = F \cdot v$  ( $F$ , aplikatzen den indarra ( $N$ );  $v$ , higikariak daraman abiadura lineala ( $m/s$ )) ikusi dugun formulatik abiatuta, jakinik  $v = \omega \cdot r$  eta  $M = F \cdot r$  direla, ordezkatzeak eginez gero hau ateratzen zaigu:

$$P = F \cdot \omega \cdot r \Rightarrow P = M \cdot \omega$$

Adibidez, Teknologia tailerrean, praktiketan erabiltzen diren motor elektrikoak potentzia txikikoak dira, euren ardatzek edo errotoreek oso azkar biratzen dute, eta bihurtura-momentu oso txikia dute. Motor txiki horiekin eraginkorra izateko, beraz, bihurtura-momentu txiki eta abiadura handi horiek transformatu egin beharko ditugu: bihurtura-momentua handitu eta abiadura txikitu. Horretarako, transmisio-mekanismo egokia aurkitu beharko da, abiadura egokia eta bihurtura-momentu nahikoa lortuko dituen; bestela, motorrak ez du bere lana behar bezala beteko.

**Lan eragilea eta lan erresistentea:** makina arrunt bati  $s$  desplazamendu osoan irauten duen  $P$  indarra aplikatzen badiogu, eta ondorioz,  $s'$  desplazamendu osoan  $Q$  erresistentzia gainditzen badugu:

— Lan eragilea,  $W_m$ , indarrak egiten duen lana izango da:  $W_m = P \cdot s$

— Lan erresistentea,  $W_r$ , erresistentziaren lana izango da:  $W_r = Q \cdot s'$

⇓

$$W_m = W_r$$

izan ere, makinak lanik sortzen ez duenez, bi lanek berdinak izan behar dute.

**Errendimendu mekanikoa:** teorian makina bati aplikaturiko lan eragile guztia lan erresistente bihurtzen den arren, praktikan lan eragilearen zati bat galdu egiten da bero modura, hau da, makinaren mugimendua oztopatu gura duten indarrak (marruskadura-indarrak) gainditzeko erabiltzen da lan eragilearen galdutako zati hori. Horrela, bada, lan eragileak bi lan egiten ditu:

*Lan erabilgarria:*  $W_u \longleftrightarrow$  makinak erresistentzia gainditzeko erabiltzen duen lanaren zatia

*Galdutako lana:*  $W_p \longleftrightarrow$  marruskadura-indarrak gainditzeko erabiltzen dena

*Lan eragilea, beraz, honako hau izango da:*  $W_m = W_u + W_p \rightarrow W_u < W_m$

*Makina baten errendimendu mekanikoa lan erabilgarriaren eta lan eragilearen arteko erlazioa da*

$$\eta = \frac{W_u}{W_m} \quad \text{da makina baten errendimendu mekanikoa}$$

*eta beti dugu Oren eta len arteko zenbaki bat:*

$$0 < \eta < 1$$



*Transmisio erlazioa.*  
*Abiadura-biderkatzaileak*  
*eta abiadura-murriztaileak*

6



Dagoeneko badakigu mekanismo bat elementu-multzo bat dela, elkarren artean lotuak, mugimendua transmititzeko edo eraldatzeko. Kate zinematikoak erabiltzen dira elementu eragilearen indarra eta mugimendua transmititzeko eta eraldatzeko. Kate zinematiko horiek elkarren artean loturiko elementu mekanikoak dira, eta elementu batetik beste batera potentzia mekanikoa transmititzeko erabiltzen dira (mugimendua eta indarra), baita elementu biren abiadurak aldatzeko ere; azkenik, irteera-elementura helduko da sarrera-elementu edo elementu eragilearen mugimendua eta indarra. Hau da, sarrerako indarra eta mugimendua guk gura dugun mugimendu edo indar bihurtzeko erabiltzen dira.

**Transmisio-erlazioa** kalkulatzeko, beraz, nahikoa da irteera- eta sarrera-abiaduren arteko erlazioa kalkulatzea ( $n_2/n_1$ ):

$$\text{Transmisio-erlazioa: } TE = i = \frac{n_2}{n_1}$$

|       |                                                                                      |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| $n_2$ | Irteera-abiadura (eraldatua izan dena)                                               |
| $n_1$ | Sarrera-abiadura<br>edo elementu eragilearen abiadura<br>(transmititzen hasten dena) |

Mekanismo bat *abiadura-biderkatzailea* bada irteera-abiadura handiagoa da sarrera-abiadura baino.

$$TE = i = \frac{n_2}{n_1} > 1, \text{ abiadura-biderkatzailea, irteerako indarra txikitu egiten da.}$$

Mekanismo bat *abiadura-murriztailea* bada irteera-abiadura txikiagoa da sarrera-abiadura baino.

$$TE = i = \frac{n_2}{n_1} < 1, \text{ abiadura-murriztailea, irteerako indarra handitu egiten da.}$$



*Makina arruntak*

**7**





## 7.1. PALANKAK

### 7.1.1. Ezaugarriak

- *Mugimendu zirkularra mugimendu zuzen* bihurtzen duten makinak dira.
- *Ezaugarriak*: euste-puntu baten inguruan biratzen hasteko gai den haga zurruna dugu palanka; haga zurrunaren mutur batean gainditu gura den erresistentzia kokatzen da, eta indar bat aplikatzen zaio hagaren beste muturrean, erresistentzia hori gainditzeko. Palankari esker, karga handiak mugitu daitezke oso esfortzu txikia eginda.
- Arkimedesek K.a. 240. urtean asmatu zuen *palankaren legea*, eta lege horren arabera palanka edo haga zurrun hori orekan egoteko honako hau bete beharko da:

$$\bullet \text{ Indarra } x \text{ indar-besoa} = \text{Erresistentzia } x \text{ erresistentzi-besoa}$$

$$F \cdot d = R \cdot r$$

- *Mutur batean aplikatzen den indarra:  $F$  (N)*
- *Indarra aplikatzen den muturretik euste-puntura dagoen distantzia:  $d$  (m)*
- *Beste muturrean kokatzen den erresistentzia:  $R$  (N)*
- *Erresistentzia kokatzen den muturretik euste-puntura dagoen distantzia:  $r$  (m)*
- Hiru eratako palankak aurkitu daitezke euste-puntuaren, indarraren eta erresistentziaren kokapenaren arabera: *lehen mailakoak*: indarraren eta erresistentziaren artean kokatzen da euste-puntua (artaziak, aliketak, umeen kulunkariak...); *bigarren mailakoak*: indarraren eta euste-puntuaren artean kokatzen da erresistentzia (intxaurrek apurtzeko gailua, orga, paper-gillotina...); *hirugarren mailakoak*: erresistentziaren eta euste-puntuaren artean egiten da indarra (ile-pintzak, arrantzako kanabera...).
- Palankak euren artean lotu eta konbinatuta palanka anizkunak, artikulatuak edo mihiztatuak lortzen dira; mihiztadura horien bidez indarra eta mugimendua transmititu daitezke (indusketa-makinak, hatzazalak ebakitzeko gailua, idazmakina, piano-teklak...).
- *Datu teknikoak*
- *Mutur batean aplikatzen den indarra:  $F$  (N)*
- *Indarra aplikatzen den muturretik euste-puntura dagoen distantzia:  $d$  (m)*
- *Beste muturrean kokatzen den erresistentzia:  $R$  (N)*
- *Erresistentzia kokatzen den muturretik euste-puntura dagoen distantzia:  $r$  (m)*
- *Alde onak*: lana asko errazten du palankak; erabilterrazak dira.
- *Erabilerak, aplikazioak*: erremintak, orgak, artaziak, intxaurrek, aliketak, botilazabalgailuak, bizikletaren pedala, garabiak, amaieradun ibiltarteen etengailua, indusketarako makinak, idazmakina...

### 7.1.2. Transmisio-erlazioa

Orekan badago palanka:

Indarraren momentua = erresistentziaren momentua

$$M_f = M_r$$

$$\text{Indarra } x \text{ indar-besoa} = \text{Erresistentzia } x \text{ erresistentzi-besoa}$$

$$F \cdot d = R \cdot r$$

Errendimendu mekanikoa:  $\eta_{\text{mekanikoa}}$

$$\eta_{\text{mekanikoa}} (\%) = \frac{R(\text{Erresistentzia})}{F(\text{Indarra})} \cdot 100$$

### 7.1.3. Ariketak. Praktiak

1. Aztertu arretaz intxaur-kraskagailu hau: intxaurra sartzeko tokiaren luzera, eskuekin oratzeko luzera baino hiru bider handiagoa da. Intxaur-kraskagailu honek, funtzionatu du ondo diseinatuta badago; bestela, ez. Palankaren legea kontuan izanik,
  - Marraztu intxaur-kraskagailuaren hasierako diseinua; gero, zuzendu eta marraztu ezazu berriro, ondo funtzionatu dezan.
  - Azaldu aldaketaren arrazoiak. Zergatik ez dago ondo hasierako diseinua?
  - Zein motatako palanka dugu? Identifikatu datuak eta marraztu eskema.
2. Honako aliketa hauetan zerbait berezia suertatzen da: aliketei eskuekin eusteko beso- en luzera bi bider txikiago da piezei oratzeko beso- en luzera baino. Palankaren legea kontuan izanik
  - Marraztu aliketen hasierako diseinua; gero, zuzendu diseinua eta marraztu diseinu berria.
  - Zergatik egin dituzu diseinu berriko aldaketa horiek?
  - Zein palanka mota da? Identifikatu atalak, identifikatu datuak eta marraztu eskema.
3. Arrantzale batek arrantzarako honako kanabera hau darabil: palanka bat da, eta euste- puntutik —esku batekin eusten dio— arraina hartzeko muturrera dagoen luzera bost bider handiagoa da, euste-puntutik indarra egiten duen tokira dagoena baino —beste eskua dagoen tokia—. Zer gertatzen da? Zer palanka mota da arrantzarako kanabera hau? Marraztu hasierako diseinua, eta gero zuzendu, harrapatzen duen arraina uretatik atera ahal izateko.
4. Hiru palanka ditugu: lehenean, euste-puntua kokatzen da palankaren erdi-erdian, be- raz, indar-besoaren eta erresistentzia-besoaren luzerak berdinak dira; bigarren-ean, euste-puntua gertu-gertu dago erresistentzia kokatzen den tokitik, horrela, indar-besoa bi bider luzeagoa da erresistentzia-besoa baino; hirugarrenean, berriz, euste-puntua gertu-gertu dago indarra egiten den tokitik, eta indar-besoa bi bider laburragoa da erresistentzia-besoa baino. Zer eratako palankak dira? Zer palankatan altxatuko ditugu pisuak errazen? Zergatik?
5. Aitonak 90 kiloko pisua du eta ilobak, berriz, 30ekoa. Biak kokatuz gero txintxaun batean, esan non jarriko zenukeen bakoitza, txintxauna orekan mantentzeko, kontuan hartuta, txintxaunaren euste-puntua erdi-erdian dagoela, eta euste-puntutik ezkerreta- ra zein eskuinetara, lau zatitan banaturik dagoela txintxauna, alegia, aitona zein iloba esertzeko 4 posizio edo eserleku ditugu, hurrenez hurren.
6. Aztertu objektuetako bakoitza, marraztu dagokion palankaren eskema eta kokatu da- tuak ondo (erresistentzia, potentzia eta euste-puntua). Zer eratako palankak dira? Ob- jektuak: paper-gilotina, botilak zabaltzeko gailua (garagardoak, freskagarriak...), ar-

taziak, kurrikak, aliketak, latorrizko potoak zabaltzeko gailua, hatzazalak mozteko gailua, intxaur-kraskagailua. Marraztu palanka bakoitzaren eskema, eta kokatu ondo atalak (potentzia, erresistentzia eta euste-puntua)

7. Aztertu objektu bakoitza: marraztu bakoitzaren palanka-eskema, eta kokatu ondo atalak (potentzia, erresistentzia eta euste-puntua). Zer motatako palankak dira? Objektuak: sagar-prentsa, autoaren katua, orga edo karretila, zamak igotzeko polipastoa.
8. Zer eratako palanka da karretila edo orga? Marraz ezazu bi eratara orga bat (palanka-ren eskema eta errealtateko zirriborroa):
  - Ahalik eta indar gehien egiteko.
  - Ahalik eta indar gutxien egiteko.
9. Josteko makina baten pedalari 3 kiloko indarrarekin eragiten diogu gure oinarekin. Pedalaren euste-puntutik (mutur batean dago) 20 cm-ra zapaltzen du gure oinak, indar eginez; pedalaren beste muturrean, aldiz, biela dago; bielak mugimendua transmititzen dio josteko makinari, eta oinak zapaltzen duen tokitik 35 cm-ra dago lotuta. Zer eratako palanka da? Egin ezazu eskema eta kalkulatu bielari zer indar transmititzen zaion.
10. Karretila edo orga baten ezaugarriak honako hauek dira:
  - Gurpilaren erradioa  $r = 80$  cm
  - Gurpilaren ardatzetik euste-lekura dagoen tarteak  $d = 240$  cm

Ezaugarriak kontuan izanik: zer eratako makina arrunta da? Zenbateko indarra,  $F$ , egin beharko dugu 15 N-ko harri-karga bat altxatzeko? 600 N-ko indarra egiten badugu, zer harri-karga altxatu dezakegu?
11. Azpiko irudian orekan dagoen palanka-elkarte bat ikus dezakegu, eta osagai hauek osatzen dute: alde batetik, lau haga horizontalek, biratze-ahalmena dutenak, eta bestetik, hiru haga zurrin bertikalek, lau haga horizontalek lotzeko erabiltzen direnak. A muturrean 30 N-ko indarra aplikatuz gero, kalkulatu:
  - Zer palanka mota den haga bakoitza.
  - Transmisioaren errendimendua.
  - $R$  erresistentzia  $B$  puntuan.
12. Lehen mailako palanka bat dugu: palankaren mutur batean 200 kiloko zama dago, euste-puntutik 2 metrora; zama hori altxatzeko palankaren beste muturrean egiten da indar, euste-puntutik 5 metrora. Marraztu eskema eta kalkulatu egin beharreko  $F$  indarra.
13. Lehen mailako palanka batean 40 N-ko indarra egiten badugu, zer zama altxatu dezakegu? Indarra euste-puntutik 100 cm-ra egiten da, eta euste-puntutik 45 cm-ra kokatzen da zama. Egin ezazu egoeraren eskema.
14. Palankaren mutur batean 59 N-ko indarra egiten da, euste-puntutik 3 m-ra; beste muturrean 30 N-ko indarra egiten bada, euste-puntutik zein distantziatara egiten da azken indar hori, kontuan hartuta orekan dagoela lehen mailako palanka? Marraztu eskema.
15. Karretila edo eskorga batekin 100 kg-ko zama garraiatu gura da; gurpiletik metro erdira kokatzen da zama, eta gurpiletik 1,5 m-ra eutsiko diogu karretilari eskuekin. Zer indar egin beharko dugu? Marraztu eskema.

## 7.2. TXIRRIKAK EDO POLEAK

### 7.2.1. Ezaugarriak

- *Mugimendu zuzena mugimendu zuzen* transmititzen duten makinak dira; indarraren noranzkoa aldatzeko erabiltzen dira.
- *Ezaugarriak*: Polea edo txirrika gurpil bat da, ardatzaren inguruan biraka ari dena; bere perimetro osoan arteka bat du txirrikak, eta bertatik soka pasatzen da. Hala, polea biraka izan arren, ibilbide zuzenean mugituko da soka, eta igo eta jaitsi ahal izango dira kargak. Gainditu behar den erresistentzia aplikatzen den indarra baino handiago denean erabiltzen dira poleak; izan ere, egin beharreko indarraren norabidea aldatu daiteke poleari esker, esfortzua erraztu egiten da, esfortzua asko txikitu daiteke, eta zamak edo erresistentziak oso astiro mugitu daitezke.
- Bi eratako poleak daude: *polea finkoak* eta *polea mugikorrek*. *Polea finkoak* honako hauek dira: perimetro osoan arteka bat izan, eta soka batek eraginda ardatz baten inguruan biraka ari diren gurpilak. Sokaren bi muturretan kokatzen dira zama edo erresistentzia eta indarra; alegia, lehen mailako palanka da polea finkoa. Polea finkoetan ez da esfortzu txikiagorik egiten, baina errazago igotzen da zama, abiadura beti berbera izan arren, egin beharreko indarraren noranzkoa aldatzen baita: indarra beherantz egin behar da zama igotzeko. *Polea mugikorrek*, berriz, bi polea erabiltzen dituzte, bata finkoa, bestea mugikorra; soka baten bidez elkar lotuta doaz bi polea horiek eta igo beharreko zama. Polea mugikorrekin erdira txikitzen da zama hori igotzeko egin beharreko indarra, eta sokaren desplazamenduaren erdia desplazatuko edo igoko da zama. Polea mugikorrek indarraren norabidea eta noranzkoa, eta karga igotzeko abiadura aldatzen dituzte.
- *Datu teknikoak*
  - Sokaren mutur batean aplikatzen den indarra:  $F$  (N)
  - Indarraren desplazamendua:  $d$  (m)
  - Sokaren beste muturrean kokatzen den zama:  $R$  (N)
  - Zamaren desplazamendua:  $r$  (m)
- *Alde onak*: lana asko errazten da; erabilerrazak dira; indarraren noranzkoa aldatu egiten da.
- *Erabilerak, aplikazioak*: polea finkoa erabiltzen da zamak igotzeko sistemetan, gihar-gailuetan...; polea mugikorrekin errazago eta errendimendu hobearekin igotzen dira zamak.

### 7.2.2. Transmisio-erlazioa

- *Polea finkoetan*:

Indarraren lana = zamaren lana

$$W_f = W_R$$

Indarra x desplazamendua = Erresistentzia x desplazamendua

$$F \cdot d = R \cdot r$$

$F = R$ , berdina dira egin beharreko esfortzuak.

$d = r$ , berdina dira indarraren desplazamendua eta zamaren desplazamendua;

indarraren noranzkoa aldatzen da: indarra beherantz egin behar da zama igotzeko.

— *Polea mugikorretan:*

Indarraren lana = zamaren lana

$$W_f = W_R$$

*Indarra x desplazamendua = Erresistentzia x desplazamendua*

$$F \cdot d = R \cdot r$$

$$F = \frac{R}{2} \quad r = \frac{d}{2}$$

### 7.2.3. Polipastoak

— *Ezaugarriak:* polea finkoen eta polea mugikorren arteko konbinazioak dira polipastoak, bata bestearen gainean jarrita doazelarik poleok. Polea finkotik pasatzen da, lehendabizi, indarra aplikatzeko soka, eta gero, soka hori polea mugikorretara, hurrenez hurren, pasatzen da. Polipastoek indarraren noranzkoa aldatzen dute, baita abiadura ere. Sistema horrekin oso astiro mugitzen dira zamak. Sarri askotan sokaren ordeztu altzairuzko hariak erabiltzen dira.

— Bi eratako polipastoak aurkitu daitezke:

- *Polipastoak:* polea finkoa bakarra da eta besteak mugikorrak.
- *Trokolak edo motoiak:* poleen erdiak finkoak dira eta beste erdiak mugikorrak dira.

— *Transmisio-erlazioak:*

*Polipastoak:* Polea finko bakarra:

$$F = \frac{R}{2^n} \rightarrow n = \text{polea mugikorren kopurua}$$

*Trokolak edo montoiak:* Poleen erdiak finkoak direnean:

$$F = \frac{R}{2 \cdot n} \rightarrow n = \text{polea mugikorren kopurua}$$

— *Erabilerak, aplikazioak:* igogailua, garabia, zama handiak igotzeko sistemak.

### 7.2.4. Ariketak. Praktikak

1. Egin behar den indarraren eta jaso behar den pisuaren arteko erlazioak probatzeko muntaia hau prestatuko dugu: alde batetik, polea finko hutsa duen sistema, eta bestalde, polea finkoa eta polea mugikorra dituen sistema. Sistema bien polea finkoak berdina izanik, eraiki sistema bien muntaiak, eta horretarako:

- Lehenik eta behin eraiki poleentzako bi euskarri sendo, L itxuran.
- Muntatu euskarrietako batean polea mugikorra eta finkoa, eta bestean polea finkoa bakarrik. Bota soka sistema bakoitzean, eta lotu zama sokaren mutur batean polea finko hutsezko sisteman, eta polea mugikorraren ardatzetik zintzilikatu beste sisteman.

Sistemak prestatuta dituzunean, ahalegindu taula hau osatzen, dinamometro baten laguntzarekin (egiten den indarra neurtzen da horrekin) eta flexometro baten laguntzarekin (bildutako sokaren luzera eta zamaren desplazamendua —igoko den altuera— neurtzeko erabiltzen da azken hori):

|                                 | IGO GURA DEN<br>KARGA ( $R$ ) | EGITEN DUZUN INDARRA, ( $F$ ),<br>DINAMOMETROAREKIN<br>NEURTUTA | BILDUTAKO<br>SOKAREN LUZERA<br>( $d$ ) | ZAMAREN<br>DESPLAZAMENDUA,<br>ALTUERA<br>( $r$ ) |
|---------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Polea finkoa                    |                               |                                                                 |                                        |                                                  |
| Poleak: finkoa<br>eta mugikorra |                               |                                                                 |                                        |                                                  |

— Konparatu lortutako datu horiek formularen bitartez lortutakoekin.

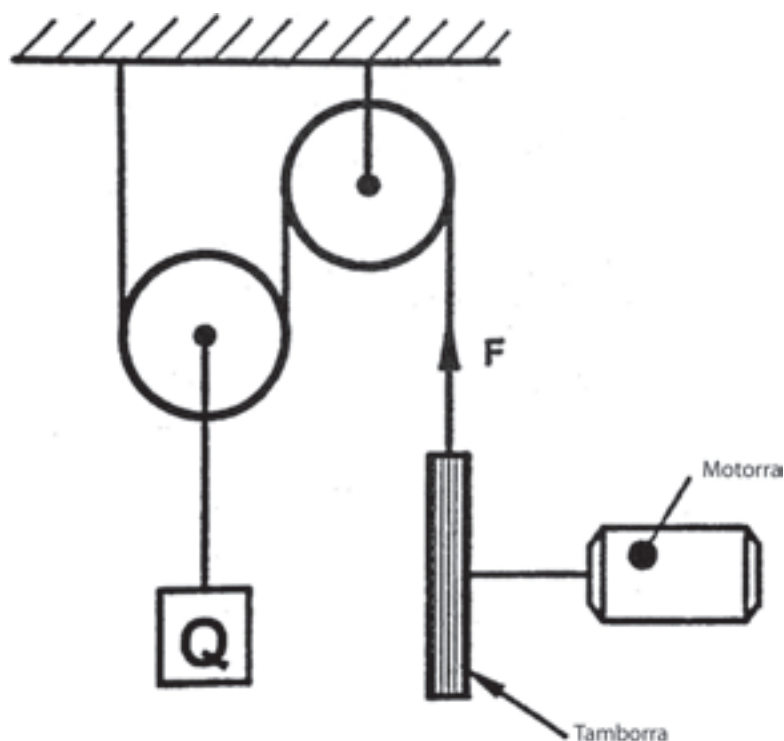
2. Bete itzazu taulan falta diren datuak, kontuan izanik polea finkoaren datuak eta polea mugikorraren eta polipastoaren ezaugarriak:

### POLEA FINKOEN ETA MUGIKORREN FORMULAK

| POLEA ARRUNTA                                   | POLEA MUGIKORRA                                          | POLIPASTOA                                               |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| F sarreran = F irteeran                         | F sarreran/ 2 = F irteeran                               | F sarreran/ 4 = F irteeran                               |
| d sarreran = r irteeran                         | <b><math>d</math> sarreran =</b>                         | <b><math>d</math> sarreran =</b>                         |
| Igotzeko pisua = 40 N                           | Igotzeko pisua = 40 N                                    | Igotzeko pisua = 40 N                                    |
| Aplikatu beharreko indarra:<br>$F = 40\text{N}$ | Aplikatu beharreko indarra:<br><b><math>F = N</math></b> | Aplikatu beharreko indarra:<br><b><math>F = N</math></b> |
| Sokaren luzera<br>$d = 1\text{m}$               | Sokaren luzera<br><b><math>d = m</math></b>              | Sokaren luzera<br><b><math>d = m</math></b>              |
| Karga igotzen den altuera<br>$r = 1\text{m}$    | Altxatutako distantzia<br><b><math>r = m</math></b>      | Altxatutako distantzia<br><b><math>r = m</math></b>      |

3. Zer eratako polea-elkarketak ezagutzen dituzu? Egin marrazkiak, eta azaldu zeintzuk diren bakoitzaren ezaugarriak.
4. Diseinatu zama oso astunak igotzeko erabiliko den sistema bat; horretarako, sei polea izango dituzu. Lehenik eta behin, egin zirriborroa eta eman dagokion izena; gero, kalkulatu zer indar,  $F$ , egin behar den 1200 N-ko zama igotzeko; azkenik, 100 N-ko indarra eginez, zer zama igo ahal izango duzu?
5. Hiru txirrika pare erabiliko dira polipasto bat diseinatzeko. Polipasto horrekin 300 kiloko zama igo gura da 4 m-ra. Zer indar egin beharko dugu? Zenbat luzatu beharko dugu soka? Edo beste era batera esanda, zama igo dadin, zenbat desplazatu beharko da soka hori beherantz? Egin eskema.
6. Sistema bat polea mugikor batek eta polea finko batek osatzen dute. 200 kiloko zama 3 m-ra igo gura bada, zein da egin beharreko indarra? Zenbat soka desplazatuko edo luzatuko da beherantz? Zelan deitzen da sistema hori? Egin eskema.

