



BILBOKO INDUSTRIA INGENIARITZA TEKNIKOKO
UNIBERTSITATE ESKOLA



GRADUA MEKANIKA:

GRADU AMAIERAKO LANA

2014 / 2015

*IBILGAILU INDUSTRIAL BATEN TRANSMISIOAREN
DISEINUAREN PROIEKTUA*

2. DOKUMENTUA : MEMORIA

IKASLEAREN DATUAK

IZENA: JOSU

ABIZENAK: LÓPEZ DE ABECHUCO CORTÁZAR

SIN. :

DATA: 2015/09/10

ZUZENDARIAREN DATUAK

IZENA: JUAN ANTONIO

ABIZENAK: SANTOS PERA

SAILA: ADIERAZPEN GRAFIKOA ETA INGENIARITZAKO
PROIEKTUAK

SIN. :

DATA:

2. DOKUMENTUA: MEMORIA

| | |
|--|-----------|
| 2.1 PROIEKTUAREN HELBURUA | 7 |
| 2.2 PROIEKTUAREN HEDADURA | 8 |
| 2.3 ARAUDIAK ETA ERREFERENTZIAK | 10 |
| 2.3.1 LEGE-ARAUDIAK ETA ARAUAK | 10 |
| 2.3.1.1 DOKUMENTAZIOAREN ARAUAK | 10 |
| 2.3.1.2 TRANSMISIOAREN DISEINUAREN ETA OSAGAIEN ARAUAK | 10 |
| 2.3.1.3 SEGURTASUNAREN ARAUAK | 11 |
| 2.3.2 BIBLIOGRAFIA | 12 |
| 2.3.2.1 LIBURUAK | 12 |
| 2.3.2.2 KATALOGOAK | 13 |
| 2.3.2.3 WEB ORRIALDEAK | 13 |
| 2.3.3 KALKULU-PROGRAMAK | 14 |
| 2.4 DEFINIZIO ETA LABURDURAK | 15 |
| 2.4.1 LABURDURAK | 15 |
| 2.4.2 DEFINIZIOAK | 18 |
| 2.5 DISEINURAKO BALDINTZAK | 20 |
| 2.6 EBATZIEN AZTERLANAK | 22 |
| 2.6.1 ENBRAGEA..... | 23 |
| 2.6.1.1 FRIKZIO ENBRAGEA..... | 23 |
| 2.6.1.1.1 MALGUKI HELIKOIDALEKO ENBRAGEA..... | 24 |
| 2.6.1.1.2 DIAFRAGMAKO ENBRAGEA | 24 |
| 2.6.1.1.3 FRIKZIO ENBRAGE AUTOMATIKOA | 25 |
| 2.6.1.1.4 FRIKZIO ENBRAGE SEMIAUTOMATIKOA | 25 |
| 2.6.1.1.5 DISKO ANITZEKO ENBRAGEA | 26 |
| 2.6.1.2 ENBRAGE HIDRAULIKOA | 26 |
| 2.6.1.3 ENBRAGE ELEKTROMAGNETIKOA | 27 |
| 2.6.2 ABIADURA KAXA..... | 28 |
| 2.6.2.1 ENGRANAJE PARALELOKO ABIADURA KAXA..... | 29 |
| 2.6.2.1.1 ENGRANAJE DESPLAZAGARRIKO ABIADURA KAXA..... | 29 |
| 2.6.2.1.2 HARTZE KONSTANTEKO ABIADURA KAXA..... | 30 |
| 2.6.2.1.3 ABIADURA KAXA SINKRONIZATUA | 31 |

| | |
|--|-----------|
| 2.6.2.2 ENGRANAJE EPIZIKLOIDALEKO ABIADURA KAXA..... | 31 |
| 2.6.2.3 ABIADURA KAXA AUTOMATIKOA | 32 |
| 2.6.3 ERREDUKTOREA | 33 |
| 2.6.3.1 ENGRANAJE PARALELOKO ERREDUKTOREA..... | 34 |
| 2.6.3.2 ENGRANAJE EPIZIKLOIDALEKO ERREDUKTOREA | 34 |
| 2.6.4 TRANSFERENTZIA KAXA..... | 35 |
| 2.6.4.1 KATEZKO TRANSFERENTZIA KAXA | 36 |
| 2.6.4.2 ENGRANAJEZKO TRANSFERENTZIA KAXA..... | 36 |
| 2.6.5 TRANSMISIO ARDATZAK..... | 37 |
| 2.6.6 DIFERENTZIALA | 39 |
| 2.6.6.1 DIFERENTZIAL ASKEA EDO OROKORRA..... | 40 |
| 2.6.6.2 DIFERENTZIAL KONTROLATUA..... | 40 |
| 2.6.6.2.1 BLOKEO MANUALEKO DIFERENTZIALA | 41 |
| 2.6.6.2.2 DIFERENTZIAL AUTOBLOKANTEA | 42 |
| 2.6.6.2.2.1 FRIKZIO DISKO BIDEZKO DIFERENTZIAL AUTOBLOKANTEA..... | 42 |
| 2.6.6.2.2.2 FRIKZIO KONO BIDEZKO DIFERENTZIAL AUTOBLOKANTEA..... | 43 |
| 2.6.6.3 TORSEN DIFERENTZIALA..... | 44 |
| 2.7 HARTUTAKO EBATZIA..... | 45 |
| 2.7.1 TRANSMISIO SISTEMAREN FUNTZIONAMENDUA..... | 45 |
| 2.7.2 ENBRAGEA..... | 46 |
| 2.7.2.1 ENBRAGE DISKOA | 47 |
| 2.7.2.2 INERTZIA BOLANTEA | 49 |
| 2.7.2.3 PRESIO PLATERA | 50 |
| 2.7.2.4 DIAFRAGMA | 51 |
| 2.7.2.5 KARKASA | 52 |
| 2.7.2.6 KOJINETEA..... | 53 |
| 2.7.3 ABIADURA KAXA..... | 54 |
| 2.7.3.1 ARDATZ PRIMARIOA..... | 57 |
| 2.7.3.2 BITARTEKO ARDATZA | 58 |
| 2.7.3.3 ARDATZ SEKUNDARIOA..... | 59 |
| 2.7.3.4 ATZERA MARTXAKO ARDATZA..... | 60 |
| 2.7.3.5 ENGRANAJEAK | 60 |

| | |
|--|-----------|
| 2.7.3.5.1 AURRERA MARTXEN ENGRANAJEAK | 61 |
| 2.7.3.5.2 ATZERA MARTXAREN ENGRANAJEAK | 62 |
| 2.7.3.6 SINKRONIZATZAILEAK | 64 |
| 2.7.3.7 ERRODAMENDUAK | 65 |
| 2.7.3.7.1 ARDATZEN ERRODAMENDUAK | 66 |
| 2.7.3.7.2 GURPIL ASKEEN ERRODAMENDUAK | 68 |
| 2.7.3.8 AKOPLAMENDU ZURRUNA | 68 |
| 2.7.4 ERREDUKTOREA | 69 |
| 2.7.4.1 SARRERA ARDATZA | 70 |
| 2.7.4.2 IRTEERA ARDATZA | 70 |
| 2.7.4.3 ENGRANAJE PLANETARIOA | 71 |
| 2.7.4.4 BLOKEO SISTEMA | 73 |
| 2.7.4.5 ERRODAMENDUAK | 75 |
| 2.7.5 TRANSFERENTZIA KAXA | 76 |
| 2.7.6 TRANSMISIO ARDATZAK | 78 |
| 2.7.6.1 AURREKO TRANSMISIO ARDATZA | 78 |
| 2.7.6.2 ATZEKO TRANSMISIO ARDATZA | 79 |
| 2.7.6.3 KARDAN GILTZADURA | 80 |
| 2.7.7 DIFERENTZIALAK | 82 |
| 2.7.7.1 ERASO ARDATZA ETA KOROA | 83 |
| 2.7.7.2 SATELITEAK ETA PLANETARIOAK | 84 |
| 2.7.7.3 KARKASA | 86 |
| 2.7.7.4 SATELITEEN ARDATZA | 87 |
| 2.7.7.5 PALIERRAK | 87 |
| 2.7.7.6 BLOKEO SISTEMA | 88 |
| 2.7.7.7 ERRODAMENDUAK | 89 |
| 2.8 PLANIFIKAZIOA | 91 |
| 2.9 PROIEKTUAREN KOSTUA | 93 |

2.1 PROIEKTUAREN HELBURUA

Proiektu honetan Mercedes Arocs 1824 AK 4x4 ibilgailu industrial edo kamioiaren transmisio sistema osatzen duten elementuen kalkulu eta diseinu mekanikoa burutu da.