7. Bi txirrika pare erabiliko dira polipasto bat diseinatzeko. Polipasto horretan, 100 kilo-ko indarra egiten badugu zama bat 2 m-ra igozteko, zenbateko zama igo ahal izango da? Zenbat luzatu beharko dugu soka? Edo beste era batera esanda, zama igo dadin, zenbat desplazatu beharko da soka hori beherantz? Egin eskema.
8. 80 kiloko gorputza 10 m-raino igo gura da polea finko baten bidez, eta 1.000 Jouleko lana eginda. Zenbatekoa da sistemaren errendimendua?
9. Kalkula ezazu zenbat polea mugikor jarri behar diren polipasto batean, egiten den indarra erresistentziaren ehunena baino txikiago izan dadin.
10. Kalkula ezazu zenbat polea mugikor jarri behar diren motoi edo trokola batean, egiten den indarra erresistentziaren ehunena baino txikiago izan dadin.
11. Kalkula ezazu motoi edo trokola batean zenbat polea mugikor jarri behar diren egiten den potentzia erresistentziaren ehunena baino txikiago izan dadin.
12. Txirrika-elkarketa baten bidez 6.000 N-ko  $Q$  zama 1,25 m/s-ko abiaduraz jaso behar da. Txirrikeri eragingo dien korrante zuzeneko motorraren errendimendua % 75ekoa da, eta 200 Volteko tentsioari (V) konektatuta dago. Motorraren biraketa-abiadura 200 bira/min-koa da; motorraren ardatza danbor bati konektatuta dago, eta danbor horretatik soka harilkatuko da,  $Q$  zama eskegitzeko. Kalkulatu:
  - Zer potentzia behar dugu  $Q$  zama igozteko?
  - Zer momentu edo indar-pare lortu behar da?
  - Zer potentzia behar izango du motorrak?
  - Zein da motorrak xurgatzen duen korrante-intentsitatea (amperetan)?
  - Danborraren diametroa (metrotan).







- Antzinatik ezagutzen da eta oso erabilia izan da: Egiptoko piramideak eraikitzeke erabili ziren arrapalak, hain zuzen.

Lana arrapalatik igotzeko = Lana bertikaletik igotzeko

*Indarra  $\times$  arrapalaren luzera = Zama  $\times$  igo beharreko altuera*

$$F \cdot d = R \cdot h$$

*Zama igotzeko egin beharreko indarra: **F** (N)*

*Arrapalaren luzera, zama irristatuz eramaten da: **d** (m)*

*Igo beharreko zama: **R** (N)*

*Igo beharreko altuera bertikala: **h** (m)*

- *Datu teknikoak*

- *Zama igotzeko egin beharreko indarra: **F** (N)*
- *Arrapalaren luzera, zama irristatuz eramaten da: **d** (m)*
- *Igo beharreko zama: **R** (N)*
- *Igo beharreko altuera bertikala: **h** (m)*

- *Alde onak*: lana asko errazten du plano makurtuak; oso errazak dira erabiltzen.
- *Erabilerak, aplikazioak*: garajeen arrapala-irteera, mendiko errepedeak, espaloietako arrapalak ezintasun fisikoak dituztenentzat...

### 7.3.2. Transmisio-erlazioa

Egindako bidea zein dela ere, lan biek derrigor berdinak izan beharko dute, eta honako hau beteko da:

Lana arrapalatik igotzeko = Lana bertikaletik igotzeko

*Indarra  $\times$  arrapalaren luzera = Zama  $\times$  igo beharreko altuera*

$$F \cdot d = R \cdot h$$

### 7.3.3. Ariketak. Praktikak

1. Kamioi batera zama igotzeko sistema bi ditugu: batean, plano makurtuaren edo arrapalaren bidez igotzen dira zama; bestean, aldiz, besoetan hartu zama hori, eta altzoan bezala, kamioira igotzen dira zama. Bietako zeinetan egiten da lan handiagoa? Bietako zeinetan egiten da indar handiagoa? Definitu plano makurtua zeure berbeekin. Zer unitatetan adierazten da lana? Eta, indarra? Eta, aurreratzen den distantzia edo luzera? Zelan kalkulatu da egindako lana?
2. Sistema bi ditugu zama igotzeko. Lehenean, 10 N-ko indar bertikala eginez 2 m-ko altuerara igotzen da zama; bigarren, berriz, 10 m-ko plano makurtu bat baliatzen da, arrastaka zama garraiatzeko 2 N-ko indarra eginez. Bietan 2 m-ko altuerara igo gura da zama. Hausnartu, marraztu egoerak eta bete taula:

$W = F \cdot d =$  .....

Egindako lana = .....

Egindako indarra = .....

$W = F \cdot d =$  .....

Egindako lana = .....

Egindako indarra = .....

3. Gurpil bi elkarri lotuta daude listoi batekin, eta biak dira berdinak (tamaina eta pisu-aren aldetik); bakoitza plano makurtu batean kokatzen da, eta handik desplazatzen da (gora eta behera); baina, plano biak ezberdinak dira, hots, ezkerrekoak makurdura txikiagoa du —zorrotzagoa da— eskuinekoak baino. Zelan mugituko da tramankulu hau? Zergatik? Egin ezazu eskema.
4. Lau gurpileko orga bi ditugu zamak garraiatzeko toki batetik bestera; bietan, orgaren pisua, lurraren ezaugarriak eta gurpilen ezaugarriak berdinak dira; gurpilen diametroak, ordea, ez. Izan ere, lehen orgaren gurpilen diametroak bi bider handiago dira, bigarren orgaren gurpilenak baino. Zama garraiatzean, beraz, non egiten da indar handiagoa? Zein izango da handiago  $F_1$  edo  $F_2$ ? Zergatik?
5. Dinamometro baten laguntzarekin, saiatu zama bat igotzen hiru eratan:
  - Lerro bertikalean, metro bat igo zama.
  - Plano makurtua erabiliz, % 25eko malda duena, metro bateko altuerara igo zama.
  - Plano makurtua erabiliz, % 45eko malda duena, metro bateko altuerara igo zama.
 Neurtu ezazu egin beharreko indarra dinamometroarekin. Zer gertatzen da? Zein kasutan egin behar dugu indar txikiena, zergatik?
6. Irudikatu paperean triangelu zuzen bat eta moztu; jarri arkatzean bira-bira eginda. Zer itxura hartu du arkatzak? Badu torlojuaren antzik? Zer erlazio dago, beraz, arrapalaren edo plano makurtuaren eta torlojuaren artean?
7. Zer gertatzen da zama bat igo gura dugunean plano makurtu bat erabilita: biderkatu egiten da egin beharreko indarra, ala gutxitu? Nondik da neketsuago zama igotzea: bertikaletik edota plano makurtutik? Zergatik?
8. Bilatu itzazu zure inguruan plano makurtuak, indarra txikitzeko erabiltzen direnak, eta gero, deskribatu itzazu.
9. Plano makurtu bat erabiliz 2 m-ko altuerara igo gura da 200 N-ko zama bat. Kalkulatu egin beharreko indarra,  $F$ , jakinik, plano makurtuaren profila den triangeluaren kateto biak honako hauek direla: 2 metroko altuera edo kateto txikia, eta 7,75 m-ko luzera edo kateto handia. Marraztu ezazu planteatu dugun egoeraren zirriborroa.
10. Plano makurtu bat erabiliko dugu 200 kiloko zama 2 metroko altuerara igotzeko; zama gorantz arrastaka eramango dugu 60 kiloko indarra eginda. Zein da arrapalaren edo plano makurtu horren luzera? Marraztu eskema.
11. Plano makurtu bat erabiliz 2 m-ko altuerara igo gura da 80 kiloko zama bat. Kalkulatu egin beharreko  $F$  indarra, jakinik, plano makurtuaren luzera 8 m-koa dela. Marraztu ezazu egoeraren zirriborroa.
12. Kalkulatu zein luzera izan behar duen plano makurtu batek, 200 kg-ko pisu bat 3 m altxatu gura bada 20 kg-ko indarra egin.
13. 8 m-ko luzera eta 2 m-ko altuera duen plano makurtu batean gora igo gura dugu 25.000 kg-ko pisua duen kamioi bat. Zazpi polea mugikorrek polea-konbinazio esponentziala erabiliko da horretarako. Zer potentzia aplikatu behar da?

## 7.4. ZIRIA

### 7.4.1. Ezaugarriak

- *Erresistentzia handiak gainditzeko* erabiltzen dira ziriak. Angelu zorrotza eratzen duten bi *arrapala* edo *plano makurtu* dituen makina arrunta da ziria. Triangelu itxurako prisma horrek gauzak zabaltu edo banandu egiten ditu; izan ere, egiten den indarra bi indarretan deskonposatzen du ziriak, eta indar bi horiek planoekiko elkarzut eragiten dute zabaltu beharreko gainazalaren bi aldeetan. Zenbat eta luzeago izan ziria, orduan eta txikiago da erresistentzia gainditzeko esfortzua; era berean, zenbat eta luzeagoa izan ziria, orduan eta zorrotzago izango da angelua, eta ziria finagoa izango da.
- *Datu teknikoak*:
  - *Gauzak zabaltzeko egin beharreko indarra*:  $F$  (N)
  - *Ziriaren luzera*:  $d$  (m), bi arrapalek edo plano makurtuek osatzen duten angeluaren araberakoa
  - *Erresistentzia*:  $R$  (N)
  - *Ziriaren zabalera*:  $r$  (m), bi arrapalek edo plano makurtuek osatzen duten angeluaren araberakoa
- *Alde onak*: erresistentzia handiak gainditzeko erabilia; erabilterraza
- *Erabilerak, aplikazioak*: aizkora, aiztoa, bihurkina, trintxak

### 7.4.2. Transmisio-erlazioak

Orekan honako hau betetzen da:

Zabaltze- edo banantze-lana = Erresistentzia gainditzeko lana

*Indarra x ziriaren luzera = Erresistentzia x ziriaren arrapala biek edo plano makurtuek osatutako angeluaren zabalera*

$$F \cdot d = R \cdot r$$

### 7.4.3. Ariketak. Praktikak

1. Idatzi ziriaren zeregina betetzen duten hiru erremintaren izenak.
2. Plano makurtu bikoitza edo ziria sarritan eta egoera askotan erabiltzen da eguneroko bizitzan. Aipa itzazu gutxienez bi.
3. Erreparatu praketako kremailerari eta hausnartu: zer da? Zer izen du makina arrunt horrek?
4. Aztertu nola funtzionatzen duen giltzak sarrailan sartzen duzunean: zer gertatzen da? Azaldu pausoz pauso. Zer motatako makina dugu?

## 7.5. TORNUAK

### 7.5.1. Ezaugarriak

- *Mugimendu zirkularra mugimendu zuzen* bihurtzen duten makinak dira tornuak.
- *Ezaugarriak*: Danbor edo zilindro itxurakoa da tornua, eta bere ardatzaren inguruan biraka ari da; sistema mekaniko batek edo biradera batek eraginda. Zilindroaren ardatzaren mutur batean kokatzen da biradera edo sistema mekanikoa, eta zilindroaren gainazalaren inguruan, berriz, soka bat batzen da, zamak igotzeko eta jaisteko. Indarra tornuaren ardatzean egiten da, eta sarrerako biraketa-mugimendu hori mugimendu zuzen bihurtzen da sokaren gora eta beherako ibilbidean. Biraderaren besoaren luzeraren eta tornuaren erradioaren arteko diferentzia zenbat eta handiago izan, orduan eta txikiago da egin beharreko indarra.
- *Datu teknikoak*:
  - *Tornuaren euste-puntua edo ardatza*
  - *Biraderan eginiko indarra:  $F$  (N)*
  - *Biraderaren luzera:  $d$  (m)*
  - *Zama:  $R$  (N)*
  - *Tornuaren erradioa:  $r$  (m)*
- *Alde onak*: zamak igotzeko oso erabilia; erabilterraza.
- *Erabilerak, aplikazioak*: auto-garabiak, eraikuntza-garabiak, arrantza-kaina...

### 7.5.2. Transmisio-erlazioa

Orekan honako hau betetzen da:

*Biraderan egiten den lana = Lana erresistentzia gainditzeko*

*Indarra x biraderaren luzera = Erresistentzia edo zama x tornuaren erradioa*

$$F \cdot d = R \cdot r$$

$$F = \frac{R \cdot r}{d}$$

$d - r$  kendura edo diferentzia zenbat eta handiago izan, orduan eta txikiago da biraderan aplikatu beharreko  $F$  indarra

### 7.5.3. Ariketak. Praktiak

1. Zer eratako palanka da tornua? Egin eskema, eta kokatu erresistentzia, indarra eta euste-puntua.
2. Zamak igotzeko tornuaren bidezko sistema bi ditugu:
  - Lehenengoan, 10 kiloko zama igo gura dugu, eta biraderari 5 kiloko indarrarekin eragingo diogu.

- Bigarrenean, 20 kiloko zama igo gura dugu, eta biraderari 5 kiloko indarrarekin eragingo diogu.
- Sistema bietan biraderaren luzera berdina da.

Kasu bi hauetan, zeintzuk izan daitezke tornuen erradioak? Zergatik egiten da indar txikiagoa bigarren sisteman?

3. Tornu baten bidez 10 kg-ko zama bat igo gura da eraikin baten bigarren solairura (10 m-ko altuera). Tornuaren ezaugarriak hauek dira: tornu-erradioa = 20 cm eta biradera-besoa = 60 cm. Kalkulatu egin beharreko F indarra N-etan; tornuaren bihurtura-momentua zama hori igotzeko; bigarren pisura igotzean egindako lana; eta egin ezazu egoeraren zirriborroa.
4. Zenbateko zama igo daiteke tornu batekin, tornu-erradioa 15 cm-koa bada, biraderan 20 kiloko indarra egiten bada, eta biradera-besoaren luzera metro erdikoa bada. Marraztu eskema.
5. Tornu baten bidez, 80 kiloko zama bat igo daiteke 40 kiloko indarra eginda: zein da biradera-besoaren luzera, baldin eta tornu-erradioa 20 cm-koa bada? Marraztu eskema.
6. Kalkulatu tornu baten erradioaren neurria, jakinik, 60 kiloko zama igotzeko 260 N-ko indarra egin behar dela eta biradera-besoaren luzera 40 cm-koa dela. Egin eskema.
7. Eskuz eragindako tornu baten bidez 80 kiloko zama bat igo gura da 2 metroko altuerara, 0,2 m/s-ko abiadura linealarekin. Jakinik, biradera-besoa 200 mm-koa dela eta tornu-erradioa 100 mm-koa dela, marraztu eskema eta kalkulatuz:
  - Biraderan egin beharreko indarra (N-etan).
  - Tornuaren potentzia mekanikoa (w-etan).
  - Tornuaren biraketa-abiadura (rd/s-tan).
  - Zama igotzeko zenbat denbora behar den (s-tan).
8. Kalkulatu motor elektriko batek zer potentzia mekaniko garatzen duen 8 kiloko zama igotzeko, jakinik, 200 bira/min-ko biraketa-abiadura duela eta errotoreari 40 mm-ko diametroa duen tornua lotzen zaiola.
9. Kalkulatu 300 kiloko zama igotzeko egin behar den potentzia, 25 cm-ko erradioa duen tornua erabilia eta biradera-besoaren luzera 60 cm-koa bada.

## 7.6. TORLOJUA

### 7.6.1. Ezaugarriak

- *Mugimendu zirkularra mugimendu zuzen* bihurtzen duten makinak dira torlojuak.
- *Ezaugarriak*: torlojuak honako osagaiak ditu: potentzia aplikatzeko buru bat eta zilindro hariztatu bat. Hari hori arrapalaren antzerakoa da, eta zilindroaren inguruan helikoide eran itsasten da; hari horrek prisma-sekzio ezberdinak izan ditzake, baina beti forma bera gordetzen dutenak: triangeluarra, trapezoide itxurakoa, koadro itxurakoa... Hari horrek gailurrak eta hondoak ditu, eta hurrenez hurreneko bi gailurren edo bi

hondoren arteko distantziari *paso*a esaten zaio. Torlojuaren buruari birak emanez, lerro zuzenean desplazatu da torlojua; alegia, mugimendu zirkularra mugimendu zuzen bihurtzen du torlojuak. Era berean, torlojuaren buruan aplikatu beharreko indarra txikiago izateko, bihurkinak eta giltza finkoak erabiltzen dira lagungarri legez; horrela, egindako indarra txikiagoa da, palanka-besoaren luzera handitzen delako. Azken kasu horretan, ardatzaren eta indarra aplikatzen den tokiaren arteko distantzia hartu behar da kontuan, torlojuaren biraketa-erradioaren ordez.

— *Datu teknikoak:*

- Torlojuak lerro zuzenean (bira bakoitzean) aurreratzen duen tarte:  $a$
- Torlojuaren biraketa-erradioa:  $r$  (edo ardatzaren eta indarra aplikatzen den tokiaren arteko distantzia bihurkinak-eta erabiltzen direnean)
- Torlojuak ematen duen biraketa-desplazamendua:  $d$
- Torlojuaren buruan aplikatzen den indarra:  $F$  (N)
- Gaingitu beharreko erresistentzia:  $R$  (N)

— *Alde onak:* loturetan oso erabilia; indarra erraz handitu eta transmititzen du; gauzei eusteko oso eraginkorra.

— *Erabilerak, aplikazioak:* lotura gisa: torlojuak, gabilak, pernoak; indarra transmititzeko eta handitzeko: auto-katua, prentsak; eusteko tresna gisa: mahaiko torlojua, sarjentak; mugimendua transmititzeko eta transformatzeko: torloju-azkoina, amaigabeko torlojua.

### 7.6.2. Transmisio-erlazioa

Orekan honako hau betetzen da:

*Torloju-buruan egiten den lana = Torlojua lerro zuzenean desplazatzeko egin beharreko lana*

*Indarra x torloju-buruaren biraketa-desplazamendua = Erresistentzia x torlojuak lerro zuzenean aurreratzen duen tarte*

$$F \cdot d = R \cdot a$$

Torlojuak bira bat ematen duenean, lerro zuzenean *paso*a izeneko tarte aurreratzen du:

$$d = 2 \cdot \pi \cdot r$$

$$a = p$$

$$\text{Orduan} \rightarrow F \cdot 2 \cdot \pi \cdot 2 = R \cdot p$$

$$\text{Eta} \rightarrow F = \frac{R \cdot p}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

### 7.6.3. Ariketak. Praktiak

1. Irudikatu triangelu zuzen bat Din-4 batean, eta moztu; jarri arkatzean bira-bira eginda. Zer itxura hartu du arkatzak? Badu torloju antzik? Zer erlazio dago, beraz, arrapala edo plano makurtuaren eta torlojuaren artean?

2. Zelan transmititzen du abiadura torlojuak? Aldatzen ote du abiadura? Eta hala bada, zer da: abiadura-murriztailea edo -biderkatzailea? Arrazoitu erantzuna.
3. Aurkitu torloju batek zer aplikazio duen abiadura-murriztaile modura. Zein da torloju horien abantaila nagusia?
4. Ondorengo bi kasuetan, kalkulatu zer indar egin beharko dugun hexagono-burua duen torloju bat estutzeko; jakinik, torlojuaren pasoa 0,8 mm-koa dela eta gaintitu beharreko erresistentzia 200 N-koa.
  - Giltza finko baten bidez egingo dugu indarra, giltzaren beso-luzera = 15 cm da.
  - Zuzen-zuzenean torlojuaren buruan aplikatzen da indarra, inongo giltzarik gabe, torloju-buruaren erradioa 4 mm-koa da.
  - Egin itzazu kasu bakoitzeko kalkuluak eta eskema.
5. Auto baten gurpila aldatzeko katua erabiltzen dugu: katuaren torlojuaren sarrera kopurua edo hari kopurua 2 da, 3 mm-ko pasoa du eta 45 cm-ko luzera du torlojuak. Autoa topera igo dezan katuak, zenbat bira eman beharko ditugu katuaren biraderan? Marraztu zirriborroa.
6. Zer indar egin beharko da giltza finko batekin hexagono-burua duen torlojua estutzeko, jakinik, torlojua sarrera bakarrekoa dela, pasoa 2 mm-koa, gaintitu beharreko erresistentzia 450 kilokoa eta giltzaren beso-luzera 20 cm-koa? Torlojuak 45 mm aurreratzeko, zenbat bira eman beharko zaizkio torlojuari? Egin eskema.
7. Bi torloju ditugu, batek sarrera bakarra du; besteak, berriz, bi sarrera ditu. Paso berdina izanda, distantzia bera aurreratzen ote dute? Zergatik?
8. Kalkulatu torloju honen pasoa, kontuan izanik ondoko datuak:
  - Torlojuak 2 sarrera ditu.
  - Giltza finko batekin eragiten zaio torlojuaren buruari.
  - Giltzaren beso-luzera 45 cm-koa da.
  - 60 kiloko indarra egiten da eta 21.120 kiloko erresistentzia gaintitzen da.

Egin eskema. Zenbat bira eman beharko diogu torlojuaren buruari, materialean 100 mm egiteko aurrera?
9. Sagar-prentsa edo dolare batean 1.000 kilo sagar prentsatu gura dugu. Torlojuak bi sarrera ditu eta 4 mm-ko pasoa; biraderaren beso-luzera 50 cm-koa da. Zenbat bira eman beharko diogu biraderari, sagarren altuera 50 cm txikitzeko? Egin eskema.

## 7.7. GURPIL ETA ARDATZ BIDEZKO SISTEMA

### 7.7.1. Ezaugarriak

- *Ezaugarriak*: gurpila berez makinatzat hartzen ez bada ere, makina arrunt bihurtzen da gurpilari ardatza lotzen zaionean, euste-puntu bakarreko makina horretan indarra handitu egiten baita; era berean, mugimendua transmititzeko eta errazteko ere balio du makina horrek. Mugimendua sortu daiteke bai gurpiletik, bai ardatzetik. Gurpilari bi-



rak ematean, biraketa-indar handia transmititzen zaio ardatzari, eta halakoetan bigarren mailako palankatzat hartu daiteke. Errodadura-elementu modura erabiltzen denean, asko txikitzen da lurrarekin duen kontaktu-azalera eta errazago desplazatzeko aukera ematen digu, marruskadura asko txikitzen baita.

— *Datu teknikoak:*

- Gurpilaren biraketa-erradioa:  $r_2$
- Ardatzaren biraketa-erradioa:  $r_1$
- Indarra:  $F$  (N)
- Erresistentzia  $R$  (N)

— *Alde onak:* indarrak transmititzeko eta biderkatzeko oso eraginkorra; mugimenduak erraztasun handiz transmititzen ditu; erabilterraza.

— *Erabilerak, aplikazioak:* errodadura-elementu modura: ibilgailuen gurpilak, kojinetak; indar-transmisore modura: bolanteak, ateko sarrailek, maratila, transmisio-gurpilak mekanismoetan...

### 7.7.2. Transmisio-erlazioa

Orekan honako hau betetzen da:

$$\text{Lan eragilea} = \text{Erresistentzia-lana}$$

$$M_2 \cdot \varpi_2 = M_1 \cdot \varpi_1$$

Gurpilak eta ardatzak abiadura berean biratzen dutenez:

$$\varpi_2 = \varpi_1$$

Biraketa-momentua berdina da gurpilean zein ardatzean:

$$M_2 = M_1$$

$$F \cdot d = R \cdot r$$

$$\begin{array}{l} \text{Kontuan izanik:} \\ d = r_2 \\ r = r_1 \end{array}$$

eta gurpilaren erradioa ardatzarena baino handiago denez, hau da,  $r_2 > r_1$

orduan, egin beharreko indarra  $F < R$  izango da beti.

### 7.7.3. Ariketak. Praktiak

1. Kalkulatu bolante batek egin beharreko indarra 100 N-ko erresistentzia gainditzeko. Ardatzean eragiten da erresistentzia, eta ardatzaren erradioa 2 cm-koa da; indarra, berriaz, bolantearen kanpoaldean egiten da, eta bolantearen erradioa 20 cm-koa da. Egin ezazu eskema.
2. Auto baten motorra 150 bira/min ematen ari bada, zer abiaduratan dabilta haren gurpilak, m/s-an adierazita. Marraztu ezazu autoaren transmisio-sistemaren eskema.

Transmisio-sistema honako osagai hauek osatzen dute:

- Engranaje txikia, 6 hortzekoa, motorraren errotorean loturik.
- 46 hortzeko engranajea, aurreko engranaje txikiarekin engranatzen dena.
- Autoaren gurpilak, 46 hortzeko engranajearen ardatz berean kokatuak. Gurpilek 5 cm-ko erradioa dute.

3. Jakinik, ibilgailu baten gurpilen erradioa 40 cm-koa dela eta beren gurpilek minutu bakoitzean 1.300 bira ematen dutela, zer abiaduratan mugitzen da ibilgailua lerro zuzean?
4. Zergatik da kamioien bolantea autoena baino handiagoa?



*Uhalak eta txirrikak*

**8**



## 8.1. EZAUGARRIAK

- *Mugimendu zirkularra mugimendu zirkular* transmititzen duten mekanismoak dira; biraketa-planoa aldatu barik, ardatz paraleloen artean.
- *Ezaugarriak*: Potentzia mekanikoa bi ardatzen artean transmititzeko erabiltzen dira txirriken eta uhalen bidezko sistemak; potentzia mekaniko hori motorraren ardatzetik dator, eta gehienetan, elektrikoa izaten da motorra. Txirriken eta uhalen arteko *marruskaduraren* ondorioz transmititzen da mugimendua. Horregatik, marruskadura-indarra txirrikak lotzen dituen uhalaren tentsioaren adinakoa da, bestela uhala txirriken artean lerratu egingo litzateke eta. Batetik uhalaren tentsioak, eta bestetik uhalaren trakzio-erresistentziak baldintzatzen dute, batik bat, marruskadura-balioa; hau da, kontuan hartzekoak dira uhala egiteko erabili den materiala (larrua, oihal-zuntzak, gomarekin babestuta dauden metal-hariak...), eta uhalaren dimentsioak.
- Gurpil erako elementu mekanikoak dira *txirrikak edo poleak*. Arteka bana dute txirri-kek bere perimetro osoan, eta arteka horietan kokatzen da uhala. Txirrikak ardatz banatan sarturik edo kokaturik doaz. Material asko erabili daitezke txirrikak ekoizteko. Txirrika biek biraketa-noranzko bera edo alderantzizkoa izan dezakete.
- *Uhalak*, berriz, zinta itxiak dira; hainbat formatakoak dira (lauak, trapezoidalak, biribilak, horzdunak...), eta narruz edo bestelako materialez egin daitezke; uhalek bi ardatzen arteko mugimendua transmititzen dute. Gehienetan ardatzak paraleloak dira.
- *Datu teknikoak*
  - Txirriken *diametroak*:  $d_1$ ,  $d_2$
  - *Ardatzen diametroa*
  - Artekaren forma edo itxura
- *Alde onak*: transmisio sinplea eta merkea; oso isila; ez du koipetzerik behar; distantzia politera transmititu daiteke mugimendua; mugimenduaren noranzkoa ere aldatu daiteke, txirriken artean uhalak gurutzatuz gero; leku txikietan transmisio-erlazio handiak lortu daitezke, batez ere, transmisio konposatuari esker.
- *Eragozpenak*:
  - Uhalen bidezko sistema aspalditik ezagutzen bada ere, *potentzia txikiko transmisioetan* baino ez da erabiltzen. Izan ere, uhalaren eta txirrikaren arteko marruskadura dela eta potentzia galtzen da (abiadura eta indarra), mekanismoa martxan jartzean, batez ere. Arazo horri aurre egiteko *horzdun uhalak* (hortzak dituzten uhalak) erabili ohi dira, eta txirrikaren eta uhalaren arteko lotura estutu egiten da.
  - Uhalak, ezinbestean, tentsio nahikoa izan behar du ardatzen artean, ahalik eta potentzia handiena transmititzeko, apurtu barik edo artekatik atera barik. Horretarako, danbor erako tentsoreak edo tinkagailuak erabili daitezke uhalaren tentsioa kontrolatzeko; izan ere, tentsoreen bidez, uhalean presioa egiten da gutxienean tentsio hori lortuz.
- *Erabilerak, aplikazioak*: ikus-entzunezkoak ekoizteko makinetan, garbigailuak, makina industrialak, autoaren transmisio-osagarrietan, zulagailuak...