Hain zuzen, Mercedes-Benz enpresaren eskariz, kamioi modelo horrentzat errepidean eta errepideaz kanpo aritzeko egokituta dagoen transmisioa egin da. Ibilgailuaren espezifikazio teknikoak jarraituz, motorraren potentzia nominala 238 CV (175 kW) da 2200 rpm-tara. Transmisioa mekanikoa da eta atzeko trakzioa du aurreko ardatz akoplagarriarekin, guztira aurreranzko 12 martxa eta atzeranzko 2 martxa dituela.

Ibilgailuaren funtzionamenduaren eta dimentsioen baldintzetan oinarrituta, beharrezko ezaugarriak, kalkuluak eta normak kontuan hartu eta transmisio sistemaren osagaiak diseinatuko dira. Hauen fabrikazio eta mantenu kostua optimizatzen saiatuko da, ahal den heinean osagai eta neurri normalizatuak baliatzen direla.



2.1 irudia: Mercedes Arocs 1824 AK 4x4

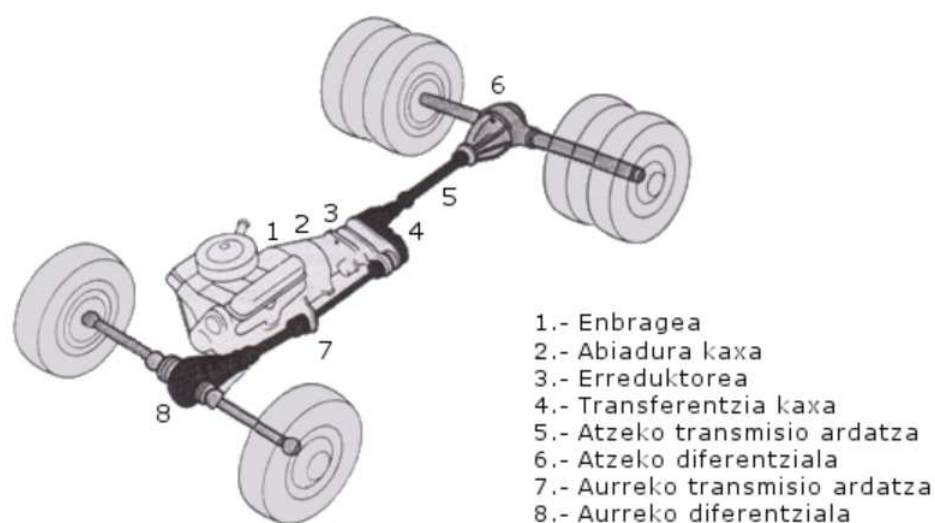
Proiektuaren egilea: López de Abechuco Cortázar, Josu

NAN: 78944726-D

2.2 PROIEKTUAREN HEDADURA

Proiektu hau teknikoa izango da eta eremu mekanikora mugatuko da. Ibilgailuaren transmisioan parte hartzen duten elementu mekanikoak aztertu eta definituko dira, transmisioan eragina izan dezaketen sistema elektriko, elektronikoa eta hidraulikoak honen barnean sartzen ez direlarik.

Proiektuan UNE 157001:2002 araudiaren arabeko irizpide orokorrak jarraitu eta beharrezko dokumentazioa aurkeztuko da. Modu horretan, zazpi dokumentu hauek transmisioaren diseinu eta ekoizpena finkatuko dute eta hauek oinarritzat hartuz gauzatu dira proiektuko atal desberdinak.



2.2 irudia: Ibilgailu baten transmisio sistema osoa

Transmisioaren diseinua garatzerakoan, kamioiaren ezaugarri teknikoek eta bezeroak aldeztu aurretik definituriko irizpideei erreparatu eta zenbait arazori aurre egin behar zaie:

- Motorraren birabarkitik ateratako biraketaren pare (momentua) eta abiadura erabilpen beharren arabera transformatu eta gurpil eragileetara transmititu behar da.
- Ibilgailuaren espezifikazio teknikoek zehaztutako kasu kritikoetan (errepidekoetan eta errepideaz kanpokoetan) higitzeko ahalmena izan behar du, kasuan kasuko gidatze eskakizunak gainditu ditzakeela.
- Bi abiadura sorta eskainiko dira; laburrak eta luzeak. Hauetariko bakoitzak aurreranzko 6 martxa eta atzeranzko martxa bakarria izango du, beraz, transmisioak guztira aurreranzko 12 martxa eta atzeranzko 2 martxa izango ditu.