## 8.2. TRANSMISIO ERLAZIOA

### 8.2.1. Transmisio-erlazio arrunta

Bi ardatzen artean transmititzen da mugimendua; bi txirrikak martxan hasten direnean, abiadura tangential berbera izan behar dute:

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

*txirrika eragilearen diametroa (edo motor-txirrikaren diametroa):  $d_1$*

*eragindako txirrikaren diametroa:  $d_2$*

*sarrera-abiadura edo txirrika eragilearen abiadura, bira /min:  $n_1$*

*irteera-abiadura edo, eragindako txirrikaren abiadura, bira/min:  $n_2$*

$$i = \frac{\text{irteera} - \text{abiadura}}{\text{sarrera} - \text{abidura}} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$i = \frac{\text{txirrika eragilearen diametroa}}{\text{eragindako txirrikaren diametroa}} = \frac{d_1}{d_2}$$

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

$$i_{1 \rightarrow 2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{d_1}{d_2}$$

$i > 1$ , abiadura-biderkatzailea da sistema

$i < 1$ , abiadura-murriztailea da sistema

*Potentzia mekanikoa:*

$$P_1 = M_1 \cdot \omega_1$$

$$P_2 = M_2 \cdot \omega_2$$

$$P_2 = \eta \cdot P_1 \Rightarrow$$

Sistema ideala:  $\eta = 1$

*Bihurdura-momentua:*

$$M_2 = \eta \cdot \frac{1}{i_{1 \rightarrow 2}} \cdot M_1$$

### 8.2.2. Transmisio-erlazio konposatua: txirrika-trena

Transmisio konposatuan bi ardatz baino gehiagoren artean suertatzen da mugimendua. Transmisio-erlazioa kalkulatzeko, kontuan hartu beharko dira: batetik, ardatz eragilearen eta azkeneko ardatzaren abiadura, eta bestetik, txirrika eragileen eta eragindako txirriken diametroak.

$$i_{1 \rightarrow 2} = \frac{d_1}{d_2}$$

$$i_{3 \rightarrow 4} = \frac{d_3}{d_4}$$

$$i_{\text{guztira}} = i_{1 \rightarrow 2} \cdot i_{3 \rightarrow 4} = \frac{d_1 \cdot d_3}{d_2 \cdot d_4} = \frac{n_2 \cdot n_4}{n_1 \cdot n_3} = \frac{n_4}{n_1}$$

$$\text{izan ere, } \Rightarrow n_2 = n_3$$

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

*txirrika eragileen diametroak:  $d_1, d_3$*

*eragindako txirriken diametroak:  $d_2, d_4$*

*irteera-abiadura:  $n_4$*

*sarrera-abiadura:  $n_1$*

$$n_{\text{azkenpola}} = i_{\text{guztira}} \cdot n_1$$

|                            |
|----------------------------|
| Sistema ideala: $\eta = 1$ |
|----------------------------|

$$M_{\text{azkenpola}} = \eta_{\text{guztira}} \cdot \frac{1}{i_{\text{guztira}}} \cdot M_1$$

$$P_{\text{azkenpola}} = \eta_{\text{guztira}} \cdot P_1$$

### 8.2.3. Uhal-luzeraren kalkulua

— Uhala irekia denean, hots, gurutzatu barik kokatzen denean:

$$\bullet L = \pi \cdot (R + r) + 2E + \frac{(R - r)^2}{E}$$

*$E$  = ardatzen arteko distantzia*

*$R$  = txirrika handienaren erradioa*

*$r$  = txirrika txikienaren erradioa*

— Uhala gurutzaturik kokatzen denean:

$$\bullet L = \pi \cdot (R + r) + 2E + \frac{(R + r)^2}{E}$$

*$E$  = ardatzen arteko distantzia*

*$R$  = txirrika handienaren erradioa*

*$R$  = txirrika txikienaren erradioa*



- Uhala trapezoide erakoa denean, uhalaren luzeraren kalkulua egiteko  $r$  eta  $R$  erradioei uhalaren altueraren erdia kendu behar zaie:

$$R_{\text{trapezoide}} = R - \frac{h}{2}$$

$$r_{\text{trapezoide}} = r - \frac{h}{2}$$

### 8.3. ARIKETAK. PRAKTIKAK

1. Oso azkar biratzen duen 6 voltiko motortxo bat dut, eta pisuak igotzeko erabili gura dut. Zer egin dezaket? Zelan murriztuko dut motortxoaren abiadura? Idatzi erantzuna, eta gero, azaldu grafikoki.
2. 8 eta 24 cm-ko erradioa duten bi txirrika dauzkagu, hurrenez hurren, uhalaren bidez elkarri lotuak. Txirrika handiak txikitik tiratzen baldin badu: zein da txirrika eragilea eta zein eragindako txirrika? Zein da transmisio-erlazioa? Txirrika handiak minutuko 60 bira ematen baditu, zein izango da txirrika txikiaren abiadura? Egin ezazu eskema.
3. Autoaren birabarkiak minutuko 3.000 bira egiten baditu, zer abiaduratan ari dira biratzen alternadorea eta haizegailua? Birabarkiarenean, alternadorearen eta haizagailuaren txirrikak uhal baten bidez loturik doaz, eta txirriken diametroak hauek dira:

$$d_{\text{alternadorea}} = 10 \text{ cm}; d_{\text{birabarkia}} = 20 \text{ cm}; d_{\text{haizegailua}} = 16 \text{ cm}.$$

4. Adierazi gezien bidez txirrika hauen biraketa-noranzkoak. Lehenean, txirrika eragileak eskuinetara biratzen du, eta uhalaren bidez bigarren txirrikari mugimendua transmititzen dio. Bigarrenetan ere txirrika eragileak eskuinetara biratzen du, baina, uhala, berriaz, gurutzaturik kokatzen da bi txirriken artean.
5. Konpresore bat mugiarazten dugu motor baten bidez. Motor horrek 300 bira ematen ditu minutu batean, eta txirrika-multzo bati transmititzen dio higidura: zein da transmisio-erlazioa? Zein da konpresorearen abiadura? Txirrika eragilearen diametroa 5 cm-koa da eta eragindako txirrikaren diametroa, aldiz, 20 cm-koa.
6. Erreparatu 3 txirrikako elkarketa honi. Batetik,  $P_1$  eta  $P_3$  txirriken diametroak berdinak dira, eta  $P_2$  txirrikaren diametroa beste bien bikoitza da. Bestetik,  $P_1$  eta  $P_2$  txirrikak uhalaren bidez lotzen dira, eta  $P_2$  eta  $P_3$  ere bai, baina azken bi hauei dagokienez uhala gurutzaturik kokatzen da. Erantzun galderei:
  - Zer biraketa-abiadura du  $P_3$ -k,  $P_1$ -ek 20 bira ematen dituenean?
  - Zenbat bira eman beharko ditu  $P_1$ -ek 100 bira eman ditzan  $P_3$ -k?
7. Txirriken eta uhalen bidezko transmisio-sistema hau dugu:
  - $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ,  $P_4$  eta  $P_5$  txirrikak ditugu:  $P_1$  eta  $P_2$  txirrikak uhalaren bidez lotzen dira;  $P_2$  eta  $P_3$  txirrikak gurutzaturik kokatzen den uhalarekin lotzen dira;  $P_3$  eta  $P_4$  txirrikak gurutzaturik kokatzen den uhalarekin lotzen dira;  $P_4$  eta  $P_5$  txirrikak ere gurutzaturik kokatzen den uhalarekin lotzen dira.

- $P_1$  txirrika erlojuaren orratzen kontrako noranzkoan biraka badabil:
- Zein noranzkotan ari da biratzen  $P_5$  txirrika?
  - Zein noranzkotan biratuko luke  $P_5$  txirrikak, uhal guztiak gurutzatuta egonez gero?
  - Eta, uhalak gurutzatu barik baleude?
  - Eta igurzte-txirrikak balira?
8. Teknologia-tailerrean dauden zulagailu finkoetan (zutabedun zulagailuak, hain zuzen) txirriken eta uhalaren sistema erabiltzen da motorraren mugimendua barautsera transmititzeko; hala, gutxienez hiru txirrika ditugu ardatz bakoitzean, bai motorraren ardatzean, bai barautsaren ardatzean; uhal txirriken artean aldatzean, abiadura ere aldatzen da, jakina. Zein da txirriken eta uhalaren kokapen egokia abiadura handiena transmititzeko, hau da, barautsak arinen biratzeko? Motorrak 1.400 bira minutuko ematen baditu, kalkula ezazu zulagailuaren abiadura minimoa eta maximoa, txirriken tamainak 30, 40 eta 50 cm izanik.
9. Hurrenez hurren 4 eta 12 cm-ko erradioak dituzten bi txirrika dauzkagu, uhalarekin elkarri lotuta. Txirrika handiak txikitik tiratzen baldin badu: zein da txirrika eragilea eta zein eragindako txirrika? Zein da transmisio-erlazioa? Abiadura-biderkatzailea ala abiadura-murritztailea ote da sistema? Txirrika handiak minutuko 300 bira ematen baditu, zein izango da txirrika txikiaren abiadura? Egin ezazu eskema.
10. Kalkulatu txirrika eragilearen diametroa honako transmisio-sistema honetan: txirriken eta uhalaren bidezko transmisio arrunta; eragindako txirrikaren diametroa 90 mm-koa da; transmisio-erlazioa  $\frac{1}{4}$  da; eragindako txirrikaren biraketa-abiadura 300 bira/min-koa da. Egin ezazu transmisio-sistemaren eskema.
11. Txirrika eta uhal bidezko sistema bi ditugu eta bakoitzari bere motor elektrikoak eragingo dio. Konparatu itzazu bi sistemok, egin eskemak eta erantzun:
- Zein da transmisio-erlazioa sistema bakoitzarentzat?
  - Zein da txirrika bakoitzaren biraketa-abiadura (bira/min-tan), motorrek 800 bira/min ematen badituzte?
  - Eragindako txirrikari lotutako tornu baten bidez zamak igo eta jaisten badira, zer sistemak izango du gora/beherako abiadurarik handiena? Zer sistemak izango du indarrik handiena zamak gora/behera eramateko?

Datuak:

- 1. sistema: eragindako txirrikaren diametroa = 8 cm; txirrika eragilearen diametroa edo errotoreari lotutako txirrikaren diametroa = 30 mm; motorraren biraketa-abiadura = 800 bira/min.
- 2. sistema: eragindako txirrikaren diametroa = 12 cm; txirrika eragilearen diametroa edo errotoreari lotutako txirrikaren diametroa = 30 mm; motorraren biraketa-abiadura = 800 bira/min.

12. Txirrika eta uhal bidezko transmisio konposatu bat dugu oraingoan. Motorrari lotutako 3 txirrika ditugu, ardatz berean, eta bigarren ardatz batean dauden beste hiru txirrikarekin jartzen dira kontaktuan uhalaren bidez. Zer abiadura eragin dezake sistema horrek, motorrak 450 bira/min ematen baditu? Marraztu eskema.

Datuak: Txirrika eragileen diametroak (ordena honetan): 60 mm, 40 mm, 20 mm.

Eragindako txirriken diametroak (ordena honetan): 20 mm, 40 mm, 60 mm.

13. Txirrika eta uhal bidezko sistema bat dugu motor elektrikoak eraginda. Eragindako txirrikaren ardatz berean tornu bat dago kokatuta, zamak igotzeko eta jaisteko asmoarekin. Egin eskema eta erantzun:

- Zein da transmisio-erlazioa?
- Zein da zamak gora/behera eramateko abiadura (m/s-tan)?

Datuak:

- Eragindako txirrikaren diametroa = 80 mm.
  - Txirrika eragilearen diametroa edo errotoreari lotutako txirrikaren diametroa = 30 mm.
  - Motorraren biraketa-abiadura = 3000 bira/min.
  - Tornu-erradioa = 3 cm.
14. Hurrenez hurren 6 eta 2 cm-ko erradioak dituzten bi txirrika dauzkagu, uhalarekin elkarri lotuta. Txirrika handiak txikitik tiratzen baldin badu: zein da txirrika eragilea eta zein eragindako txirrika? Zein da transmisio-erlazioa? Abiadura-biderkatzailea ala abiadura-murritztailea ote da sistema? Txirrika handiak minutuko 500 bira ematen baditu, zein izango da txirrika txikiaren abiadura? Egin ezazu eskema.
15. Txirrika eta uhal bidezko sistema konposatua dugu: ardatz eragileak 1.500 bira/min-ko ematen ditu, eta berari lotutako txirrikak 10 mm-ko diametroa du; txirrika eragile hori bigarren ardatzean kokatuta dagoen tarteko txirrikarekin lotzen du lehenengo uhal batek, eta eragindako txirrikaren diametroa 60 mm-koa da; bigarren ardatz horretan beste txirrika bat ere kokatzen da, 20 mm-ko diametrokoa, eta azken edo hirugarren ardatzera transmititzen du mugimendua, bigarren uhal baten bidez; azken ardatz horretan 40 mm-ko diametroa duen txirrika kokatzen da. Marraztu eskema eta erantzun:
- Zein da transmisio-erlazioa?
  - Zein da sarrera-abiadura? Eta irteerakoa?
  - Abiadura-biderkatzailea ala abiadura-murritztailea da sistema? Zergatik?
  - Zein da tarteko bigarren ardatzaren biraketa-abiadura?
16. Ondoko txirrika-tren konposatua dugu eta hiru ardatzetan kokatzen dira txirrikak: lehenengoan edo sarrera-ardatzean txirrika bakarra dugu, 40 mm-ko diametrokoa; bigarren edo tarteko ardatzean bi txirrika kokatzen dira, biak polearekin bat eginda, 20 mm-ko eta 60 mm-ko diametrokoak; hirugarrenean edo irteera-ardatzean txirrika bakarra kokatzen da, 40 mm-ko diametrokoa. Sistema honetan, txirrika handiak bere ondorengo txikiari eragiten dio, eta sarrerako abiadura 400 bira/min-koa da. Marraztu eskema eta:
- Kalkulatu irteera-abiadura.
  - Kalkulatu sistemaren transmisio-erlazioa.
  - Abiadura biderkatzailea ala abiadura murritztailea da? Zergatik?
  - Zein da tarteko edo bigarren ardatzean kokatuta dauden bi txirriken abiadura?
  - Zeintzuk dira txirrika eragileak? Eta eragindakoak?
17. Bi ardatzen artean txirrika eta uhal bidezko transmisio konposatua dugu. Ardatz eragilean, ordena honetan, eta ezkerretik eskuinera,  $d_1$ ,  $d_2$  eta  $d_3$  diametroko hiru txirrika kokatzen dira,  $d_1 > d_2 > d_3$ , izanik; eragindako ardatzean, berriz,  $d_4$ ,  $d_5$  eta  $d_6$  diametroko hiru txirrika kokatzen dira, ordena horretan, eta ezkerretik eskuinera,  $d_4 < d_5 < d_6$ , izanik. Kalkulatu transmisio-erlazioko aukera guztiak, ardatz eragilea biraka ari denean  $n_1$ -eko abiaduran. Marraztu ezazu eskema.

18. Zulagailu finko bateko motorrak minutuko 1.650 bira ematen ditu, eta barautsaren biraketa-abiadurak honako hauek izan daitezke: 1.650 bira/min, 1.950 bira/min eta 2.550 bira/min. Marraztu ezazu mekanismoaren eskema eta kalkulatu ardatz eragilean eta eragindako ardatzean kokatuta dauden txirriken diametroak, jakinik:
- Motorrari lotutako ardatz eragilean 3 txirrika kokatzen dira, goitik behera:  $d_1$ ,  $d_2$  eta  $d_3$  diametroko txirrikak,  $d_1 > d_2 > d_3$ , izanik. Eta emandako hurrenkera horretantxe.
  - Barautsari lotutako ardatzean ere, hau da, eragindakoan, 3 txirrika kokatzen dira:  $d_4$ ,  $d_5$ , eta  $d_6$  diametroko txirrikak, goitik behera, eta ordena horretan,  $d_4 < d_5 < d_6$ , izanik.
  - Motorraren biraketa-abiadura,  $n_1$ , 1.650 bira/min-koa da.
  - Barautsaren ardatzeko txirrika txikienak,  $d_4$ -k, 55 mm-ko diametroa du.
19. Kalkulatu zulagailu finko bateko barautsak izan ditzakeen biraketa-abiadura aukera guztiak, kontuan izanik zulagailuaren datuak eta motorraren biraketa-abiadura 1.550 bira/min-koa dela. Marraztu ezazu transmisio-eskema.

Datuak:

- Txirrika eta uhal bidezko transmisioa konposatua da, hain zuzen, 6 txirrika-pareren artekoa.
- Ardatz eragilean 6 txirrika kokatzen dira, txikitik handira, goitik behera eta ordena honetan:  $d_6 = 110$  mm,  $d_5 = 143$  mm,  $d_4 = 172$  mm,  $d_3 = 198$  mm,  $d_2 = 220$  mm,  $d_1 = 248$  mm.
- Eragindako ardatzean, aldiz, 6 txirrika kokatzen dira, handitik txikira, goitik behera eta ordena honetan:  $d_{12} = 240$  mm,  $d_{11} = 205$  mm,  $d_{10} = 173$  mm,  $d_9 = 147$  mm,  $d_8 = 120$  mm,  $d_7 = 98$  mm.

20. Kalkulatu zulagailu finko bateko barautsak izan ditzakeen biraketa-abiadura aukera guztiak, kontuan izanik zulagailuaren datuak eta jakinik motorrak bi abiaduratan biratu dezakeela: 150 bira/min eta 600 bira/min. Marraztu ezazu transmisio-eskema.

Datuak:

- Txirrika eta uhal bidezko transmisioa konposatua da, hain zuzen, 5 txirrika-pareren artekoa.
- Ardatz eragilean 5 txirrika kokatzen dira, handitik txikira, goitik behera eta ordena honetan:  $d_1 = 150$  mm,  $d_2 = 133$  mm,  $d_3 = 110$  mm,  $d_4 = 88$  mm,  $d_5 = 70$  mm.
- Eragindako ardatzean, aldiz, 5 txirrika kokatzen dira, txikitik handira, goitik behera eta ordena honetan:  $d_6 = 70$  mm,  $d_7 = 88$  mm,  $d_8 = 110$  mm,  $d_9 = 133$  mm,  $d_{10} = 150$  mm.
- Motorrak bi abiaduratan biratu dezake:  $n_1 = 50$  bira/min eta  $n_2 = 600$  bira/min.
- Uhalaren labaintze-galera %3-koa da.

21. Kalkulatu fresatzaile batek zer biraketa-abiadura duen, fresatzailearen datuak kontuan izanik eta jakinda motorraren biraketa-abiadura 1.450 bira/min-koa dela. Marraztu ezazu transmisio-eskema.

Datuak:

- Txirrika eta uhal bidezko transmisioa konposatua da, hain zuzen, 3 ardatzen artean eta txirrika bi pareren artekoa.
- Ardatz eragilean txirrika bakarra kokatzen da, motortxoaren errotoreari lotua:  $d_1 = 60$  mm;  $d_1$  txirrika hori  $d_2$  txirrikarekin kontaktuan dago uhalaren bidez.

- Bigarren ardatzean, aldiz, txirrika bi kokatzen dira,  $d_2 = 230$  mm eta  $d_3 = 120$  mm;  $d_3$  txirrika hori  $d_4$  txirrikarekin kontaktuan dago uhalaren bidez; uhala gurutzaturik kokatzen da bi txirriken artean.
- Hirugarren eta azken ardatzean  $d_4$  txirrika kokatzen da,  $d_4 = 170$  mm, fresatzaile-ari eragingo diona.
- Lehen eta bigarren ardatzen artean 500 mm-ko tartea dago; bigarren eta hirugarren ardatzen artean ere 500 mm-ko tartea dago.

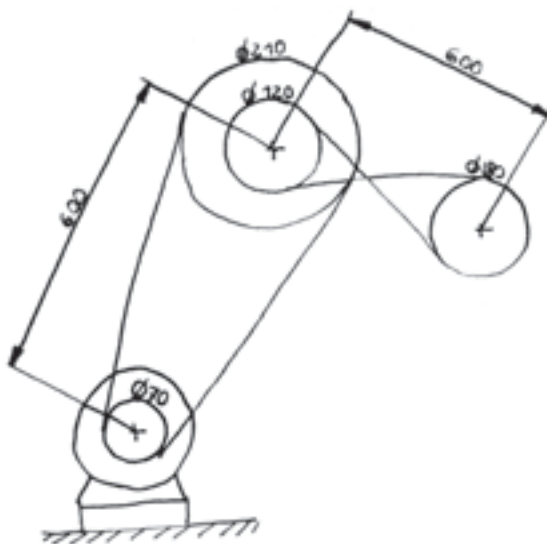
22. Kalkulatu zulagailu batek zer biraketa-abiadura duen, kontuan izanik zulagailuaren datuak eta motorraren biraketa-abiadura 2.000 bira/min-koa dela. Marraztu ezazu transmisio-eskema. Zein da sistemaren transmisio-erlazioa?

Datuak:

- Txirrika eta uhal bidezko transmisioa konposatua da, hain zuzen, 3 ardatzen artean eta txirrika bi pareren artekoa.
- Ardatz eragilean txirrika bakarra kokatzen da, motortxoaren errotoareari lotua:  $d_1 = 80$  mm;  $d_1$  txirrika hori  $d_2$  txirrikarekin kontaktuan dago uhalaren bidez.
- Bigarren ardatzean, aldiz, txirrika bi kokatzen dira,  $d_2 = 220$  mm eta  $d_3 = 170$  mm;  $d_3$  txirrika hori  $d_4$  txirrikarekin kontaktuan dago uhalaren bidez; uhala gurutzaturik kokatzen da bi txirriken artean.
- Hirugarren eta azken ardatzean  $d_4$  txirrika kokatzen da,  $d_4 = 170$  mm, zulagailuko barautsari eragingo diona, hain zuzen ere.
- Lehen eta bigarren ardatzen artean 760 mm-ko tartea dago; bigarren eta hirugarren ardatzen artean ere 1.000 mm-ko tartea dago.

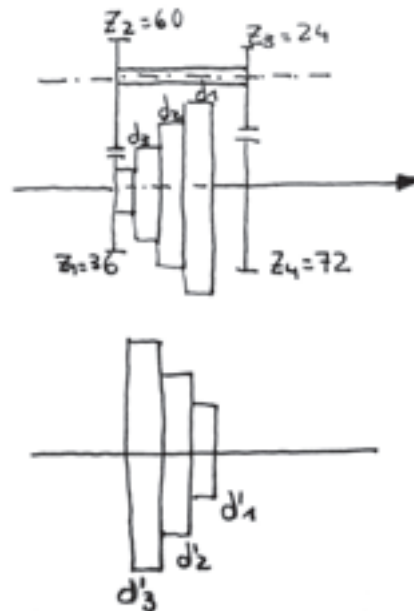
23. Irudian fresatzaile baten transmisioa ikusi dezakegu; mugimendua txirriken eta uhalen bidez transmititzen da, motor batetik fresatzailearen ardatz nagusira. Motorrak 1.400 bira/min ematen baditu, kalkulatu:

- Ardatzen arteko distantzia.
- Ardatz nagusiak zenbat bira emango dituen minutuan.
- Gurutzatu gabeko uhalaren luzera, jakinda, uhala trapezoide erakoa dela, sekzioa  $13 \times 19$ -koa eta uhalaren altuera 10 mm-koa da.
- Uhal gurutzatuaren luzera, jakinda, laua dela.



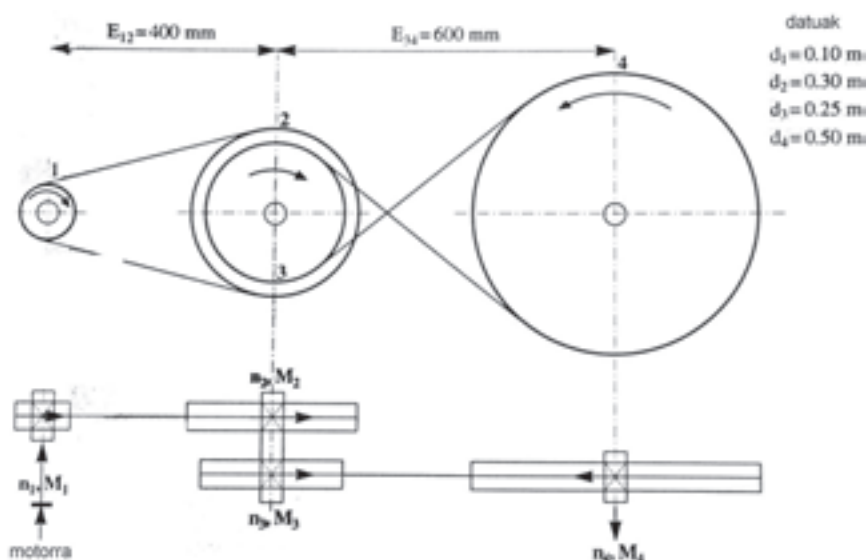
24. Fresatzeko makina bateko ardatz nagusiak 120, 163 eta 206 mm-ko diametro dun polea mailakatu bat darama. Ardatz nagusiak jasotzen du higidura beste polea mailakatu batetik, diametro-multzo berekoa, baina alderantziz kokatua dagoena. Azken ardatz horrek 300 bira/min ematen ditu. Kalkulatu:

- Makinaren abiadurak zein diren, polea mailakatuak lekuz aldatu barik.
- Txirrika-trena erabilia, izan daiteke makina hau abiadura-murritzalea? Zein kasutan?



25. Irudian ageri den txirrika-tren konposatura dago lotuta motor baten errotorea. Ezau-garri-plakara begiratuta, motorra 400 bira/min biratzen ari denean, 840 w-ko potentzia mekanikoa du motorrak. Kalkulatu:

- Uhal bien luzerak.
- Sistemaren transmisio-erlazioak.
- Irteera-ardatzaren biraketa-abiadura eta pare mekanikoa.
- Txirrika guztien abiadura tangentzialak.





*Igurzte-txirrika  
bidezko sistema*

9





## 9.1. EZAUGARRIAK

- *Mugimendu zirkularra mugimendu zirkular* transmititzen duten mekanismoak dira, eta biraketa-mugimenduaren planoan eralda dezakete, igurzte-txirriaren kokapenaren arabera.
- *Ezaugarriak*: txirrika 2 edo gehiago elkarren ondoan jarritz gero, mugimendua txirrika batetik bestera transmititzen da, igurztearen ondorioz; txirrikak ardatz paraleloetan kokatuta doaz eta marruskadura-indarrak ahalbidetzen du mugimendu-transmisioa; izan ere, txirrika bakoitzak nolabaiteko presioa eragingo baitio bere ondorengo edo aldameneko txirrikari. Transmisio-sistema horretan ardatz eragilearen eta eragindako ardatzaren biraketa-noranzkoak kontrakoak dira. Potentzia txikiak transmititzeko sistemetan erabiltzen da, abiadura galtzen baita txirriaren arteko igurztearen ondorioz.
- *Datu teknikoak*
  - Txirriaren *diametroak*:  $d_1, d_2$
  - Txirriaren arteko *distantzia*:  $c = d_1 + d_2 / 2$
- *Alde onak*: potentzia txikiak transmititzeko erabiltzen da sistema hau; isila eta dardara gabekoa da, enbragatzeko eta askatzeko errazak, eta mugimenduaren biraketa-noranzkoa ere alda dezake.
- *Eragozpenak*:
  - Igurzte-txirriaren sistema *potentzia txikiko transmisioetan* baino ez da erabiltzen, abiadura galtzen baita txirriaren arteko igurztearen ondorioz.
  - Txirrikak higatu, gastatu eta txikitu egiten dira, txirriaren arteko marruskaduragatik eta presioagatik.
- *Erabilerak, aplikazioak*: elektronika- eta informatika-eremuetan (ikus-entzunezko ekipak, inprimagailuak...) eta industriako bultzatze-sistemetan (xafla metalikoak, papergintza...)

## 9.2. TRANSMISIO ERLAZIOA

### 9.2.1. Transmisio-erlazio arrunta

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

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

$$i_{1 \rightarrow 2} = \frac{d_1}{d_2} \Rightarrow n_2 = i_{1 \rightarrow 2} \cdot n_1$$

$$\text{Txirriaren arteko distantzia: } c = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

### 9.2.2. Transmisio-erlazio konposatua

$$i_{1 \rightarrow 2} = \frac{d_1}{d_2}$$

⇓

$$i_{3 \rightarrow 4} = \frac{d_3}{d_4}$$

$$i_{\text{guztira}} = i_{1 \rightarrow 2} \cdot i_{3 \rightarrow 4} = \frac{d_1 \cdot d_3}{d_2 \cdot d_4} = \frac{n_2 \cdot n_4}{n_1 \cdot n_3} = \frac{n_4}{n_1}$$

izan ere,  $\Rightarrow n_2 = n_3$

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

$$n_{\text{azken polea}} = i_{\text{guztira}} \cdot n_1 \Rightarrow \begin{array}{l} \text{sarrera-abiadura: } n_1 \\ \text{irteera-abiadura: } n_{\text{azken gurpila}} \end{array}$$

### 9.3. ARIKETAK. PRAKTIKAK

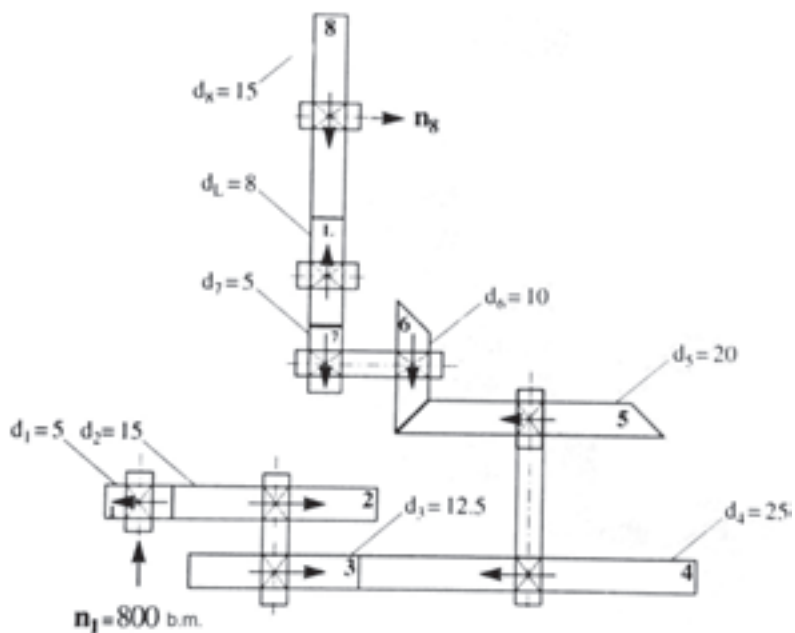
1. Zamak igotzeko honako sistema hau erabiliko dugu: igurzte-txirrika bi, diametro berdinekoak, eta euren gainetik, kanpoko aldetik, soka botako dugu, zamak igotzeko; sokaren mutur batean zama kokatuko dugu, bestean, berriz, indarra egingo dugu. Funtzionatuko du sistema honek? Zergatik? Marraztu ezazu eskema.
2. Igurzte-txirriken bidezko transmisio-sistema bat dugu: hiru txirrika dira, hurrenez hurren kokatuak: ezkerrekoa, erdikoak, eskuinekoa. Ezkerrekoa eta eskuinekoa diametro berdinekoak dira; erdikoak, aldiz, askoz ere txikiagoa da, aurreko bien diametroaren erdia duelarik. Zein txirrikak biratuko du azkarren: ezkerrekoa, erdikoak ala eskuinekoa? Denek biratzen ote dute norabide berean? Ezkerreko txirrikak erlojuaren orratzen noranzkoan biratzen badu, zein noranzkotan biratuko dute beste bi txirriek? Marraztu ezazu eskema eta, gezen bidez, kokatu bertan zein biraketa- noranzkoa duen txirrika bakoitzak.
3. Igurzte-txirriken arteko hiru transmisio-sistema ditugu. Lehenengoan, igurzte-txirrika bi ditugu, diametro berdinekoak, eta txirrika eragileak erlojuaren orratzen noranzkoan biratzen du; bigarren, igurzte-txirrika bi ditugu, diametro ezberdinekoak: txirrika eragilearen diametroa erdia da, eta txirrika eragileak erlojuaren orratzen noranzkoan biratzen du; hirugarren, azkenik, igurzte-txirrika bi ditugu, diametro ezberdinekoak: txirrika eragilearen diametroa eragindakoaren diametroaren bikoitza da, eta txirrika eragileak erlojuaren orratzen kontrako noranzkoan biratzen du. Marraztu itzazu sistema bakoitzaren eskemak. Zein noranzkotan biratuko dute eragindako txirriek? Adierazi gezen bidez.

4. Igurzte-txirriken bidezko transmisio-sistema bat dugu, eta txirrikak hiru dira, hurrenez hurren kokatuak: ezkerrekoa, erdiko, eskuinekoa. Ezkerrekoa eta eskuinekoa diametro berdinekoak dira, erdiko, aldiz, askoz ere txikiagoa da, eta aurreko bien diametroaren erdia du. Erdiko igurzte-txirrika horri txirrika eroa ere deitzen bazaio eta erlojuaren orratzen noranzkoan biratzen badu, zein noranzkotan ari dira biratzen beste txirrika biak? Marraztu ezazu eskema eta adierazi gezien bidez.
5. Zer gertatzen zaio auto bati hare-eremu batean geldirik badago eta irteteko azeleratu egiten badu?
  - Zer gertatzen da gurpilek laban egiten dutenean?
  - Zergatik dira pneumatikoak ibilgailuen gurpilak?
  - Zer gertatzen zaio autoari errepidean elurra, izotza edota olioia badago?
  - Zergatik dituzte gurpil ugari, handiak eta zabalak, zama handiak garraiatzen dituzten kamioiek?
  - Zergatik jartzen da asfaltoa errepideetan?
  - Autoaren bi gurpilek, noranzko berean biratzen ote dute?
6. Bi pertsona bizikletan doaz: batek gurpil handiko bizikleta du eta, besteak, ordea, gurpil txikiko bizikleta. Bietako zein doa arinen? Zeinek darama abiadura handiagoa? Arrazoitu erantzuna.
7. Zamak igotzeko honako sistema hau erabiliko dugu: motorrean errotoreari lotutako igurzte-txirrika txikia,  $d_1$ ; bigarren ardatzean, igurzte-txirrika bi kokatzen dira,  $d_2$  eta  $d_3$ , eta  $d_2$  lotzen da  $d_1$ -ekin; hirugarren ardatzean, igurzte-txirrika bi kokatzen dira,  $d_4$  eta  $d_5$ , eta  $d_4$  lotzen da  $d_3$ -ekin; laugarren ardatzean, igurzte-txirrika bi kokatzen dira,  $d_6$  eta  $d_7$ , eta  $d_6$  lotzen da  $d_5$ -ekin; azkenik,  $d_6$ -etik zintzilik dagoen sokari lotzen zaio zama; igurzte-txirriken diametroak honako hauek dira:  $d_1 = d_3 = d_5$ , eta bestalde,  $d_2 = d_4 = d_6$  eta  $d_1, d_3, d_5 < d_2, d_4, d_6$ , hain zuzen, diametro erdikoak dira. Marraztu ezazu eskema. Zein eratako transmisio-sistema dugu deskribatutakoa: abiadura-biderkatzailea ala abiadura-murriztailea? Zein noranzkotan biratuko du motorrak zama jaisten ari denean?
8. Badago 5 kg-ko patata-sako bat 3,5 voltioko motor batekin igotzerik? Zergatik? Beraz, zer egin beharko da?
9. Diametro ezberdineko bi txirrika dituzularik, osatu esaldiak:
 

Txirrika eragilea txikia baldin bada, orduan transmisio-..... izango da sistema. Baldin txirrika eragilea txirrika txikia bada, orduan, abiadura-.....koa izango da sistema

Txirrika eragilea handia bada, orduan transmisio-..... izango da sistema. Txirrika eragilea txirrika handia bada, orduan abiadura-.....koa izango da sistema
10. Igurzte-txirrika bidezko sistema baten transmisio-erlazioa 4 izanik, eta ardatzen arteko distantzia 60 mm-koa bada:
  - Kalkulatu igurzte-txirrika bien diametroak,  $d_1$  eta  $d_2$ .
  - Kalkulatu sarrera-abiadura, irteerako abiadura angeluarra 2.500 bira/min-koa bada.

- Zer da sistema: abiadura-biderkatzailea ala abiadura-murriztailea? Zergatik?
  - Egin ezazu sistemaren eskema.
11. Irudiko transmisio-sistema igurzte-txirriken bidez gauzatzen da. Jakinik, igurzte-txirriken diametroak cm-tan daudela, kalkulatu:
- Sistemaren transmisio-erlazioa.
  - Irteera-ardatzaren abiadura.
  - Lehen igurzte-txirrikaren irteera-abiadura, baldin sistema alderantziz elikatzen bada, eta zortzigarren igurzte-txirrikaren abiadura 1.300 bira/min-koa bada.



*Engranajeak*

**10**



## 10.1. EZAUGARRIAK

- *Mugimendu zirkularra mugimendu zirkular* transmititzen duten mekanismoak dira; biraketa-planoa aldatu barik, ardatz paraleloen artean.
- *Ezaugarriak*: Horzdun txirrikak ere esaten zaie engranajeei; potentzia handia transmititzeko erabiltzen dira, igurzte-txirriketan, eta txirrika eta uhal bidezko sistemetan izaten den irristaketari aurre egiteko. Sistema horietan engranaje baten hortzek banan-banan egiten dute bat, hurrenez hurren, aldameneko engranajearen hortzekin. Engranaje-sistemetako engranajeetan, beraz, berdina izan beharko da hortzen tamaina; berdinak izan beharko dituzte engranajeen moduluek ( $m$ , mm/hortz). Engranajeen bidezko transmisioetan noranzko bietan transmititu daiteke potentzia eta uhalak eta kateak, beraz, ez dira beharrezkoak aurrera-atzerako sistema horretan. Ahalik eta zarata txiki-ena egiteko, hortzak arteztuta joaten dira, eta olioztatuta.
- *Abiadura-murritzalea*: engranaje txikiak handitik tiratzen du; edota engranaje txikia da engranaje eragilea, engranaje handia, berriz, eragindako engranajea.
- *Abiadura-biderkatzailea*: engranaje handia eragilea denean, eta engranaje txikia eragindako engranajea.
- *Datu teknikoak*: engranaje zuzenak
- Engranajeen hortz kopurua:  $Z_1, Z_2$  (hortz kopurua)
- *Jatorrizko diametroa*:  $d_j$ , igurzte-txirrika batek edukiko lukeen diametroa da jatorrizko diametroa (zirkunferentzia primitiboa edo jatorrizkoaren diametroa), transmisio-erlazio berberekoa, jakina. Bi engranaje elkartzen direnean, beraz, euren jatorrizko zirkunferentziak tangenteak dira elkarren artean.
- *Kanpoko diametroa*:  $d_k$ , hortzek kanpoko aldetik marrazten duten zirkunferentziaren diametroa (engranaje baten  $d_k$ -a aldameneko engranajearen  $d_b$ -aren tangentea da) (mm-tan)

$$d_k = d_j + 2 \cdot m$$

- *Barneko diametroa*:  $d_b$ , hortzek barne aldetik marrazten duten zirkunferentziaren diametroa (mm-tan)

$$d_b = d_j - 2,50 \cdot m$$

- Engranajeen ardatzen arteko distantzia:

$$c = \frac{d_{j1} + d_{j2}}{2}$$

- *Modulua*:  $m$ , jatorrizko diametroaren (diametro primitiboa) eta hortz kopuruaren arteko zatiketa da (mm-tan); hortzen tamaina zehazteko erabiltzen da eta bat egiten duten engranaje bik edo gehiagok modulu bera dute.

$$m = \frac{d_j}{Z}$$

- *Pasoa* (hortzen zabalera):  $p$ , hortz batetik bestera dagoen distantzia, (mm/hortz)

$$p = \frac{\pi \cdot d_j}{Z} = \pi \cdot m$$



- *Hortzen altuera:  $h$* , altuera osoa;  $h_b$ , barneko altuera (jatorrizko diametrotik hortzen barrenera dagoen altuera);  $h_k$ , kanpoko altuera (jatorrizko diametrotik hortzen kanpo aldera dagoen altuera) (mm-tan)

$$h = h_b + h_k$$

- *Hortzen luzera:  $B$* , araututa dago engranaje zuzenentzat (mm-tan)

$$B = 10 \cdot m$$

- *Alde onak*: potentzia handiak transmititu daitezke galera txikiarekin; zehaztasun handiko mugimenduen transmisio-sistema; itzulgarria da sistema, eta hala, engranaje-eragilea eragindako engranaje bihurtu daiteke, eta alderantziz; oso leku gutxi behar du, oso trinkoa da sistema; transmisio zuzeneko sistema dugu, ez du ez katearik, ez uhalik behar eta; bi noranzkoetan transmititu daiteke potentzia; transmisio konposatueta abiadura-murritzaille bikaina oso toki txikian; biraketa-planoa ere aldatu dezake, engranaje motaren arabera; mugimenduaren noranzkoa aldatu daiteke ardatz kopuruaren arabera, eta hala, ardatz kopurua bikoitia bada biraketa-noranzkoa aldatzen da.
- *Eragozpenak*: zarata handia ateratzen du; arriskutsua da sistema eta, horregatik, estalita egoten da engranaje-sistema, oro har; olio derrigor behar du, transmisioa bideratzeko; koste handikoa.
- *Erabilerak, aplikazioak*: mekanika orokorraren esparruan (jostailuak, erlojuak, elektratresna txikiak, ikus-entzunezkoetan, makina-erreminta...), eta autoaren mekanikan (transmisio-kaxak)

## 10.2. ENGRANAJE MOTAK

Engranajearen hortzen itxuraren eta engranajearen beraren itxuraren arabera sailkatzen dira engranajeak:

- *Engranaje zuzenak*: engranajeak zilindro erakoak dira; haien hortzak zuzenak dira eta engranajearen ardatzarekin lerrotuta daude. Ardatz paraleloen transmisioetan erabiltzen dira, beraz, eta engranaje-trena izenarekin ezagutzen dira. Oso erabilia da sistema hau edozelako makinen mugimendu-transmisioan.
- *Helikoide erako engranajeak*: helize erako ibilbide paraleloak deskribatzen dituzte engranaje hauen hortzek; engranaje hauek gai dira mugimendua transmititzeko ardatz paraleloen artean, zein gurutzatzen diren ardatzen artean (elkarzuten artean ere bai); espazioan, elkar ebaki gabe, gurutzatzen diren ardatzen arteko mugimendua transmititzen dute, beraz. Hortzak ardatzarekiko okertuta daude eta engranaje hauetan beti dago hortz bat baino gehiago engranatuta. Transmisio erosoagoa, atseginagoa, isilagoa ahalbidetzen dute; indar- eta mugimendu-transmisio uniforme eta segurua errazten dute helikoide erako engranajeek. Horregatik, aldaketa- edo abiadura-kutxetan, kate zinematikoetan eta makina-erremintetan asko erabiltzen dira.
- *Engranaje konikoak*: ardatz elkarzuten arteko mugimendua transmititzeko erabiltzen dira, nahiz eta beste transmisio-angelu bat duten ardatzen artean mugimendua transmititzeko ere erabiltzen diren engranaje hauek.
- *V erako engranaje zilindrikoak*: ardatz paraleloen artean erabiltzen dira, indar axialak orekatzeko.

- *Amaigabeko torlojua*: gurutzatzen diren ardatzen arteko mugimendua transmititzen du; abiadura-murritzalea da sistema hau, oso eraginkorra, irteera-abiadura asko txikitzen baitu.
- *Pinoi-kremailera*: mugimendua eraldatzen du, mugimendu zirkularra mugimendu zuzen bihurtzen du.

### 10.3. TRANSMISIO ERLAZIOA

#### 10.3.1. Transmisio arrunta

$$Z_1 \cdot n_1 = Z_2 \cdot n_2$$

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{d_{j1}}{d_{j2}} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

$$i_{1 \rightarrow 2} = \frac{Z_1}{Z_2} \Rightarrow n_2 = i_{1 \rightarrow 2} \cdot n_1$$

*engranaje eragilearen hortz kopurua:  $Z_1$*

*eragindako engranajearen hortz kopurua:  $Z_2$*

*engranaje eragilearen abiadura edo sarrera-abiadura:  $n_1$*

*eragindako engranajearen abiadura edo irteera-abiadura:  $n_2$*

$i > 1$ , abiadura-biderkatzailekoa da sistema

$i < 1$ , abiadura-murritzalekoa da sistema

$$P_1 = M_1 \cdot \omega_1$$

$$P_2 = M_2 \cdot \omega_2$$

$\Downarrow$

$$P_2 = \eta \cdot P_1$$

|                            |
|----------------------------|
| Sistema ideala: $\eta = 1$ |
|----------------------------|

$$M_2 = \eta_{1 \rightarrow 2} \cdot \frac{1}{i_{\text{guztira}}} \cdot M_1$$

#### 10.3.2. Transmisio konposatua

Ardatz bi baino gehiagoren artean, eta aldi berean, ematen da mugimendu-transmisioa; horretarako, tarteko ardatzak kokatuko dira ardatz eragilearen eta irteera-ardatzaren artean. Tarteko ardatz horietan, derrigor, engranaje bi kokatu beharko dira, abiadura berberean biraka arituko direnak; engranaje bat engranaje eragilearekin engranatuko da (eragindako engranajea da), eta besteak, berriz, hurrengo ardatzera transmitituko du mugimendua (engranaje eragile bihurtu da).

$$i_{1 \rightarrow 2} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

$$\Downarrow$$

$$i_{3 \rightarrow 4} = \frac{Z_3}{Z_4}$$

$$i_{\text{guztira}} = i_{1 \rightarrow 2} \cdot i_{3 \rightarrow 4} = \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4} = \frac{n_2 \cdot n_4}{n_1 \cdot n_3} = \frac{n_4}{n_1}$$

izan ere,  $\Rightarrow n_2 = n_3$

$$i_{\text{guztira}} = \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4} = \frac{n_4}{n_1}$$

engranaje eragileen hortz kopuruak:  $Z_1, Z_3$

eragindako engranajeen hortz kopuruak:  $Z_2, Z_4$

irteera-abiadura:  $n_4$

sarrera-abiadura:  $n_1$

$$n_{\text{azken polea}} = i_{\text{guztira}} \cdot n_1 \Rightarrow \begin{array}{l} \text{sarrera-abiadura: } n_1 \\ \text{irteera-abiadura: } n_{\text{azken gurrila}} \end{array}$$

$$M_{\text{azken polea}} = \eta_{\text{guztira}} \cdot \frac{1}{i_{\text{guztira}}} \cdot M_1$$

Sistema ideala:  $\eta = 1$

$$P_{\text{azken polea}} = \eta_{\text{guztira}} \cdot P_1$$

#### 10.4. ARIKETAK. PRAKTIKAK

1. Hiru engranaje-sistema ditugu: lehenengoan, engranaje bi ditugu, hortz kopuru berdinekoak, eta engranaje eragileak erlojuaren orratzen noranzkoan biratzen du; bigarrenengan, engranaje bi ditugu, hortz kopuru ezberdinekoak, engranaje eragilearen hortz kopurua eragindakoaren erdia da, eta engranaje eragileak erlojuaren orratzen noranzkoan biratzen du; hirugarrenean, azkenik, engranaje bi ditugu, hortz kopuru ezberdinekoak dira, engranaje eragilearen hortz kopurua eragindakoaren bikoitza da, eta engranaje eragileak erlojuaren orratzen kontrako noranzkoan biratzen du. Marraztu itzazu hiru sistemen eskemak. Zer moduko transmisio-sistemak dira: abiadura-biderkatzaileak ala abiadura-murriztaileak? Zergatik? Zein noranzkotan biratuko dute eragindako engranajeek? Adierazi geizien bidez.
2. Kalkulatu engranaje hauen modulua, jatorrizko diametroa eta hortz kopurua kontuan izanik:

| MODULUA | HORTZ KOPURUA | DIAMETROA MM-ETAN | FORMULA |
|---------|---------------|-------------------|---------|
|         | 30            | 15                |         |
|         | 30            | 20                |         |
|         | 30            | 30                |         |
|         | 30            | 45                |         |

- Izendatu eta marraztu itzazu ezagutzen dituzun engranaje mota guztiak. Marraztu ikurren bidezko eskema ere. Mugimendua zer eratan eraldatzen dute?
- Auto baten diseinuan engranaje-tren konposatua erabili dugu, motor elektrikoak duen 1.500 bira/min-ko biraketa-abiadura murrizteko. Motorraren biraketa-abiadura edo sarrera-abiadurak autoaren atzeko gurpilen ardatzari era honetan eragiten dio: motorraren errotoreari lotuta 18 hortzeko engranajea dago; engranaje eragile hori 58 hortzeko engranajearekin loturik dago; azken engranaje horren ardatz berean 18 hortzeko engranajea loturik dago, eta 58 hortzeko hurrengo engranajearekin ahokatzen da; azkenik, azken engranaje horrek autoaren atzeko gurpilen ardatzari eragiten dio, eta zuzeneko abiadura bihurtzen du motorraren biraketa-abiadura.

Ezaugarriak kontuan izanik:

- Egin transmisioaren eskema.
  - Kalkulatu transmisio-erlazioa.
  - Kalkulatu azken engranajearen irteera-abiadura, eta biraketa-noranzkoa.
  - Ba ote du abantailarik sistema honek?
  - Zeintzuk dira engranajeen jatorrizko diametroak eta pasoa, engranajeen modulua milimetro batekoa dela jakinik?
- Engranaje-sistema arrunt bat dugu: engranaje eragileak 15 hortz ditu; eta eragindako engranajeak 45 hortz ditu eta minutuan 600 bira ematen ditu. Kalkulatu engranaje eragilearen abiadura eta sistemaren transmisio-erlazioa. Marraztu eskema.
  - Engranaje-sistema arrunt bat dugu: engranaje eragileak 15 hortz ditu; eta eragindako engranajeak 45 hortz ditu eta minutuan 600 bira ematen ditu. Kalkulatu engranaje eragilearen abiadura eta sistemaren transmisio-erlazioa. Marraztu eskema.
  - Engranaje zuzen batek 82 hortz ditu eta modulua 2 mm-koa. Kalkulatu ezaugarriak, alegia: jatorrizko diametroa, pasoa, hortzen altuera, hortzen barneko altuera, hortzen kanpoko altuera eta hortzen luzera. Marraztu ezazu engranaje bat eta kokatu ezaugarri horiek guztiak bertan.
  - Engranaje-sistema arrunt bat dugu transmisio-sistema gisa. Engranaje eragileak 60 hortz ditu; eta eragindako engranajeak 20 hortz ditu eta 1.800 bira/min-ko abiadura du. Engranaje biek 5 mm-ko modulua dute. Kalkulatu:
    - Transmisio-erlazioa eta engranaje eragilearen abiadura. Zer eratako transmisio-sistema dugu?
    - Ardatzen arteko  $c$  distantzia.
    - Engranaje eragilearen jatorrizko diametroa, barneko diametroa eta kanpoko diametroa.
    - Marraztu eskema.

9. Kalkulatu ondoko engranaje-trenaren irteerako abiadura, sistemaren transmisio-erlazioa, eta engranaje bakoitzaren jatorrizko diametroa. Marraztu eskema.

Datuak:

- sarrera-abiadura = 500 bira/min.
- engranaje-pasoa = 3,14 mm.
- ardatz eragilean engranaje bat kokatzen da, 38 hortzekoa.
- tarteko edo bigarren ardatzean bi engranaje kokatzen dira, 10 eta 18 hortzekoak.
- hirugarren edo irteera-ardatzean engranaje bat kokatzen da, 45 hortzekoa.
- transmisioa honela ematen da: engranaje handiak 10 hortzeko engranajeari eragiten dio, eta 18 hortzeko engranajeak 45 hortzeko engranajeari eragiten dio.

10. Zamak igotzeko sistema bat ondorengo mekanismoek osatzen dute:

- 800 bira/min-ko abiadura duen motorrari lotutako engranaje-tren konposatuak.
- engranaje-tren konposatua 4 engranajek osatzen dute: lehenengo, motorrari lotutako engranaje bat daukagu, 8 hortzekoa; horrek bigarrenari eragiten dio, 36 hortzekoa; bigarrenaren ardatz berean kokatutako hirugarren engranaje bat daukagu, 18 hortzekoa; eta hirugarren ardatz batean laugarren engranajea dago, 56 hortzekoa, tornuari eragingo diona.
- azkenik, 100 mm-ko diametroa duen tornua, zamak igotzeko eta jaisteko.

Marraztu sistemaren eskema, eta erantzun:

- Zein abiadura izango du zamak igotzean? Eta, jaistean?
- Zeintzuk dira engranaje eragileak? Eta, eragindakoak?
- Zein biraketa-abiadura du tornuak? Eta laugarren engranajeak?
- Zenbat transmisio-ardatz dago?
- Zein biraketa-abiadura dute bigarren eta hirugarren engranajeek?

11. Jakinik engranaje batek 60 hortz dituela eta 4-ko modulua, kalkulatu:

- Hortzen kanpoko diametroa.
- Hortzen barneko diametroa.
- Hortzen jatorrizko diametroa.
- Hortzen altuera.
- Hortzen pasoa.
- Marraztu ezazu engranajeko hortzen bat eta bertan kokatu ezaugarri hauek guztiak.

12. Engranaje zuzen bi ditugu, 45 eta 65 hortzekoak eta 4-ko modulua dute: zein da engranajeen ardatzen edo zentroen arteko tarte?

13. Kalkulatu engranaje-tren arrunt bat osatzen duten bi engranajeen hortz kopurua,  $Z_1$  eta  $Z_2$ , baldin eta: 9,43 mm/hortz-eko  $p$  pasoa badute; transmisio-erlazioa,  $i$ , 1/3-koa bada, eta engranaje eragilearen jatorrizko diametroa,  $d_f$ , 40 mm-koa bada.

14. Kalkulatu ondorengo engranaje-tren konposatuaren irteera-abiadura bira/min-an eta rd/seg-an. Era berean, zein da sistemaren transmisio-erlazioa, motorrak 1.600 bira/min ematen dituenean? Egin ezazu transmisioaren eskema.

Engranaje-trenaren ezaugarriak edo datuak:

- Motorraren errotorean 16 hortzeko engranaje bat,  $Z_1$ , dago, motorraren  $n_1$ -eko abiadura berberarekin biratzen ari dena.

- Bigarren ardatzean kokatzen den 34 hortzeko engranajea,  $Z_2$ , aurreko  $Z_1$  engranajearekin ezkontzen da, eta  $n_2$  abiadurarekin biratzen ari da.
  - Bigarren ardatz horretan hirugarren engranajea,  $Z_3$ , kokatzen da, 12 hortzekoa eta engranaje hau ere  $n_2$  abiadurarekin biratzen ari da.
  - Hirugarren ardatzean laugarren eta azken engranajea kokatzen da,  $Z_4$ , 56 hortzekoa eta  $n_3$  abiaduran biratzen ari da.
15. Kalkulatu ondorengo engranaje-tren konposatuaren transmisio-erlazioa, eta motorrak zenbat bira ematen dituen minutuko, baldin hirugarren ardatzeko engranajea 18 rd/s biratzen ari bada. Egin ezazu transmisioaren eskema.

Engranaje-trenaren ezaugarriak edo datuak:

- Motorraren errotorean 12 hortzeko engranajea,  $Z_1$ , kokatzen da, motorraren  $n_1$ -eko abiadura berberarekin biratzen ari dena.
  - Bigarren ardatzean kokatzen den 30 hortzeko engranajea,  $Z_2$ , aurreko  $Z_1$  engranajearekin ezkontzen da,  $n_2$  abiadurarekin biratzen ari dena.
  - Bigarren ardatz horretan hirugarren engranajea,  $Z_3$ , kokatzen da, 12 hortzekoa eta engranaje hau ere  $n_2$  abiadurarekin biratzen ari da.
  - Hirugarren ardatzean laugarren eta azken engranajea kokatzen da,  $Z_4$ , 40 hortzekoa eta 18 rd/s-ko  $w_3$  abiaduran biratzen ari da.
16. Engranaje bi elkarri ahokaturik daude; engranaje eragileak, txikienak, 8 hortz ditu eta 36 mm-ko jatorrizko diametroa; eragindako engranajeak, berriz, 52 hortz baditu, zein da azken horren abiadura? Kalkulatu engranaje bi horien moduluak.
17. Kalkulatu ondorengo engranaje-tren konposatuaren irteera-abiadurak, lehenengo ardatzeko  $Z_1$  eta  $Z_2$  engranajeek 1.250 bira/min ematen badituzte. Zenbat ardatz eragile ditugu? Egin ezazu transmisioaren eskema.

Engranaje-trenaren ezaugarriak edo datuak:

- Lehenengo ardatzean  $Z_1$  eta  $Z_2$  engranajeak kokatzen dira:  $Z_1 = 38$  hortz,  $Z_2 = 56$  hortz; enbrage baten bidez,  $Z_1$  zein  $Z_2$  izan daitezke engranaje eragileak.
  - Bigarren ardatzean  $Z_3$  eta  $Z_4$  engranajeak kokatzen dira:  $Z_3 = 74$  hortz,  $Z_4 = 62$  hortz.
  - Hirugarren ardatzean  $Z_5$  eta  $Z_6$  engranajeak kokatzen dira:  $Z_5 = 68$  hortz,  $Z_6 = 52$  hortz.
  - Laugarren ardatzean  $Z_7$  engranajea kokatzen da:  $Z_7 = 82$  hortz.
18. Mugimendu bat transmititu gura da ardatz biren artean, 120 mm-ko distantziara, hain zuzen. Mekanismoaren transmisio-erlazioa 2 da. Engranajeen bidezko transmisioa gauzatzen bada, kalkulatuz: engranaje bakoitzaren hortz kopurua; engranajeen jatorrizko diametroak, hortzen barneko eta kanpoko diametroak; pasoa. Marraztu ezazu eskema eta kokatu ezaugarri horiek guztiak.
19. Engranaje bat ekoizten ari gara fresatzaile batean. Engranajea zuzena da, eta 45 hortz eta 3-ko modulua izango ditu. Kalkulatu hortzen tamainari dagozkion eta beharrezkoak diren datu guztiak. Marraztu ezazu engranajea eta kokatu datuok.

20. Kalkulatu ondorengo engranaje-tren konposatuaren transmisio-erlazioa eta irteerako engranaje konikoak zenbat bira ematen duen, jakinik, ardatz eragileko engranajeak 500 bira ematen dituela minutuko; azken engranaje koniko horrek bira bat ematen duenerako, zenbat bira ematen ditu ardatz eragileko engranajeak,  $Z_1$ -ek?. Egin ezazu transmisioaren eskema.

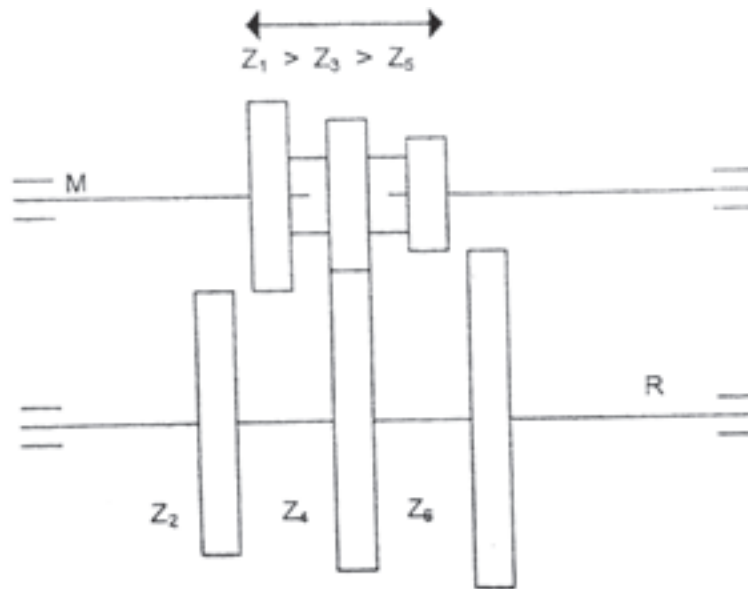
Engranaje-trenaren ezaugarriak edo datuak:

- Motorraren errotorean 18 hortzeko engranaje bat,  $Z_1$ , dago, motorraren  $n_1 = 500$  bira/min-ko abiadura berberarekin biratzen ari dena.
  - Bigarren ardatzean kokatzen den 35 hortzeko engranajea,  $Z_2$ , aurreko  $Z_1$  engranajearekin lotzen da, eta  $n_2$  abiadurarekin biratzen ari da.
  - Bigarren ardatz horretan hirugarren engranajea,  $Z_3$ , kokatzen da, 22 hortzekoa eta engranaje hau ere  $n_2$ -ko abiadura berdinean biratzen ari da.
  - Hirugarren ardatzean laugarren engranajea kokatzen da,  $Z_4$ , 45 hortzekoa eta  $n_3$  abiadurarekin biratzen ari da.
  - Hirugarren ardatzean kokatzen da bosgarren engranajea ere,  $Z_5$ , konikoa eta 20 hortzekoa, eta  $n_3$ -ko abiadurarekin biratzen ari da. Bosgarren engranajea ere,  $Z_5$ , hirugarren ardatzean kokatzen da; konikoa da, 20 hortzekoa eta  $n_3$  abiadurarekin biratzen ari da.
  - Laugarren eta azken ardatzean seigarren engranajea kokatzen da  $Z_6$ , konikoa eta 42 hortzekoa.
21. Engranaje-tren baten engranaje eragileek 30 eta 40 hortz dituzte, eta eragindako engranaje biek 100 hortz dituzte. Eragindako engranajeen ardatz berean 40 cm-ko diametroa duen tornua kokatzen da. 75 cm-ko erradioa duen biradera baten bidez 15 kilo-ko potentzia egiten bada, zenbateko erresistentzia gaingitu daiteke?
22. Abiadura-kaxa baten M motor-ardatzak hiru engranaje ditu  $Z_1$ ,  $Z_3$ , eta  $Z_5$ ; eta  $i_1$ ,  $i_2$ ,  $i_3$  transmisio-erlazioak lortzeko, higitu ahal den blokea osatzen dute. Eta  $Z_2$ ,  $Z_4$ , eta  $Z_6$  beste hiru engranaje, eragindako R ardatzean finkatzen direnak. M ardatzaren abiadura konstantea da, 2.640 bira/min-koa. Engranaje horzdun guztiek modulu berbera dute, eta engranajeen hortz kopuruak hauek dira:

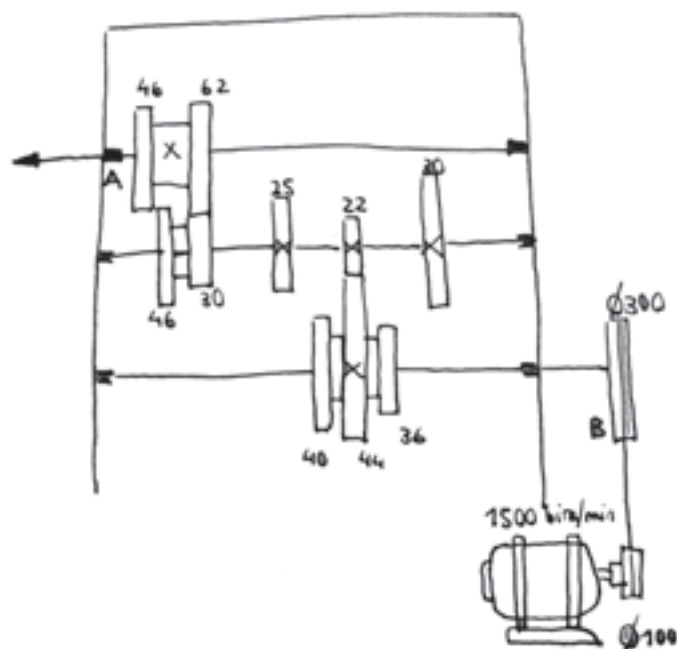
$$\begin{array}{ll} Z_1 = 24 & Z_2 = 40 \\ Z_3 = 20 & Z_4 = 44 \\ Z_5 = 16 & Z_6 = 48 \end{array}$$

Kalkula itzazu:

- Eragindako edo hartzailearen ardatzaren transmisio-erlazioak eta abiadurak. Eragindako edo ardatz hartzailearen transmisio-erlazioak eta abiadurak.
- R ardatzean lor daitekeen indar-pare maximoa, M motor-ardatzak 50 CV-ko potentzia garatzen badu. Erresistentzia pasiboa ez dugu kontuan hartuko, hutsaren hurrengoa da eta.
- Engranajeen modulua, baldin M eta R ardatzen arteko distantzia 192 mm-koa bada.



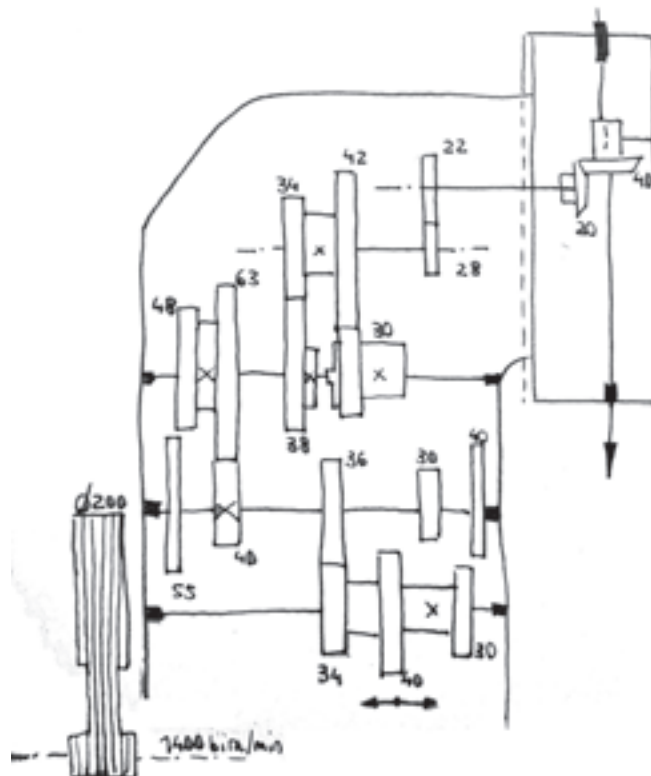
23. Engranaje-sistema batekin higidura transmititzen da ardatz biren artean. Ardatz batek 30 hortzeko engranajea dauka eta 400 bira/min ematen ditu; baldin engranaje horrek engranatzen badu 240 hortzeko engranajearekin, zein da bigarren engranaje horren biraketa-abiadura?
24. Fresatzeko makina batean motorrak 1.500 bira/min ematen baditu, kalkulatu:
- Ardatz nagusiaren birak minutuko.
  - Motorraren *B* txirrikak behar duen diametroa makinaren abiadura guztiak %15 handitzeko.
  - Zein engranajek engranatu beharko dute *A* puntuan, 90 bira/min handitzeko irteerako abiadura maximoa eta aldi berean, abiadura minimoa bere horretan mantentzeko?





25. Fresatzeko makina batean motorrak 1.400 bira/min ematen baditu, kalkulatu:

- Ardatz nagusiaren abiadura maximoa.
- Ardatz nagusiaren abiadura minimoa.
- Zenbat abiadura ezberdin lortu daitezke?



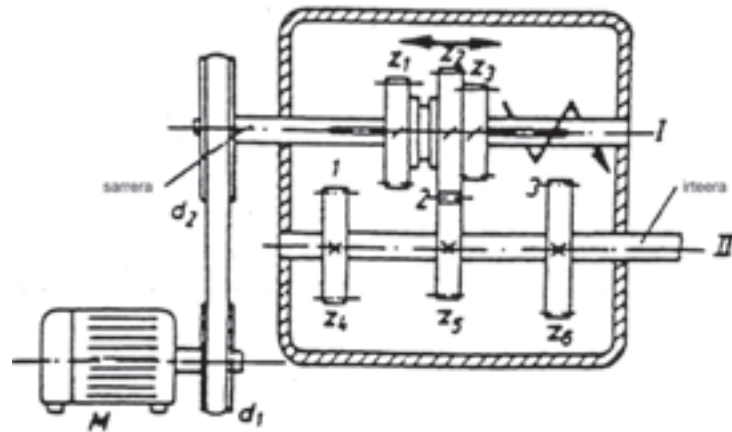
26. Zein kasutan komeni da erabiltzea engranajeen mekanismoa? Azaldu ezazu engranaje bidezko transmisio-sistema. Zer dira engranajeak? Definitu itzazu hortz zuzeneko engranaje baten parametro hauek: jatorrizko diametroa; modulua; hortz-neurri zirkularra; kanpo-diametroa eta barne-diametroa.

27. Irudiko engranaje-kutxa ardatz bik osatuta dago (I eta II, eragilea eta eragindakoa), eta trapezoide erako txirrika batetik mugimendua hartzen dute.  $Z_4$ ,  $Z_5$ ,  $Z_6$  engranajeak II ardatzean daude finkatuta;  $Z_1$ ,  $Z_2$  eta  $Z_3$  engranajeak, berriz, I ardatzean daude eta mugitu daitezkeen hiru posiziotan jarri daitezke. Jakinda, datuak honako hauek direla:

|                  |                  |                  |
|------------------|------------------|------------------|
| $Z_1 = 50$ hortz | $Z_2 = 60$ hortz | $Z_3 = 40$ hortz |
| $Z_4 = 60$ hortz | $Z_5 = 50$ hortz | $Z_6 = 70$ hortz |
| $d_1 = 100$ mm   | $D_2 = 150$ mm   |                  |

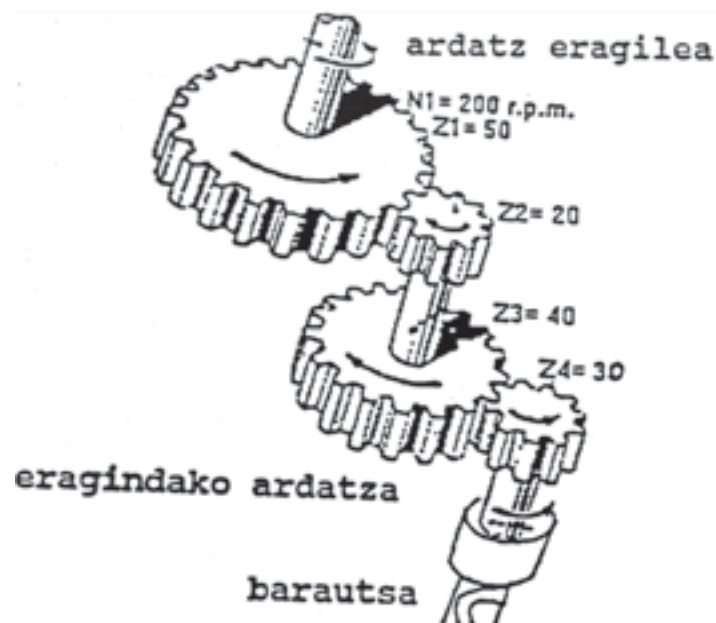
Kalkulatu:

- Ardatz bien arteko transmisio-erlazio posible guztiak.
- II ardatzaren erreboluzioak (bira/min), baldin bihurdura-momentu maximoa transmititzen bada eta motorrak 800 bira/min-ko abiadura badu.



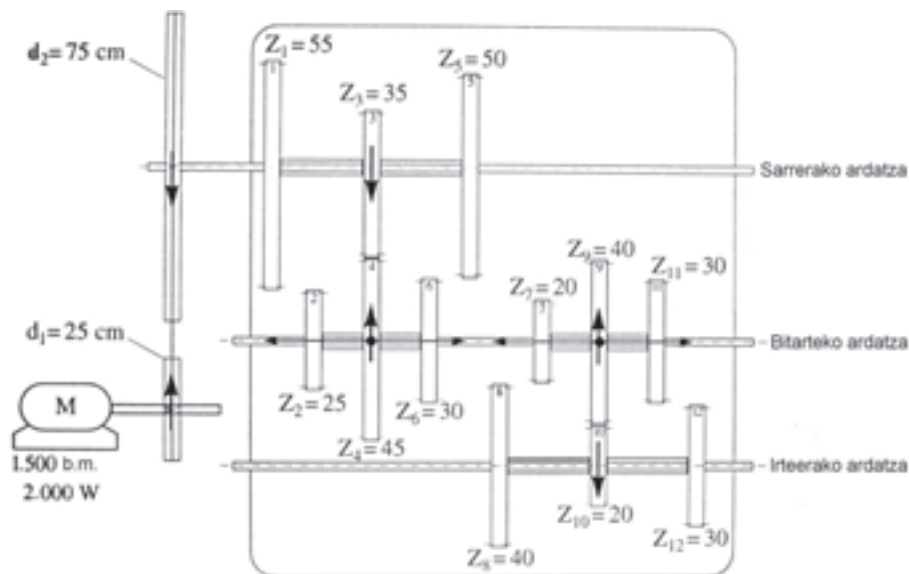
28. Zulagailu baten transmisio-katearen atal bat ikusi dezakegu irudian, modu errazean adierazita. Engranaje-tren konposatu honetan ardatz eragilearen eta eragindako engranajearen artean edo bitartean, hirugarren ardatz bat ere tartekatu da, bertan kokatzen dira  $Z_3$  engranajea eta  $Z_2$  pinoia. Kalkulatu:

- Transmisio-erlazioa.
- Eragindako ardatzaren biraketa-abiadura.



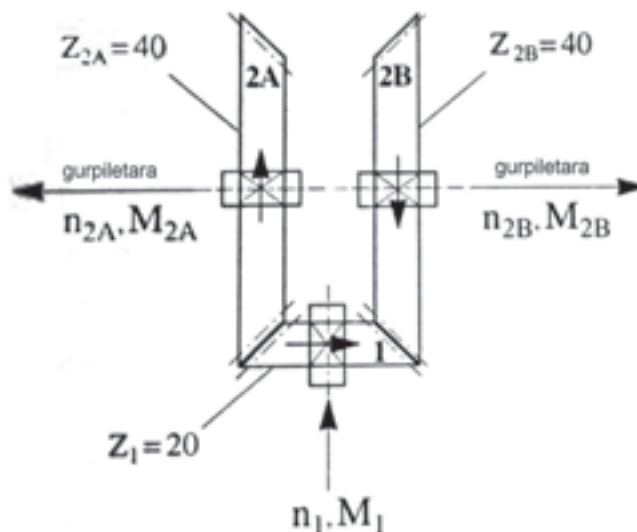
29. rudiko goitiko bistan, ikusi daiteke mekanismo baten abiatzeko sistema, engranaje-tren arruntaren bidez gurpilei eragiten diena. Kalkulatu:

- Zein izango da ardatz eragilearen biraketa-abiadura, irteera-ardatzaren abiadura 500 bira/min denean.
- Zein da irteera-ardatzaren bihurdura-momentua, ardatz eragilea jasaten ari den indar-parea  $400 \text{ N} \cdot \text{m}$ -ko?
- Potentzia ardatz bietan.
- Zenbat hortz izan beharko ditu eragindako engranajeak, sistemak aurreratu ditzan  $30 \text{ km/h}$ ?



30. Irudian ikusi daiteke jostailu-tren baten kate zinematikoa. Sarrera-ardatza 50 bira/min-an elikatzen da, eta  $2 \text{ N} \cdot \text{m}$ -ko bihurdura-momentua du. Kalkulatu eta erantzun:

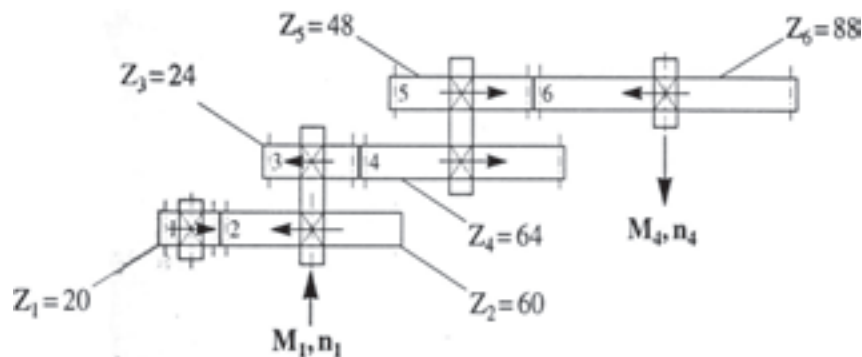
- Irteera-ardatzen biraketa-abiadurak.
- Bihurdura-momentuak irteera-ardatzetan.
- Zer gertatuko litzateke irteerako gurpil bietatik bat blokeatuz gero?
- Zer gertatuko litzateke irteerako gurpil batean bakarrik balego erresistentzia-momentua eta beste gurpila aske utziko bagenu?



31. Abiadura murrizteko kutxa bat eraiki behar dugu, 10 hortzeko pinoia, 15 hortzeko pinoia eta 30 hortzeko engranaje bi erabilita, hain zuzen. Horzdun gurpil guztiak 1,25-eko modulukoak dira eta 3 ardatz paralelotan kokatu beharko dira. Aztertu abiadura murrizteko kutxa horren aukera guztiak, egin kalkuluak eta azaldu. Irudikatu eskemak.

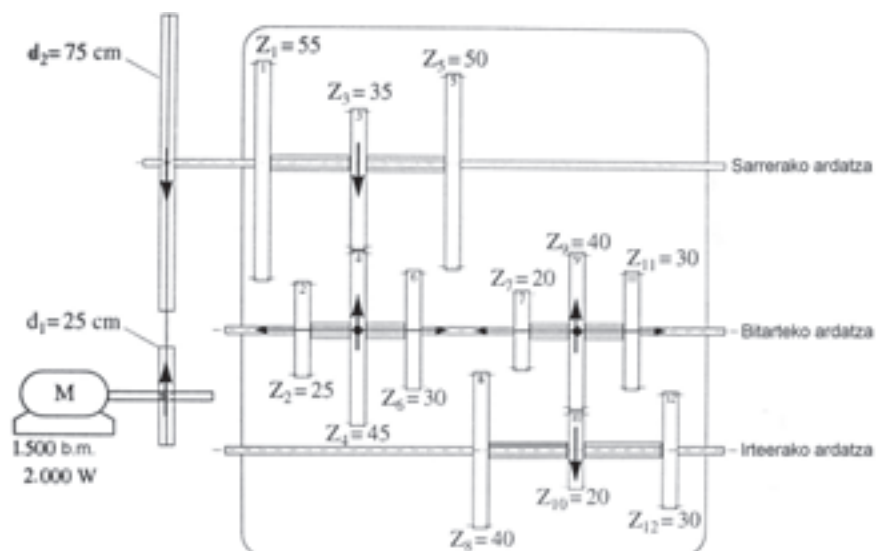
32. Hiru engranaje-pareren adierazpena ikusi daiteke irudian, bakoitzaren ezaugarriak eta neurriak irudian bertan agertzen direlarik. Transmisio-etapa bakoitzaren errendimenduak dira % 90ekoa lehenengoan, % 92ekoa bigarrenean, eta % 96koa hirugarrenean. Ardatz eragilea 400 bira/mi-an elikatzen da  $120 \text{ N} \cdot \text{m}$ -ko bihurdura-momentua du. Kalkulatu:

- Ardatz guztietako potentziak.
- Transmisio-erlazioak, eta biraketa-abiadura eta bihurdura-momentua irteera-ardatzean.



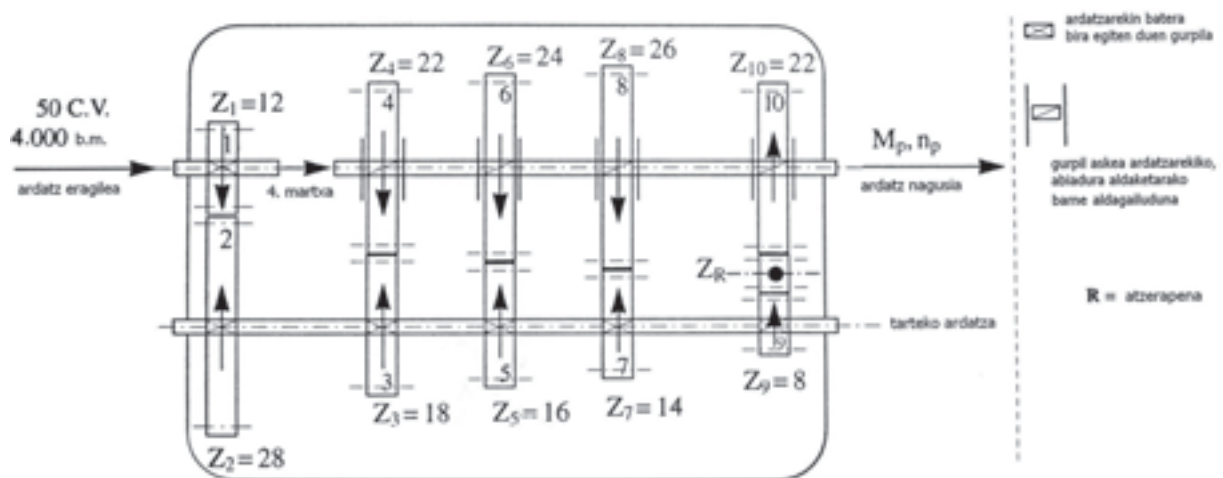
33. Mailakatutako engranajeen bidezko abiadura-kutxa bat ikusi daiteke irudian, osagarri bakoitzaren ezaugarriak eta neurriak irudian bertan agertzen direlarik.

- Azaldu abiadura-kutxak zelan funtzionatzen duen.
- Kalkulatu transmisio-erlazioak: tarteko ardatzen artekoak eta sarrerakoaren eta irteerakoaren artekoak; adierazi ezazu abiadura-murritztaileak edo abiadura-biderkatzaileak diren.
- Kalkulatu biraketa-abiadura guztiak irteera-ardatzean.
- Zein da sortu daitekeen indar-parerik handiena?



34. Abiadura-kutxa moderno bat ikusi daiteke irudian: aurreranzko lau abiadura eta atzerako martxa ditu, osagarri bakoitzaren ezaugarriak eta neurriak irudian bertan agertzen direlarik.

- Azaldu abiadura-kutxak zelan funtzionatzen duen.
- Kalkulatu transmisio-erlazioak, bai tarteko ardatzetakoak, bai totalak; adierazi ezazu abiadura-murriztaileak edo abiadura-biderkatzaileak diren.
- Kalkulatu biraketa-abiadura guztiak irteera-ardatzean (printzipalean).
- Zein bihurdura-momentu sortuko da irteera-ardatzean? Lehen martxa kontuan izanik konprobatu potentziaren kontserbaziorako printzipioa.



35. Ibilgailu baten bulkada-sistema ikusi daiteke irudian. Enbragetik datorren ardatz eragileak abiadura-kutxa bat elikatzen du, aurreranzko hiru abiadura ditu, atzerako martxa barik. Abiadura-kutxaren irteera-ardatzean, zubian, ardatz printzipalean lotuta dagoen pinoiak korroa itxurako engranajeari eragingo dio, eta ondorioz, diferentzialari; diferentzialari esker, palierren bidez, hain zuzen, abiadura eta indar-parea transmititzen da trakzio-gurpiletara. Transmisio mekanikoaren errendimendua % 86koa da lehen martxarako, % 88koa bigarrenarako, eta % 92koa hirugarrenarako. Kontuan izanik osagarri bakoitzaren ezaugarriak eta neurriak irudian bertan agertzen direla, kalkulatu:

- Transmisio-erlazioak: abiadura-kutxarena, zubiarena eta totalak.
- Biraketa-abiadurak palierretan.
- Potentzia palier bakoitzean, eta martxa bakoitzerako.
- Bihurdura-momentua palier bakoitzean.
- Ibilgailuaren translazio-abiadurak.





*Amaigabeko  
torlojua*

**11**





## 11.1. EZAUGARRIAK

- *Mugimendu zirkularra mugimendu zirkular* transmititzen duten mekanismoak dira; biraketa-planoa aldatzen dute, ardatz elkarzuten arteko mugimendua transmititzen baitute sistema horiek.
- *Ezaugarriak*: bi ardatz paraleloren artean indarra eta mugimendua transmititzeko erabiltzen dira *engranaje (pinoi) eta amaigabeko torloju* bidezko sistema. Abiadura asko txikitzen du, horregatik oso erabilia da abiadura-murriztaile modura, oso transmisio-erlazio handiak lortzen baitira sistema horrekin. Noranzko bakarrean transmititu daiteke mugimendua, amaigabeko torlojutik engranajera, hain zuzen, eta sekula ere ez alderantziz: elementu eragilea beti da amaigabeko torlojua, eta eragindakoa, berriz, engranajea. Engranajeak bira oso bat emateko engranajeak dituen hortzak beste bira egin beharko ditu amaigabeko torlojuak, hots, engranajeak zenbat hortz amaigabeko torlojuak hainbeste bira, baldin eta amaigabeko torlojuak sarrera bakarra badu. Amaigabeko torlojuaren sarrera kopuruak eta engranajearen hortz kopuruak baldintzatu egiten dute sistema horren biraketa-abiadura. Amaigabeko torlojuaren sarrera kopurua kontuan izanda sailkatzen dira sistema hauek.
- *Datu teknikoak*
  - Amaigabeko torlojuaren *sarrera kopurua*:  $e$
  - Engranajearen *hortz kopurua*:  $Z$
- *Alde onak*: abiadura-murriztaile bikaina eta bihurtura-momentuaren biderkatzaile ezin hobe; oso isila; oso toki txikia hartzen du; segurua da: eragindako ardatzak ezin du beste noranzkoan biratzen hasi potentzia mekanikoaren transmisioa etenda dagoenean, ardatz eragilea amaigabeko torlojuari lotuta baitago.
- *Eragozpenak*: oso garestia da ekoizten.
- *Erabilerak, aplikazioak*: kontadore elektrikoak, bira-kontagailuak, makina-erreminten orgak, jostailuak, autoaren direkzio-kremlerak, igogailuen abiadura-murriztaileak...

## 11.2. TRANSMISIO ERLAZIOA

$$n_1 \cdot e = n_2 \cdot Z$$

*amaigabeko torlojuaren sarrera kopurua*:  $e$  (elementu eragilea)

*eragindako engranajearen hortz kopurua*:  $Z$

*irteera-abiadura*:  $n_2$ , *engranajearen abiadura*

*sarrera-abiadura*:  $n_1$ , *amaigabeko torlojuaren abiadura*

$$i = \frac{\text{amaigabearen sarrera kopurua}}{\text{engranajearen hortz kopurua}} = \frac{e}{Z}$$

$$i = \frac{\text{irteera-abiadura}}{\text{sarrera-abiadura}} = \frac{n_2}{n_1}$$

**BETI:**  $i < 1$ , abiadura-murriztailea da sistema

$$n_{\text{engranajea}} = n_{\text{amaigabea}} \cdot i$$

$$M_{\text{engranajea}} = \eta \cdot \frac{1}{i} \cdot M_{\text{amaigabea}}$$

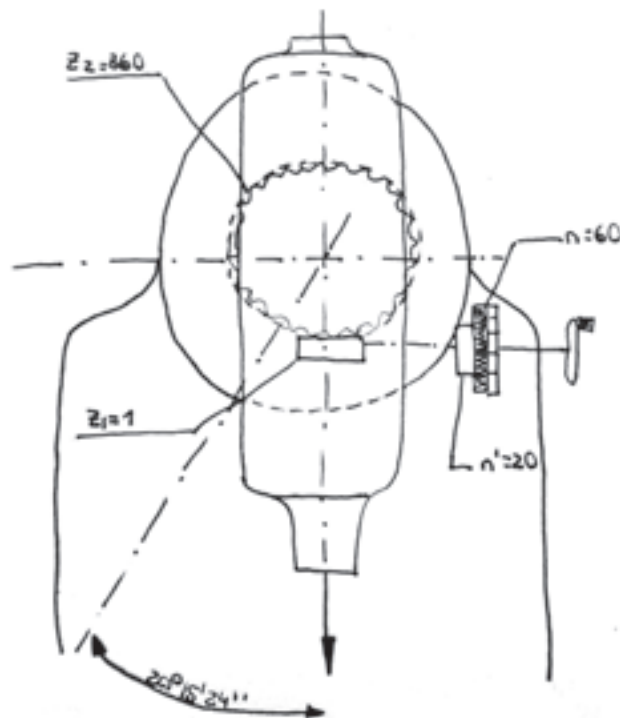
**11.3. ARIKETAK-PRAKTIKAK**

1. Txorizo eta saltxitxoak egiteko antzinako makina bat aztertuko dugu. Lehenik, aurkitu ezazu halako baten irudia eta erantzun: non dago amaigabeko torlojua? Azaldu atalka zelan funtzionatzen duen, hots, pausu bakoitzean zer gertatzen den, eta pausu bakoitzean zein osagai mekanikok hartzen duten parte.
2. Botilen kortxoak ateratzeko gailu bat dugu, ginbalet erakoa. Zein mekanismok osatzen dute? Azaldu zelan funtzionatzen duen.
3. Gure eguneroko bizitzan, non aurkitu dezakegu amaigabeko torloju bat? Aipatu gutxienez hiru, egin marrazkia eta azaldu zelan funtzionatzen duten.
4. Autoaren gurpilak aldatzeko katua aztertuko dugu: Zein osagai mekanikok osatzen dute? Zer egiten du? Zelan transmititzen eta eraldatzen du mugimendua? Balio dezake mugimendu zuzena zirkular bihurtzeko? Zergatik? Zer da mekanismo hau: abiadura-murritzalea ala abiadura-biderkatzailea?
5. Igogailu baten diseinuan amaigabeko torlojua izeneko sistema erabiliko dugu motor elektrikoaren mugimendua transmititzeko. Amaigabeko torlojuak sarrera bakarra du, motor elektrikoaren errotoareari lotuta doa, eta, aldi berean, 58 hortzeko engranaje bati eragiten dio; engranaje horren ardatz berean 40 mm-ko erradioa duen tornua kokatzen da; eta motorraren biraketa-abiadura 800 bira/min da. Marraztu eskema eta kalkulatu:
  - Irteerako biraketa-abiadura.
  - Igogailu-kabinaren gorako eta beherako abiadurak (cm/s-tan).
  - Zenbat denbora behar duen igogailuak 50 cm igotzeko 6 N-ko zama.
  - Zein den sistemaren errendimendua, baldin pilaren potentzial-diferentzia 6 voltiokoa bada eta motorrak 0,0475 A-ko korrante-intentsitatea xurgatzen badu.
6. Amaigabeko torloju batek eta engranaje batek transmisio-sistema bat osatzen dute: amaigabeko torlojuak, sarrera bakarrekoak, 2.000 bira/min-ko abiadura du; eragindako engranajeak 35 hortz ditu. Kalkulatu: sistemaren transmisio-erlazioa eta engranajearen biraketa-abiadura. Egin eskema.
7. Amaigabeko torloju batek eta engranaje batek transmisio-sistema bat osatzen dute: amaigabeko torlojuak, hari-sarrera bikoak, 2.000 bira/min-ko abiadura du; eragindako engranajeak 35 hortz ditu. Kalkulatu: sistemaren transmisio-erlazioa eta engranajearen biraketa-abiadura. Egin eskema. Zer alde dago aurreko ariketako sistemarekin?
8. Motor elektriko bati ondoko sistema mekanikoa lotzen zaio: amaigabeko torlojuaren eta engranajearen bidezko sistema alde batetik, eta bestetik, zamak igotzeko eta jaisteko tornua, engranajearen ardatz berean kokatuko dena. Motorrak 1.500 bira/min-ko ematen baditu, kalkulatu igogailuaren gorako eta beherako abiadurak. Zenbat denbora behar du zamak 150 cm-ko tartea gora/behera desplazatzeko? Zein da tornuaren bihurturamomentua, jakinik, % 25eko galera dagoela motorretik tornura? Egin eskema.

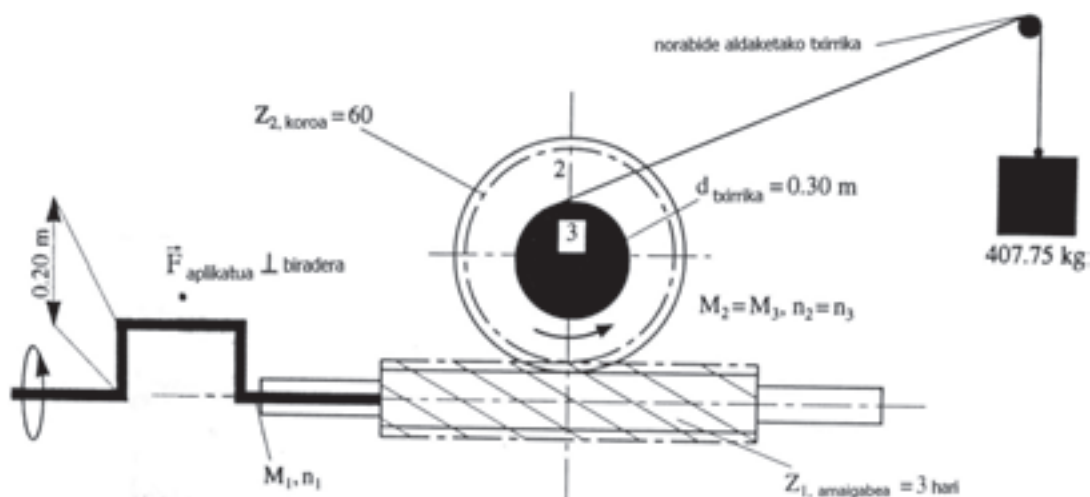
Datuak:

- Motorraren biraketa-abiadura = 1800 bira/min.

- Motorra 12 v-ko elikatze-iturri batera konektatuta dago, eta 0,7 A-ko korronte-intentsitatea xurgatzen du.
  - Torlojuak sarrera bakarra du.
  - Engranajeak 40 hertz ditu.
  - Tornu-erradioa = 10 mm.
  - Potentziaren % 25 galtzen da.
9. Ardatz berean hiru amaigabeko torloju doaz lotuta, eta ardatzaren biraketa-abiadura 48 bira/min da. Amaigabeko torlojuak sarrera kopuru ezberdina dute, alegia, lehenak sarrera bakarra, bigarrenak bikoitza, eta hirugarrenak hirukoitza. Hiru torlojuok hertz kopurua bera duen engranaje batekin ezkontzen dira, banan-banan. Marraztu eskema eta erantzun:
- Zeintzuk dira sistemaren transmisio-erlazioak, kontuan izanik, engranajeak 48 hertz dituztela eta hirurak berdinak direla?
  - Abiadura-murritzalea ala abiadura-biderkatzailea ote da sistema?
  - Kalkulatu engranaje bakoitzaren biraketa-abiadura.
10. Zamak igotzeko sistema batean ondorengo mekanismoak erabiltzen ditugu:
- Amaigabeko torlojua motor elektriko baten errotoreari lotuta, motorraren mugimendua sistemara transmititu ahal izateko; amaigabeko torlojuak sarrera bakarra du.
  - Aldi berean, amaigabeko torloju horrek 58 hertzeko engranaje bati eragiten dio.
  - Engranaje horren ardatz berean 40 mm-ko erradioa duen tornua kokatzen da, eta tornuaren kanpoko aldetik zintzilikatuko da soka, zamak igo ahal izateko; 0,03 m/s-ko abiadurarekin igotzen dira zamak.
- Eskema marraztu eta kalkulatu zein den motorraren biraketa-abiadura,  $n_1$ .
11. Amaigabeko torlojua, engranajea eta tornua dira honako transmisio-sistema konposaturen osagaiak. Amaigabeko torlojuari eragiten dion biradera-besoa tornuaren erradioa baino hiru aldiz luzeagoa da. Zenbat hertz izan behar ditu engranajeak, gutxienez, 8 k-ko potentziaren bidez 100 k-ko erresistentzia gainditzeko? Egin ezazu transmisioaren eskema.
12. Fresatzeko makina baten buru birakariarekin bat eginda 360 hertzeko koroa bat dugu; koroa horri amaigabeko torloju batekin eragiten zaio, sarrera bakarreko amaigabeko torlojuarekin, hain zuzen. Torloju amaigabearen ardatzean danbor bat dago, 60 zatitan banatutakoa, eta danbor horrek nonius dezimal bat dauka. Kalkulatu:
- Zenbat bira emango ditu biraka ari den buruak, gradu, minutu eta segundotan neurtuta, danborraren zati bakoitzeko?
  - Zein doitasun lortuko dugu noniusaren bidez?
  - Zenbat bira oso gehi zenbat bira-zati eman beharko ditu danborrak buruaren ardatzean  $20^\circ 15' 24''$  lortzeko?



13. Amaigabeko torlojuaren eta pinoiaren bidezko mekanismo bateko pinoiak 60 hertz ditu, eta amaigabeko torlojuak 240 bira/min-ko abiadura dauka, ezkerretara lotzen da eta bi hariko sarrera du. Kalkulatu:
  - Transmisio-erlazioa eta pinoiaren abiadura angeluarra.
  - Irteerako abiadura angeluarra, amaigabeko torlojuak hari-sarrera bakarrekoa izanez gero.
14. Zama igitzeko sistema bat ikusi daiteke irudian. Ardatz berean kokatzen dira txirrika eta engranajea, bloke bakarra osatzen dutelarik. % 75ekoa da transmisio-errendimendua amaigabeko torlojutik engranajera, eta gainerako transmisio guztiak idealak direla esan daiteke. Kontuan izanik osagarrien ezaugarriak eta datuak —irudian agertzen dira—, kalkulatu:
  - Zenbateko indarra egin beharko da zama igitzeko?
  - Zenbat bira eman beharko ditu biraderak, zama metro bat igitzeko?



*Piñoia eta  
kremaiera*

**12**



## 12.1. EZAUGARRIAK

- *Mugimendu zirkularra mugimendu zuzen bihurtzen duten mekanismoak dira, eta alderantziz, mugimendu zuzena mugimendu zirkular.*
- *Ezaugarriak:* sistema honetan pinoi edo engranajearen hortzak engranatuta doaz kremaieraren hortzekin; hala, engranajearen mugimendu zirkularra mugimendu zuzen bihurtzen da, kremaiera lerro zuzenean mugitzen baita. Alderantziz ere eman daiteke transmisioa, hots, kremaieraren mugimendu zuzena engranajearen mugimendu zirkular bihurtzea. Derrigor dira berdinak engranajearen hortzen pasoa eta kremaieraren hortzen pasoa, engranajea erraz irristatu dadin kremaieraren gainean.
- *Kremaiera:* hortzak dituen haga zurruna da, ibilbide zuzena deskribatzen du, eta engranajearen hortzekin ezkondu da, paso berdina izan beharko dute, beraz, engranajeak eta kremaierak. Kremaierak dituen hortzak forma askotarikoak izan daitezke: zuzenak, helikoide erakoak, zeharrik...
- *Datu teknikoak:*

- Engranajearen hortz kopurua: **Z** (hortz)
- Pasoa: **p** (mm-tan), berdina engranajearentzat eta kremaierarentzat
- Modulua: **m** (mm-tan)
- Kremaieraren hortz kopurua mm bakoitzeko: **N**

$$N = \frac{Z}{L} = \frac{1}{p} \left( \text{hortz/mm} \right)$$

- Engranajeak ematen duen bira bakoitzeko kremaierak *aurreratzen duen tarte zuzena* edo *luzera*: **L**

$$L = \pi \cdot d_j = p \cdot Z \left( \text{mm/bira} \right)$$

- *Alde onak:* potentzia mekaniko handiak transmititu daitezke; oso eroso eta zehatza.
- *Erabilerak, aplikazioak:* Bilboko metroko atea zabaltzeko mekanismoa, autoaren direkzioa, zulagailuetako gora/beherako mugimendua, garajeetako atea, malda handietako edo mendiko trenak...

## 12.2. TRANSMISIO ERLAZIOA

Modulua, **m**:

$$m = \frac{d_j}{Z} \left( \text{mm/hortz} \right)$$

Pasoa, **p**:

$$p = m \cdot \pi \left( \text{mm/hortz} \right)$$

Kremaieraren hortz kopurua mm bakoitzeko: **N** :

$$N = \frac{Z}{L} = \frac{1}{p} \left( \text{hortz/mm} \right)$$



Kremlerak aurreratzen duen distantzia:  $L$ :

$$L = \pi \cdot d_j = p \cdot Z \left( \frac{\text{mm}}{\text{bira}} \right)$$

Kremleraren aurreratze-abiadura:  $VA$ :

$$VA = L \cdot n = p \cdot Z \cdot n = \frac{Z \cdot n}{N} \left( \frac{\text{mm}}{\text{min}} \right)$$

### 12.3. ARIKETAK. PRAKTIKAK

1. Garaje bateko atea ixteko eta zabaltzeko *pinoi eta kremlera* bidezko sistema erabiltzen da. 18 hertzeko pinoia 30 bira/min-ko abiaduran arituko da biratzen, motorrak eraginda; kremleraren luzera 15 cm da, eta milimetro bateko modulua dute bai pinoiak, bai kremlerak.

Kalkulatu:

- Pinoiaren eta kremleraren pasoa.
- Zenbat denbora behar duen atea zabaltzen.

2. Pinoiaren eta kremleraren bidezko transmisio-sistema bat dugu. Kalkulatu kremleraren abiadura aurreratzean duenean, m/s-tan. Egin eskema. Pinoiaren ezaugarriak hauek dira: pasoa = 2 mm, biraketa-abiadura = 600 bira/min, 18 hertz.
3. *Pinoi eta kremlera* bidezko sistemakoa da auto baten direkzio-sistema. Kremleraren aurreratzeko abiadura 0,2 m/s da, pinoiak minutuan 50 bira ematen dituen. Zenbat hertz ditu pinoiak, pasoa 4 mm-koa bada? Egin eskema.
4. Garaje bateko kate zinematikoa *pinoi eta kremlera* bidezko sistemak osatzen du. Pinoiak 34 hertz ditu eta milimetro bateko modulua; atea 800 mm-ko zabalera du; motorren biraketa-abiadura 60 bira/min da; motorrak pinoiari eragiten dio, eta azken horrek kremlera ezker-eskuin mugituko du, eta, aldi berean, kremlerarekin bat egiten duen atea. Marraztu eskema eta kalkulu:
5. Hona hemen garaje bateko atea zabaltzeko/ixteko sistemaren mekanismoak eta horien ezaugarriak:

- Pinoiaren eta kremleraren bidez mugitzen da atea; kremlerak 4 hertz aurreratzen ditu cm bakoitzeko eta kremleraren luzera 2 m-koa da; pinoiak 48 hertz ditu.
- Sistemari motor elektriko batek eragiten dio. 1.800 bira/min-ko abiadura du, eta motorren errorean amaigabeko torloju dago lotuta, sarrera bakarrek. Amaigabeko torloju hori 18 hertzeko engranajearekin ezkontzen da.
- Sistemaren engranaje biak ardatz berean doaz loturik, eta biraketa-abiadura berbera dute.

Egin ezazu sistemaren eskema eta erantzun: zer abiadurarekin zabaltzen/ixten da atea?, zenbat denbora behar du horretarako?

6. Kalkulatu honako sistema honen kremaieraren aurreratze-abiadura, eta marraztu ezazu sistemaren eskema.

Datuak:

- Mekanismo hauek osatzen dute sistema: motorrari loturiko lau engranajedun tren konposatuak, azken engranajearen ardatzari loturiko amaigabeko torlojuak, amaigabeko torlojuarekin ezkontzen diren hiru engranajedun tren konposatuak, eta kremaierak —hiru engranaje horietako azkenak eragiten dio kremaierari—.
- Motorraren biraketa-abiadura,  $n_1 = 1.200$  bira/min.
- Lau engranajedun tren konposatua da:  $Z_1 = 18$  eta  $n_1$  abiadura;  $Z_2 = 45$ ,  $Z'_2 = 30$ , eta  $n_2 = n'_2$  ( $Z_2$  eta  $Z'_2$  ardatz berean baitaude);  $Z_3 = 20$  eta  $n_3$  abiadura.
- Amaigabeko torlojuak sarrera bakarra du,  $Z_3$ -ri loturik doa, eta horren abiadura berean,  $n_3$ , biratzen du.
- Hiru engranajedun tren konposatua:  $Z_4 = 20$  eta  $n_4$  abiadura;  $Z_5 = 30$ ,  $Z'_5 = 12$  eta engranaje biek biraketa-abiadura bera dute,  $n_5$ .
- Kremaieraren pasoa 3 mm-koa da.

7. Zenbat denbora behar du pinoi batek ezkerretara mugitzeko honako sistemako kremaiera beraren luzera osoan? Marraztu ezazu sistemaren eskema.

Datuak:

- Mekanismo hauek osatzen dute sistema: motorrari loturiko amaigabeko torlojua, amaigabeko torlojuarekin uztartzen den engranajea, azken engranaje horren ardatz berean kokatutako pinoia edo engranaje txikia, eta azkenik, engranaje txiki edo pinoi horrek kremaierari eragingo dio.
- Motorraren biraketa-abiadura,  $n_1 = 3.850$  bira/min.
- Amaigabeko torlojuak 2 sarrera ditu eta  $n_1$  abiadura.
- Engranaje handiak,  $Z_1$ , 42 hortz ditu eta  $n_2$  abiadura.
- Engranaje txikiak edo pinoiak,  $Z_2$ , 18 hortz ditu,  $n_2$  abiadura eta pasoa 3,14 mm/hortzekoa da.
- Kremaieraren luzera 130 cm-koa da eta  $v$  abiadura linealarekin desplazatzen da. Abiadura m/s-tan dago adierazita.

8. Aurkitu honako transmisio-sistema konposatu honen transmisio-ekuazioak. Marraztu transmisio-sistemaren eskema. Sistema honako osagai hauek osatzen dute:

- Engranaje-tren konposatua:  $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $Z_3$  hiru engranajek osatzen dute; engranaje eragileak  $Z_1$  eta  $Z_3$  dira, eragindako engranajea, berriz,  $Z_2$  engranajea.
- $Z_1$ , lehen engranaje eragileari  $l$  luzerako biraderak eragiten dio.
- Kremaiera da eragindako azken osagaia: kremaierak  $p$  pasoa du eta  $Z_3$  engranajeak eragiten dio.

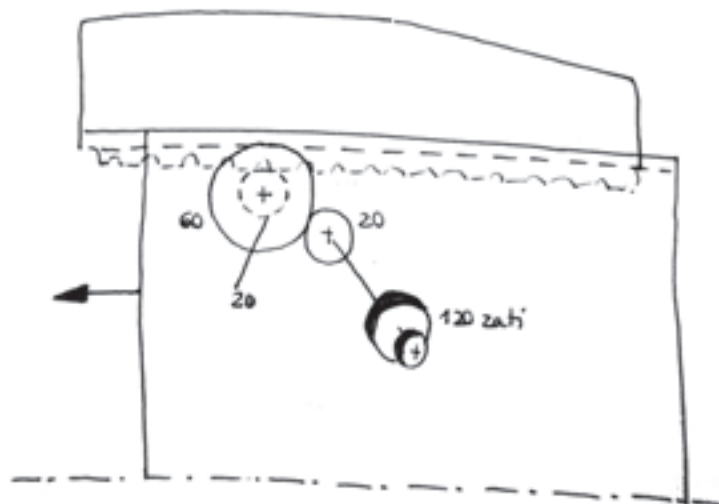
9. Makina baten ardatz nagusia higitzeko 19 hortzeko pinoi bat dugu, 7 mm-ko pasoa edo hortz-neurria duen kremaierarekin engranatzen duena: Pinoiaren ardatza loturik dago 120 zatiketa dituen diskotxoarekin. Kalkulatu itzazu:

- Zenbat mugitzen den torlojua zatiketa bakoitzeko.
- Pinoi-diskotxoak zenbat bira eman behar duen torlojua 130 mm mugitzeko.

10. Tornu baten orga edo karro nagusia mugitzeko honako transmisio-sistema hau dugu: biraderari lotuta, 110 zatitan banatuta dagoen diskoa edo danborra dugu; danborraren

ardatz berean  $Z_1$  engranajea doa, 20 hortzekoa;  $Z_1$  engranaje horrek  $Z_2$  engranajearen hortzetan engranatzen du, 80 hortzekoa;  $Z_2$  engranajearen ardatz berean  $Z_3$  engranaje txikia edo pinoia kokatzen da, 14 hortzekoa; azken  $Z_3$  pinoiak 7 mm-ko pasoa duen kremailerarekin engranatzen du, orgaren mugimendua ahalbidetzen duena. Kalkulatu:

- Orgak zenbat egiten duen aurrera edo atzera biraderaren danbor graduatuaren zati bakoitzeko.
  - Orgak zenbat egiten duen aurrera edo atzera biraderak bira erdi ematen duenean.
11. Tornu baten orga edo karro nagusia mugitzeko honako transmisio-sistema hau dugu: biraderari lotuta eta 60 zatitan banatuta dagoen diskoa edo danborra dugu; danborraren ardatz berean  $Z_1$  engranajea doa, 15 hortzekoa;  $Z_1$  engranaje horrek  $Z_2$  engranajearen engranatzen du, 120 hortzekoa;  $Z_2$  engranajearen ardatz berean  $Z_3$  engranaje txikia edo pinoia kokatzen da, 15 hortzekoa;  $Z_3$  engranaje horrek  $Z_4$  engranajearen engranatzen du, 75 hortzekoa; azken  $Z_4$  engranajeak 4 mm-ko pasoa duen kremailerarekin engranatzen du, orgaren mugimendua ahalbidetzen duena. Marraztu transmisio-sistemaren eskema eta kalkula:
- Orgak zenbat egiten duen aurrera edo atzera biraderaren danbor graduatuaren zati bakoitzeko.
  - Orgak zenbat egiten duen aurrera edo atzera biraderaren bira bakoitzeko.
  - Biraderari zenbat bira eman behar zaion, orga 22 mm mugitzeko.
12. Kalkulatu sistema baten kremailerak duen aurreratzeko abiadura, eta marraztu ezazu sistemaren eskema. Transmisio-sistema honako elementu hauek osatzen dute:
- Motorrari loturiko  $Z_1$  engranajea;  $Z_1$  engranajearekin engranatzen duen  $Z_2$  engranajea, 120 hortzekoa;  $Z_2$  engranajearen ardatz berean  $Z_3$  engranajea kokatzen da, 15 hortzekoa;  $Z_3$  engranajearekin engranatzen duen  $Z_4$  engranajea, 75 hortzekoa; eta azkenik,  $Z_4$  engranaje horrek 4 mm-ko pasoa duen kremailerari eragiten dio.
  - Motorrak 700 bira/min-ko abiadura du.
13. Pinoia eta kremailera bidezko sistema bat daukagu fresatzeko makina baten buruari eragiteko. Jakinik fresatzeko buruarekin bat egiten duen kremaileraren hari-neurria 6,28 dela, eta pinoiaren ardatzari lotuta dagoen danborrak 120 zati dituela, kalkula:
- Buruaren desplazamendua, danbor-zati bakoitzeko.
  - Zenbat bira oso gehi zenbat bira-zati eman beharko dituen danborrak, fresatzailearen burua 176 mm desplazatzeko.



14. Tornu paralelo bateko mahaiari pinoia eta kreamailera mekanismoaren bidez eragiten zaio. Pinoiak 18 hertz ditu eta 2-ko modulua. Zenbat aurreratuko du tornuaren mahaiak pinoiak 3 bira ematen dituenean?
15. Pinoia eta kreamailera bidezko mekanismo bat daukagu: pinoiak 40 hertz ditu eta modulua 2-koa da. Zenbat desplazatuko da kreamailera pinoiak 3 bira oso ematen dituenean?



*Engranaje eta kate  
bidezko sistema*

**13**



### 13.1. EZAUGARRIAK

- *Mugimendu zirkularra mugimendu zirkular* transmititzen duten mekanismoak dira; biraketa-planoa aldatu barik, biraketa ardatz paraleloen artean trukutzen da.
- *Ezaugarriak*: potentzia handiak transmititzea ahalbidetzen du sistema honek urruti dauden bi ardatzen artean; erraztasun handiarekin suertatzen da transmisioa, engranajeek ez baitute ia labainduko, eta, beraz, ez dute katetik irteteko aukera handirik izango. Ardatz paraleloetan kokatzen diren *engranaje bik* eta kateak osatzen dute sistema hori. *Kateari* esker, engranaje eragilearen mugimendua transmititzen zaio eragindako engranajeari; izan ere, katearen eta engranajeen arteko trakzioak ahalbidetzen du bihurdura-eta biraketa-mugimenduak transmititzea bi ardatzen artean. Kateak labainduz gero, abiadura galdu daiteke; beraz, abiadura-galeroi aurre hartzeko, ezinbestekoa da ondo tenkatuta izatea katea: engranaje txikiak erabiltzen dira tentsioa egoki mantentzeko. Kate eta engranaje bidezko sistemak behin eta berriro koipetzea behar du.
- *Datu teknikoak*
  - Engranajeen *hortz kopuruak*:  $Z_1, Z_2$
  - Engranaje *eragilearen abiadura* edo *sarrera-abiadura*:  $n_1$
  - *Eragindako engranajearen abiadura* edo *irteera-abiadura*:  $n_2$
- *Alde onak*: bata bestetik urrun dauden ardatz biren arteko transmisioa ahalbidetzea; transmisio zehatza, fidagarria eta iraunkorra; potentzia handiak transmititu daitezke labainketa barik eta abiadura galdu barik.
- *Eragozpenak*: oso garestia da; behin eta berriro koipetu edo olioztatu beharra du; oso zaratsua da; kateak tentsioa galdu dezake, eta hartara, engranaje osagarriak erabili behar dira tentsioa mantentzeko.
- *Erabilerak, aplikazioak*: oso erabilia nekazaritzako tresnerian eta makinerian, prentsa, estanzazio-makina eta fotokopiagailuen transmisioetan, bizikletetan, motozikletetan, zinta garraiatzaileetan, eskailera mekanikoetan...

### 13.2. TRANSMISIO ERLAZIOA

$$Z_1 \cdot n_1 = Z_2 \cdot n_2$$

$$i = \frac{\text{engranaje eragilearen hortz kopurua}}{\text{eragindako engranajearen hortz kopurua}} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

$$i = \frac{\text{irteera} - \text{abiadura}}{\text{sarrera} - \text{abiadura}} = \frac{n_2}{n_1}$$

### 13.3. ARIKETAK. PRAKTIKAK

1. Atzeko pinoian martxak dituen bizikleta batean nabil, eta bat-batean aldapa behera banoa:
  - Zer egin behar dut? Zein engranaje-aldaketa egin beharko dut atzeko pinoi horietan?
  - Eta bizikleta berarekin aldapa oso gogorra igo gura badut?



- Atzeko zein pinoi erabiliko zenuke bizikletarekin ibiltzen edo martxan hasteko? Zergatik?
  - Saiatu zaitez erlazionatzen pedaletan egin beharreko indarra eta lortutako abiadura lineala, jakina, pinoiaren hortz kopurua kontuan izanik.
2. Bizikleta batean honako bi transmisio hauek ditugu: lehenengoan, pedalekin  $Z_1$  engranajeari erlojuaren orratzen kontrako noranzkoan eragiten diogu, eta katearen bidez  $Z_2$  engranajeari transmititzen diogu mugimendua eta indarra, azken horrek gurpilari eragiten diolarik; bigarrean, pedalekin  $Z_3$  engranajeari erlojuaren orratzen noranzkoan eragiten diogu, eta katearen bidez  $Z_4$  engranajeari transmititzen diogu mugimendua eta indarra, azken horrek gurpilari eragiten diolarik;  $Z_1 = Z_4$  eta  $Z_2 = Z_3$  dira. Marraztu egoera bakoitzaren eskema. Transmisio-sistema biek biraketa-noranzko bera mantentzen al dute? Eta, zer gertatzen da abiadurekin?
3. Bizikletako katalina edo platerak (engranaje eragilea) 52 hortz dauzka; atzeko gurpileko pinoiak, berriz, 30. Txirrindulari batek eraginda katalinak minutuko 10 bira ematen baditu, zenbat bira emango ditu atzeko gurpilak? Azeko gurpilaren diametroa 80 cm-koa bada, zein da bizikletaren abiadura lineala?
4. Hartu ezazu bizikleta bat, eta saiatu zaitez ataletan banatzen; horretarako, eskura izan beharko dituzu lanabes eta erreminta guztiak. Gero, marraztu despiezearen zirriborria. Despieze horretan argi agertu beharko da pieza bakoitza non kokatzen den.
5. Zinta garraiatzaile baten proiektua diseinatzeko engranaje eta kate bidezko sistema erabili da mugimendua transmititzeko. Sistemaren ezaugarriak hauek dira:
- Motorrari lotutako engranaje eragileak 19 hortz ditu.
  - Motorraren biraketa-abiadura 100 bira/min-koa da.
  - Eragindako engranajeak 38 hortz ditu.
  - Eragindako engranajeari loturiko danborrak 15 mm-ko erradioa du; eta danbor horrek mugimendua transmititzen dio zinta garraiatzaileari, ardatz berean kokatuta baitaude. Zinta garraiatzaileak danbor biak lotzen ditu eta biratze-abiadura abiadura zuzen bihurtzen du.
- Datuak kontuan izanik:
- Marraztu ezazu proiektuaren zirriborria, eta transmisio-sistemaren eskema.
  - Kalkulatu sistemaren transmisio-erlazioa.
  - Kalkulatu zinta garraiatzaileari eragiten dion danborraren biraketa-abiadura.
  - Zinta garraiatzailearen abiadura lineala (m/s-tan).
6. Tornu bidezko sistema erabiltzen da zamak igotzeko eta jaisteko; tornuari eragiten dio engranaje eta kate bidezko mekanismoak, eta azken bi horiei motor elektriko batek eragiten die, motorraren biraketa-abiadura 800 bira/min-koa delarik. Marraztu ezazu sistemaren eskema eta kalkulatu zer abiadura daraman 80 N-ko zamak igotzean edo jaistean. Zein da tornuaren potentzia mekanikoa?
- Datuak:
- Motorraren biraketa-abiadura 800 bira/min-koa da.
  - Motorrari loturiko engranajeak 18 hortz ditu, eta tornuari loturikoak, berriz, 45 hortz.

- Tornuaren erradioa 100 mm-koa da.
  - Zama 80 N-koa da.
7. Bizikleta batean bi engranaje ditugu katearen bidez lotuta: pedalen ardatz berean 52 hortzeko engranajea dugu, eta atzeko gurpilaren ardatz berean 20 hortzeko engranajea. Bizikleta-gurpilen diametroa 1.380 mm-koa da. Kalkulatu:
- Bizikletaren transmisio-erlazioa. Abiadura-murriztailea ala abiadura-biderkatzailea ote da? Zergatik? Aldapan gora egiteko, egokia ote da engranaje-konbinazio hori? Zergatik?
  - Zein da gurpilaren abiadura, txirrindulariak 45 aldiz eragiten badie pedalei minutu bakoitzean?
  - Zenbat metro aurreratuko ditu ordubeteen?
  - Marraztu ezazu eskema.



*Torloju-azkoina*

**14**



## 14.1. EZAUGARRIAK

- *Mugimendu zirkularra mugimendu zuzen* bihurtzen duten mekanismoak dira: torlojua biratzean azkoina zuzen mugituko da, eta alderantziz azkoina biratzean torlojua mugitzen da zuzenean.
- *Ezaugarriak*: torloju edo haga hariztatu batek eta azkoinak osatzen dute torloju-azkoin izeneko sistema. Torlojuari biraketa-mugimendua aplikatzean, edota torlojuari biraraztean, ibilbide zuzenean mugituko da azkoina, baldin eta, jakina, hariarekin finko lotuta badago azkoina; era berean, azkoina biratzean, lerro zuzenean desplazatuko da torlojua. Hau da, transmititu eta transformatu daiteke biraketa-mugimendua mugimendu zuzen, baina ez alderantziz.
- Zilindro itxura du *torlojuak* edo *haga hariztatuak*, eta zilindroaren kanpo aldetik helize itxurako arrakala jarraitua du tailatuta; arrakala horri *haria* deitzen diogu. Torlojuaren ezaugarriak dira *hari kopurua* edo *sarrera kopurua* eta hariaren *paso*a. Azkoinak, bere aldetik, barne aldean izango du tailatuta arrakala edo hari hori; torlojua eta azkoina egoki harizta daitezen, hari-itxura bera eta paso bera izango dute hari biek (torloju, azkoin).
- Hariak araututa daude eta sailkatzeko kontuan hartzen da: hari-profilaren itxura, hari edo sarrera kopurua, hariaren paso, eta aurreratze, torlojuak duen biraketa-noranzkoa. Hala, hari-profilaren itxuraren arabera: hari triangeluarra, koadro erako haria, trapezoide erakoa eta biribila; torlojuaren biraketa-noranzkoaren arabera: eskumatara biratzean aurrera egiten du eta ezkerretara eragitean bueltan dator (kortxo ateratzeko legea), beste torloju-azkoin batzuek, aldiz, kontrara funtzionatzen dute, alegia, ezkerretara biratzean torlojuak aurrera egiten du, eta eskumatara biratzean bueltan dator. Era berean, harien neurriak ere araututa daude: hari metrikoa —sistema metrikoan oinarritua—, M (erabiliena, mehea, harien arteko angelua 60°koa da eta diametroa milimetrotan ematen da), eta Withworth haria —sistema anglosaxoia—, W (mehea, harien arteko angelua 55°koa da eta diametroa hazbetetan ematen da).
- Hariaren ondoz ondoko bi profilen (bi gailurren) arteko tarte da *hariaren paso*a. Era berean, hari batez edo gehiagoz osatuta egoten da torlojua; hari horiek paraleloki biribilkatuta daude zilindroaren kanpoaldetik, eta torlojuaren *sarrera kopuru* izenarekin ezagutzen dira. Hala, paso bereko bi torlojuk ezberdin aurreratuko dute sarrera kopuruaren edo hari kopuruaren arabera; sarrera bikoitza duen torlojuak sarrera bakarra duenak baino bi aldiz azkarrago egingo du aurrera bira bakoitzean, izan ere, bira bakoitzean bi hari aurreratzen baititu, aldi berean.
- *Datu teknikoak*
  - Torlojuaren *sarrera kopurua*: *e*
  - *Hari-paso*a: *p*
  - Bira bakoitzeko azkoinak *aurreratzen duen tarte zuzena* edo *luzera*: *L* :

$$L = p \cdot e \left( \frac{\text{mm}}{\text{bira}} \right)$$

- *Alde onak*: abiadura-murriztaile bikaina eta indarraren biderkatzaile ezin hobea; oso zehatza
- *Erabilerak, aplikazioak*: mahaiko torlojuak, makina-erreminten orgen desplazamendurak (zulagailua, fresatzailea, tornua...), prentsak, autoaren katua, txorrotaren mekanismoa, haragia txikitze makina...

## 14.2. TRANSMISIO ERLAZIOA

Elementu eragilearen lana ( $W_{\text{motorra}}$ ) = Elementu erresistentearen lana ( $W_{\text{erresistentea}}$ )

$$F_{\text{kanpo}} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r_{\text{kanpo}} = F_{\text{torlojua}} \cdot p$$

Biraderan eginiko indarra:  $F_{\text{kanp}}$

Biraderaren erradioa biraketa-ardatzarekiko:  $r_{\text{kanp}}$

Torlojuak egiten duen indarra aurreratzean:  $F_{\text{torlojua}}$

Hari-pasoa:  $p$

Azkoinak aurreratzen duen distantzia torlojuaren bira bakoitzean:  $L$ :

$$L = p \cdot e \left( \frac{\text{mm}}{\text{bira}} \right)$$

Aurreratzeko abiadura:  $VA$ :

$$VA = p \cdot e \cdot n \left( \frac{\text{mm}}{\text{min}} \right)$$

$L$  distantzia aurreratzeko behar duen denbora:  $t$

$$VA = \frac{L}{t} \left( \frac{\text{mm}}{\text{min}} \right)$$

$$t = \frac{L}{VA} (\text{seg})$$

## 14.3. ARIKETAK. PRAKTIKAK

1. Aurkitu torloju-azkoinaren aplikazioak. Zer egiten du mekanismo horrek: abiadura murriztu edo biderkatu? Zein da torloju-azkoinaren abantailarik nagusia?
2. Torloju-azkoinaren bidezko sistema bat daukagu garaje bateko atea zabaltzeko eta ixteko. Torlojua, sarrera bakarrekoa, motor elektriko baten errotoreari loturik dago, eta motorraren biraketa-abiadura bera izango du: 200 bira/min-ko; torlojuaren eta azkoinaren pasoa 0,7 mm-koa da. Kalkulatu:
  - Egin proiektuaren zirriborroa eta transmisio-sistemaren eskema.
  - Zenbat milimetro aurreratzen du azkoinak bira bakoitzean?
  - Kalkulatu zenbat denbora behar duen sistemak atea guztiz zabaltzeko, baldin eta 160 mm-ko zabalera badu atea.
3. Zenbat denbora beharko du azkoinak 180 mm-ko luzera desplazatzeko, torloju-azkoinaren bidezko sistema batean? Marraztu eskema.

Datuak:

- Azkoin-torlojuen pasoa = 2 mm; torlojuak hari-sarrera bi ditu; torlojuaren biraketa-abiadura 300 bira/min-koa da.

4. Garaje bateko atea zabaltzeko eta ixteko sistema honako elementuek osatzen dute:

- 1.200 bira/min-ko abiadura duen motor elektrikoari lotutako txirrika eta uhal bidezko sistema.
- Torloju-azkoin sistema atea zabaltzeko eta itxi dadin, eragindako txirrika horren ardatza torloju-azkoin sistemaren eragilea da.

Marraztu ezazu eskema, eta kalkulatu zenbat denbora behar duen atea, guztiz ixteko edo zabaltzeko. Zer biraketa-abiadura du torlojuak?

Datuak:

- motorraren biraketa-abiadura,  $n_1 = 1200$  bira/min.
- txirrika eragilearen diametroa 30 mm-koa.
- eragindako txirrikaren diametroa 120 mm-koa.
- torlojuaren pasoa,  $p = 4$  mm.
- torlojuaren sarrera kopurua,  $e = 1$ .
- atearen luzera 350 mm-koa.

5. Kalkulatu beheko sistemako torloju-azkoin mekanismoak duen zuzeneko abiadura, eta marraztu ezazu sistemaren eskema.

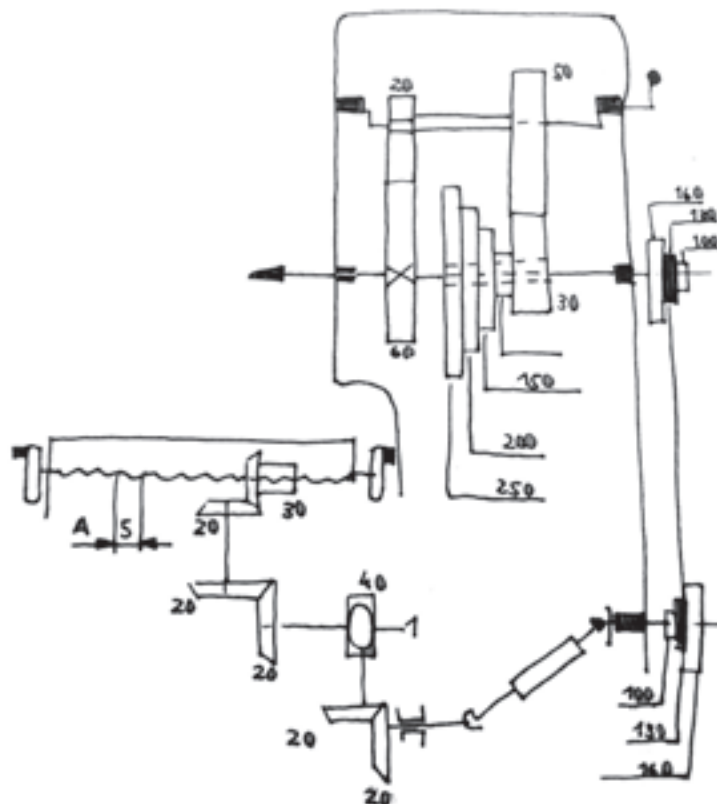
Datuak:

- Mekanismo hauek osatzen dute sistema: motorrari loturiko lau engranajedun tren konposatuak, azken engranajearen ardatzari loturiko amaigabeko torlojuak, amaigabeko torlojuarekin uztartzen den engranajea, eta torloju-azkoin mekanismoak —azken engranaje horrek eragiten dio torloju-azkoin mekanismoari—.
- Motorraren biraketa-abiadura  $n_1 = 1800$  bira/min.
- Lau engranajedun tren konposatua:  $Z_1 = 8$  eta  $n_1$  abiadura;  $Z_2 = 18$ ,  $Z'_2 = 12$ , eta  $n_2 = n'_2$  ( $Z_2$  eta  $Z'_2$  ardatz berean baitaude);  $Z_3 = 56$  eta  $n_3$  abiadura.
- Amaigabeko torlojuak sarrera bakarra du,  $Z_3$ -ren ardatzari loturik dago eta  $n_3$  abiadura berberarekin biratzen duelarik.
- Amaigabeko torlojuarekin ezkontzen den laugarren engranajea  $Z_4 = 20$  eta  $n_4$  abiadura duena.
- $Z_4$  azken engranajeak eragiten dio torloju-azkoin mekanismoari, torlojuak sarrera bakarra du eta 3 mm-ko pasoa 14.3.6. Torloju-azkoin mekanismoa erabiltzen da fresatzeko makinaren mahaia edo orga lekuz aldatzeko. Torlojuaren pasoa 4 mm-koa da, eta torlojuari birarazteko, eta mahaia lekuz aldatzeko danbor itxurako biradera dugu; danbor hori 40 zati berdinetan banandua dago. Zein da mahaia desplazamendua danbor itxurako biradera horrek 4 bira oso-osorik eta 25 zatitxo biratu dituenean?

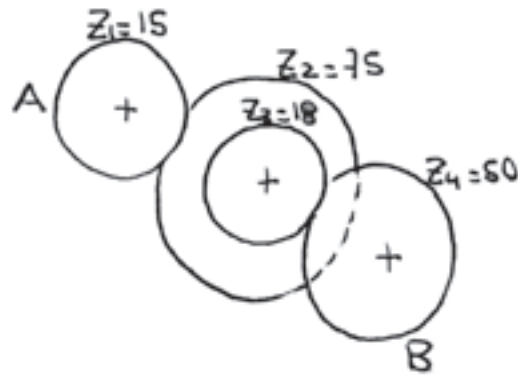
6. Torloju-azkoin mekanismoa erabiltzen da fresatzeko makinaren mahaia lekuz aldatzeko. Torlojuaren pasoa 4 mm-koa da, eta torlojuari birarazteko eta mahaia lekuz aldatzeko danbor itxurako biradera bat dugu; danbor hori 40 zati berdinetan bananduta dago. Zein da mahaia desplazamendua danbor itxurako biradera horrek 4 bira oso eta 25 zatitxo biratu dituenean?



7. Torloju-azkoin mekanismoa euste-erremintetan erabiltzen da, adibidez, mahaiko torlojuetan. Mahaiko torloju batean 3 mm-ko pasoa du torlojuak; biraderak, palanka itxurakoak, 30 cm-ko luzera du; sistemaren errendimendua % 65-ekoa da; eta gehienez 30 k-ko indarra egin ahal da biraderan. Zein indarrekin eutsi ahal zaio altzairuzko pieza bati mahaiko torloju horretan
8. Tornu baten buru higikorraren torlojuak 5 mm-ko pasoa edo hari-neurria du, eta danbor graduatua 100 zati berdinetan banatuta dago. Kalkulatu itzazu:
  - Zenbat mugitzen den danbor graduatuaren zati bakoitzeko buru higikorra.
  - Buru higikorra 7,5 mm mugitzeko eman behar den zati kopurua.
9. Tornu baten bi orgak 4 mm-ko pasoa edo hari-neurria duten torloju-transmisio banak higitzen ditu. Danbor graduatu bakoitzak 80 zatiketa baditu, zenbat mugituko da hortza hasierako posizioarekiko, zeharkako orgaren danborrari 2 bira eta 20 zatiketa eman bazaizkio (aurrera) eta luzetarako orgari 5 bira eta 34 zatiketa (ezkerretara).
10. Fresatzeko makina baten kate zinematikoa ikusi daiteke marrazturik irudian. Ardatz nagusiak kono mailakatu bat darama, eta 500 bira/min ematen dituen bigarren kono mailakatu batetik jasotzen du higidura; berdinak dira kono mailakatu biak. Kalkulatu:
  - Ardatz nagusiaren bira/min
  - Fresatzaileak aurreratzen duena bira bakoitzeko (abiadura bakoitzeko aurreratzeak)
 Fresatzaileak duen aurreratze maximoa eta minimoa minutu batean

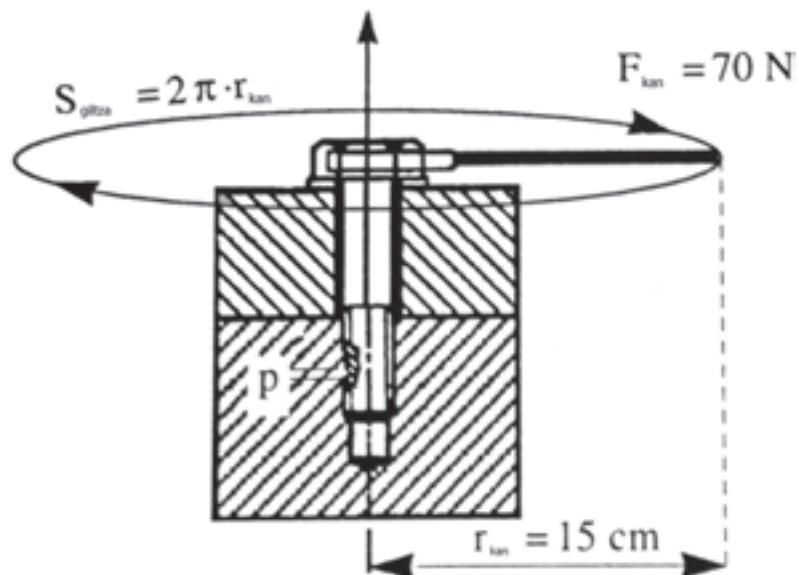






14. Irudian torloju baten adierazpena ikusi daiteke, torloju hori xafla bi lotzeko erabiltzen da, haga hariztatuen bidez. 15 cm-ko besoa duen giltza finko baten bidez 70 N-ko kanpo-indarrarekin estutzen da torlojuak. Torlojuaren pasoa 2,5 mm-koa izanik, kalkulatu:

- Zein trakzio-indar jasaten ari da torlojuak bere ardatzean, bira oso bat ematen zaio-nean?
- Zenbat aurreratzen du torlojuak, hiru bira ematen zaizkionean torlojuari?



15. Katu-torloju batekin 100 N-ko indarra eginez 950 kg-ko ibilgailua igo gura dugu. Katu-torlojuaren indar-besoa 10 cm-koa da, eta energiaren % 20 galtzen da torlojuan, marruskaduraren eraginez. Zein da katu-torloju horren pasoa?

*Biela-biradera*

**15**



## 15.1. EZAUGARRIAK

- *Mugimendu zirkularra aldizkako mugimendu zuzen* bihurtzen duten mekanismoak dira, *eta alderantziz, aldizkako mugimendu zuzena mugimendu zirkular*.
- *Ezaugarriak*: sistema osatzen dute, alde batetik, biraderak, biraka ari den elementuak, eta bestetik, bielak, biraderari loturik doan haga zurrinak; era horretan, biraderak birak ematean atzera-aurrera egin beharko du bielak, eta aldizkako mugimendua sortaraziko du biela-biradera sistemak. Alderantziz ere gerta daiteke mugimendua, adibidez, motorren pistoiaren joan-etorriko ibilbidea bielak sortzen du, eta horren eraginez, biraderak derrigor biratu behar du.
- *Biela* haga zurrin bat da, biraka ari den gorputzaren kanpoko punturen batean finkatuta dagoena, biraka ari den gorputzak berarekin batera daramana; gurpilaren edo gorputzaren bira bakoitzean, bielak aurrera eta atzera egiten du.
- Biraketa-mugimendua higikariaren ardatzera komunikatzeko aukera ematen du *biraderak*; indarra biderkatzeko erabiltzen da, izan ere, gorputzaren ardatzak birarazteko behar duen indarra asko murrizten da, palankaren kasuan bezala. Biraketa-ardatzaren eta biraderaren arteko distantzia zenbat eta handiagoa izan, orduan eta txikiagoa izango da egin beharreko esfortzua.
- *Biela-biradera* sisteman, biela lotu daiteke biraka ari den gorputzaren kanpo aldean edo biraderaren ukondoan, horrela, biela-biradera multzoa agertuko zaigu. Multzo horrek bihurtzen du biraderaren biraketa mugimendua joan-etorriko edo aldizkako mugimendu.
- Ardatz baten gainean jarritako bi biradera edo gehiagoko multzoa da *birabarkia*; biela batzuk birabarki batera konektatuz gero, mekanismo batzuk, aldizka, igotzea eta jaistea lor daiteke, josteko makinan eta kalatzeko zerran gertatzen den moduan.
- Bielaren desplazamendua edo ibilbidea biraderaren erradioaren arabera da, hala, bira bakoitzean biraderaren erradioaren bikoitza desplazatuko da biela.
- *Datu teknikoak*
  - *Bielaren desplazamendua:  $l$*
  - *Biraderaren erradioa:  $r$*
- *Alde onak*: noranzko bietan eman daiteke mugimendu-transmisioa, hots, batetik, biraderaren biraketa-mugimenduak bielaren aldizkako mugimendua eragiten du, eta bestetik bielaren aldizkako mugimenduak biraderaren biraketa-mugimendua.
- *Erabilerak, aplikazioak*: autoaren eztanda- edo errekontza-motorra, josteko makinak, prentsak, estanpazio automatikoko makinak, makina-erremintak (kalatzeko zerra...), ur-ponpak...

## 15.2. TRANSMISIO ERLAZIOA

$$l = 2 \cdot r$$

bielaren ibilbidea:  $l$

biraderaren erradioa:  $r$

## 15.3. ARIKETAK. PRAKTIKAK

1. Izendatu eta marraztu itzazu biela duten objektuak.

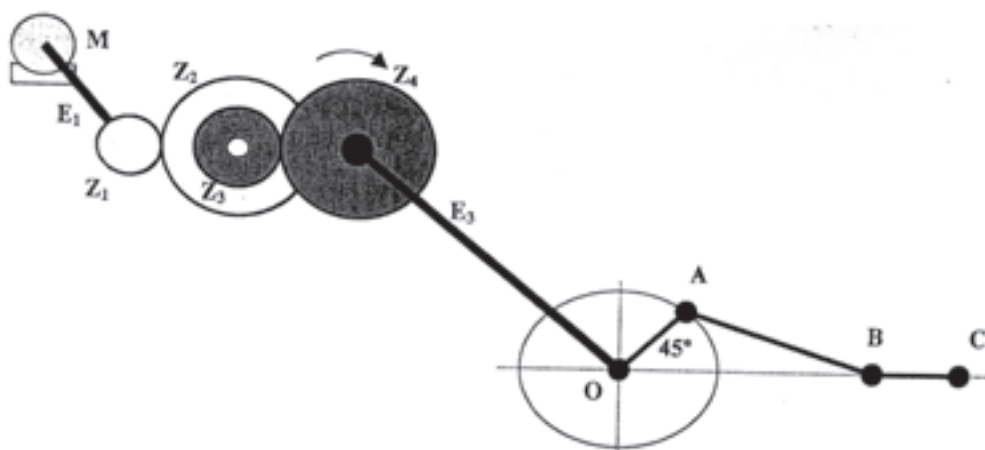
2. Saiatu zaitez bieladun tramankulu bat diseinatzen; diseinua egin ostean, azaldu zelan funtzionatzen duen.
3. Marraztu ezazu biela-biraderaren eskema. Zer eratan transmititzen eta eraldatzen du mugimendua biela-biradera mekanismoak? Zein izango da bielaren desplazamendua eta zeren arabera kalkulatzen da?
4. Zeintzuk dira torloju-azkoin eta biela-biradera sistemen arteko berdintasunak ezberdintasunak?
5. Bizikletako pedalei gure izterrekin eragiten diogunean, zein da biela eta zein da biradera? Egoera marraztu eta biela eta biradera kokatu.
6. Lurrin-makinaren asmatzaileak sistema bat diseinatu zuen lurrinaren presioa mugimendu zuzen bihurtzeko, zilindroak duen pistoaren bidez; hau da pneumatika eta bero-energia erabiliz aldizkako mugimendu zuzena lortzea zuen helburu. Lurrin makinaren irudia aurkitu, marraztu eta honako hauek identifikatu itzazu:
  - Lurrin-makinaren asmatzailea
  - Zilindroa eta bere pistoia
  - Biela
  - Biradera
  - Lurrin-makinak izan ote dira trenen eta autoen aitzindariak? Komentatu ezazu zeure iritzia.
7. Aztertu zure gela-tailerreko zerra: Zertarako erabiltzen da? Zelan lortzen du ebakitzea? Zelan funtzionatzen du? Zeintzuk elementuk osatzen dute? Egin ezazu zerraren elementuen eskema.
8. Aztertu dezagun lau aldiko zilindroa: ze atalek osatzen dute? zeintzuk dira zilindroaren lau aldiak? Aldi bakoitzean zenbat bira ematen ditu birabarkiak? Ondoko taula bete ezazu:

| ALDIA | IZENA           | BIRAK |
|-------|-----------------|-------|
| 1     | Onartze-aldia   |       |
| 2     | Konpresio-aldia |       |
| 3     | Eztanda-aldia   |       |
| 4     | Ihes-aldia      |       |

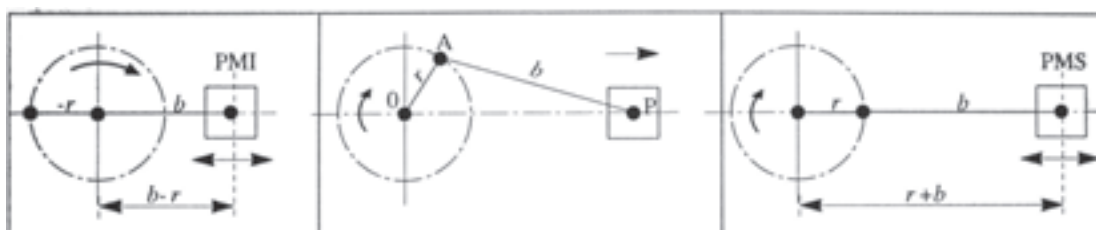
9. Ohiko motor batek zenbat zilindro dauzka? Birabarkiak zenbat biradera ditu? Zein da biradera- eta zilindro kopuru horien arrazoia? Demagun lau aldiko motorra dugula, marraztu bere birabarkia eta biradera bakoitzari loturiko zilindroa, eta erantzun:

| ZILINDRO<br>KOPURUA | BIRADERA<br>KOPURUA |
|---------------------|---------------------|
|                     |                     |

10. Birabarkia duen jostailu bat diseinatu: bere osagai mekanikoak azaldu eta izendatu. Azaldu bere funtzionamendua.
11. Marraztu auto baten zilindroa eta kokatu hura osatzen duten 10 osagaiak, jakinda, zilindro baten osagaiak honako hauek direla: balbula, karterra, pistoia, biela, birabarkia, buloia, segmentuak, inertzia-bolantea, bujia eta zilindroa.
12. Objektu askok erabiltzen dute biela-biradera mekanismoa, aipatu itzazu gutxienez hiru erabilera. Marrazkiak egin eta funtzionamenduak azaldu.
13. Irudiko engranaje-trenaren  $E_3$  ardatzari akoplatuta biela-biradera sistema bat daukagu. M motorra 500 bira/min-ko biraketa-abiaduraz ari da biratzen eta engranajeen hortz kopuruak  $Z_1 = 20$ ,  $Z_2 = 50$ ,  $Z_3 = 30$  eta  $Z_4 = 50$ -koak dira. Pauso guztiak arrazoituz
  - Kalkulatu biraderaren abiadura angeluarra (rad/seg-tan)
  - Kalkulatu A puntuaren abiadura (biraderaren botoia). Neurriak: OA = 12 cm, AB = 30 cm.
  - Kalkulatu BC hagatxoaren abiadura irudiko posizioan.



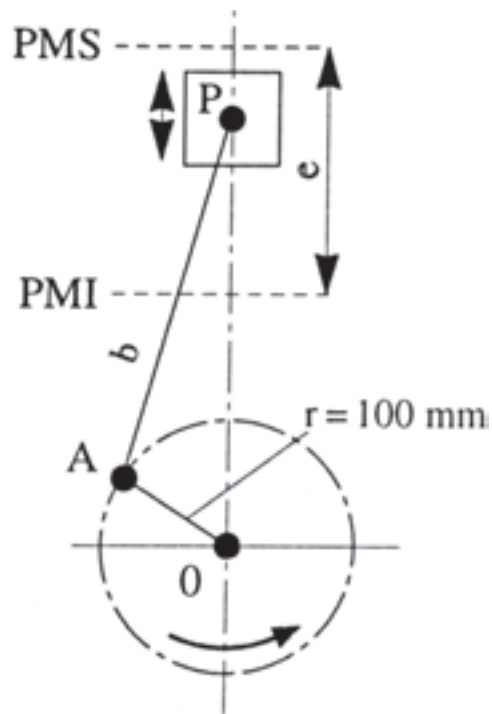
14. Biela-biradera mekanismo baten hiru fase ikusi daitezke irudietan: biraderak biratzen du ordulariaren orratzen noranzkoan eta  $n$  bira/m-ko abiadurarekin; Biraderaren eta biela-besoaren erradioak  $r$  eta  $b$  dira.
  - Deskribatu sistemak nola funtzionatzen duen
  - Zein da ibiltartearen balioa? Eta goiko eta beheko puntuetako koordinatuak?
  - Ze erlazio dago  $P$  pistoiaren abiaduraren eta biraderaren biraketa-abiaduraren artean?





15. Irudian ikusi daiteke transmisio-sistema bat, motore termiko batetik inertzia-bolantera doana, hain zuzen. Pistoia 12 m/s-ko mugitzen da, eta pistoiak birabarkiarene ukondoari eragingo dio, 300 mm-ko biela baten bidez. Ukondoaren besoa 100 mm-koa da.

- Zehaztu goiko eta beheko puntuak, eta kalkulatu zein da ibiltartearen balioa?
- Kalkulatu ukondoko biraderaren abiadura angeluarra
- Zein da pistoiaren abiadura inertzia-bolanteak eta birabarkiak 3000 bira/min eman ditzaten?
- Zenbat bira emango ditu birabarkiak eta zenbat ibiltarte egingo ditu pistoiak 45 segundoan, biradera biraka ari denean 200 bira/min-ko abiadurarekin?



*Espekak  
eta eszentrikak*

**16**



## 16.1. EZAUGARRIAK

- *Mugimendu zirkularra aldizkako mugimendu zuzen bihurtzen duten mekanismoak dira, alderantziz ez, ordea.*
- *Ezaugarriak: espeka* da ardatz baten inguruan biraka ari den pieza bat; ardatz hori ez dago sekula piezaren erdian. Espekak birak ematen dituenean, *jarraitzaile* izeneko hagatxo batera transmititzen du mugimendu zirkular hori, eta hagatxoan *joan-etorriko edo aldizkako* mugimendu bihurtzen da espekaren biraketa-mugimendua. (Espekak eta eszentrikoak gauza bera dira euskaraz, alegia, espekak.)
- Espekaren mugimendua jarraitzaileak jasotzen du; eta jarraitzailearen mugimendu hori espekaren formak baldintzatzen du. Hala, espekari forma egokia emanda, aldizkako mugimendu oso konplexuak eta askotarikoak lotu daitezke.
- Espekak forma asko hartu ditzake itxuraren, erabileraren eta kokapenaren arabera, hala nola: espeka-profila kontuan izanik izan daitezke: borobilak, triangeluarrak, lauak, joan-etorri azkarreko espekak, aginte bikoitzeko espeka, irtengunea duen disko erako espekak, obalo erako espekak, danbor-espekak. Espekaren biraketa-aukerak kontuan izanik: biraketa-noranzko bakarrekoak, biraketa-noranzko bikoak. Eta espeka kopurua kontuan harturik: arruntak eta espeka-ardatzak.
- *Espeka-ardatzak* dira: ardatz berean kokatutako espekak, forma eta tamaina askotari-koak. Espekak, gainera, hainbat orientaziotan kokatu daitezke; orduan, bakoitzak jarraitzaile bati eragiten dio eta askotariko mugimenduak lortu daitezke ardatz berean. Programatzaileetan erabiltzen dira.
- Espekaren eta jarraitzailearen arteko kontaktua era askotan eman daiteke, eta jarraitzaileak honako itxurak izan ditzake: arrabolduna, puntaduna, laua, kulunkaria. Espekaren eta jarraitzailearen lotura kontuan izanik, malgukiduna eta itxiturakoa.
- *Datu teknikoak*
  - *Erradio handia:  $R$*
  - *Erradio txikia:  $r$*
- *Alde onak:* jarraitzailearen mugimendua oso suabea da, aldaketarik gabekoa; noranzko bakarrean bakarrik transmititu daiteke indarra.
- *Erabilerak, aplikazioak:* prentsak, programatzaile elektro-mekanikoak, bultza egiteko mekanismoak, kalibre ezberdinetako legarrak eta agregakinak sailkatzeko zintak, 4 aldiko eztanda-motorraren espeka-ardatza (erregaiaren kontrolatzaileak), garbigailuaren programatzaileak, argazki-kamera mekanikoen etengailua, jostailu mekanikoak, prentsak,...

## 16.2. TRANSMISIO ERLAZIOA

$$d = R - r$$

*jarraitzailearen desplazamendua edo egiten duen ibilbidea:  $d$  (mm)*

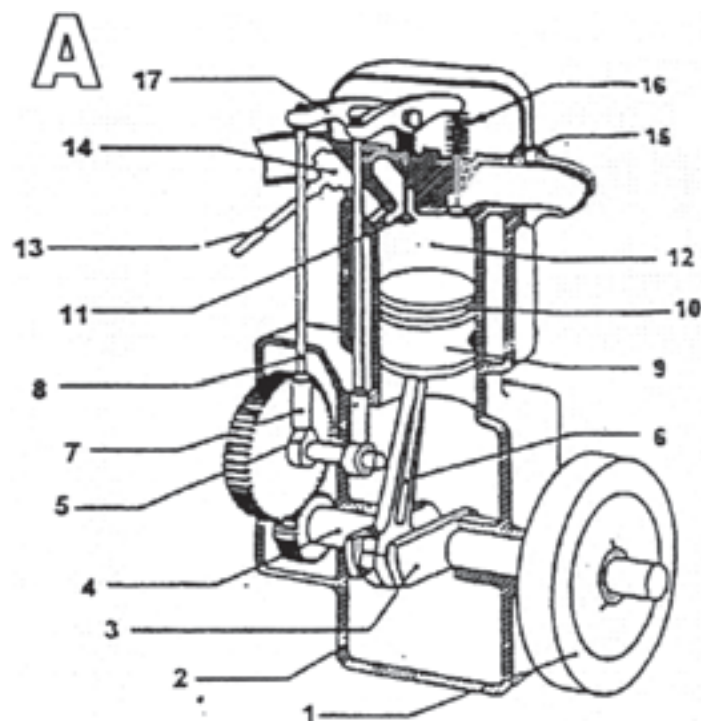
*espekaren erradio nagusia:  $R$*

*espekaren erradio txikia:  $r$*

## 16.3. ARIKETAK. PRAKTIKAK

1. Diseinatu espekadun mekanismo bat eta azaldu zelan funtzionatzen duen. Mekanismo horretan espekaren bidez biratze-mugimendua aldizkako mugimendu zuzen bihurtuko dugu

2. Marraztu eta diseinatu ezazu panpina bat. Zebra-bide baten aurrean kokatuko dugu panpina, oinezkoiei arretaz edo kontuz ibiltzeko eskatzeko; panpina horrek besoak gora-behera mugituko ditu arreta eskatuko balu bezala.
3. Espekaren bidezko bi transmisio-sistema ditugu: batean, espekak arrautza-itxura du, bestean, berriz, irtengune oso zorrotza du disko itxurakoari loturik, hortz borobilaren eran. Marraztu bi espekak, eta esan bietatik zeinek funtzionatuko duen hobeto? Zergatik?
4. Aztertu dezagun lau aldiko motorraren birabarkiak nola funtzionatzen duen. Zelan jartzen dira martxan zilindro bakoitzaren sarrera- eta ihes-balbulak? Zilindro bakoitzaren balbulak martxan jartzeko, zenbat elementuk hartzen du parte? Non kokatzen dira? Zelan deitzen dira elementu horiek?
5. Lau aldiko motorren balbula baten funtzionamenduaren eskema marraztu, bere osagaiak izendatu eta azaldu bere funtzionamendua.
6. Lau aldiko motorren balbula baten funtzionamenduaren eskema eskaintzen dizugu; izendatu osagaiak eta azaldu zelan funtzionatzen duen. Marrazkiak aurkitu lehenik. Aipatu espekadun beste hiru tresna ere.
7. Autoaren leiho-garbigailua aztertuko dugu: bilatu marrazki bat, marraztu ~~hemen~~ eta azaldu nola funtzionatzen duen. Zein osagaik osatzen dute?
8. Izendatu lau aldiko zikloko barne-errekuntzako motor alternatibo baten zilindroaren osagaiak. Zer erlazio dago ardatz eragilearen eta espeka-ardatzaren abiaduren artean lau aldiko eztanda-motorretan? Ardatzen artean higidura-transmisioa pinoia-engranajearen bidez eratzen bada, zein da engranajearen hortz kopurua,  $Z_2$ , pinoiak 20 hortz baditu?



# *Bibliografia*

**17**



Batxilergo LOGSEko Selektibitateko azterketak, Mekanika arlokoak (EHU eta beste unibertsitate batzuk)

*Tecnología industrial*, Bachillerato 1, Ed. Donostiarra

*Mekanika, Ikaslearen liburua*, DBHO, Elhuyar

*Mugimenduaren transformakuntza: Operadoreak*. Eraiketa Problemak, Alecop

*Estructuras y mecanismos, Tecnología, Proyecto EXEDRA*, Secundaria, Oxford Educación

*Teknologia DBH3*, Anaya/Haritz