- Transmisioan biraketaren erredukzioa eragiten duten elementuek (abiadura kaxa, erreduktorea, transferentzia kaxa eta diferentzialak) espezifikazio teknikoek definituriko transmisio erlazioak mantendu behar dituzte.
- Atzeko trakzio iraunkorra izango du eta aldi berean aurreko ardatza ere akoplatzeko eta eragile izateko aukera egongo da, trakzio totala lortzen delarik.
- Motorretik abiadura kaxara eta indar hartzera transmisioa independentea izan behar da, martxa aldaketak indar hartzearen gelditzea ez dakarrela.
- Transmisio ardatzak higiduran zehar ager daitezkeen mugimendu nahiz bibrazioak jasateko eta xurgatzeko gai izan behar dira.
- Ibilgailua bihurgune batetik igarotzean, ibilbide laburragoa duen gurpilak ez irristatzea lortu behar da.
- Eremu ezegonkorretan gurpil batek adherentzia galtzean potentzia bertatik ihes egitea ekidin behar da.
- Osagai guztiak euskarriren batean sostengatuta egon behar dira eta honen guztiaren pisua gurpilen bidez lurrera eramaten da.
- Ibilgailuaren dimentsioak, ardatzen arteko distantzia kasu, errespetatu behar dira.

Orokorrean hauek dira bete beharreko irizpide eta baldintza nagusiak eta transmisio sistemaren diseinua horien arabera burutuko da.

2.3 ARAUDIAK ETA ERREFERENTZIAK

2.3.1 Lege-araudiak eta arauak

2.3.1.1 Dokumentazioaren arauak

| | |
|--|---------------------|
| Proiektua burutzeko irizpide orokorrak | UNE 157001:2002 |
| Dokumentuen zenbakikuntza | UNE 50132:1994 |
| Formatuak eta eskalak | UNE 1-026-83/2 |
| Errotulazio-kutxa | UNE 1-035-95 |
| Elementuen zerrenda | UNE 1-135-89 |
| Idazkera | UNE 1-034-71/1 |
| Osagaiekiko erreferentziak | UNE 1-100-83 |
| Planoen tolestea | UNE 1-027-95 |
| Marrazketa teknikoaren oinarriak | UNE 1-032-82 |
| Akotazioa | UNE 1-039-94 |
| Gainazal akaberak | UNE 1-037-83 |
| Perdoi dimentsionalak | UNE-EN 20286-1:1996 |
| Perdoi geometrikoak | UNE-EN 22768-2:1994 |
| Perdoi orokorra | ISO 2768-m |
| Engranaje zilindrikoen planoetako datuak | UNE 18068:1978 |
| Engranaje konikoen planoetako datuak | UNE 18112:1978 |
| Soldaduraren ikur bidezko adierazpena | DIN 22553 |

2.3.1.2 Transmisioaren diseinuaren eta osagaien arauak

| | |
|-------------------------------------|-------------------|
| Transmisio ardatzen dimentsionaketa | ASME B106.1M:1985 |
| Altzairuen normalizazioa | UNE-EN 10020:2001 |

| | |
|---------------------------------------|----------------|
| Engranajeen moduluak | UNE 18005:1984 |
| Engranaje zilindrikoak | UNE 18016:1984 |
| Engranaje konikoak | UNE 18184:1990 |
| Errodamenduen orokortasunak | ISO 281:1990 |
| Arrabol konikodun errodamenduak | ISO 355:1997 |
| Arrabol zilindrikodun errodamenduak | ISO 15:1998 |
| Errotularako arraboldun errodamenduak | ISO 15:1998 |
| Orrazdun errodamenduak | ISO 1206:2001 |
| Hortz bilkariko ildaskatua | DIN 5480 |
| Ertz biribileko txabeta paraleloa | DIN 6885 A |
| Azkoin autoblokantea | DIN 985 |
| Torloju hexagonala | DIN 933 |
| Segurtasun eraztuna | DIN 471 |
| Buru biribileko errematxea | DIN 660 A |
| Buru abeilanatuko errematxea | DIN 661 A/B |
| Zirrindola laua | DIN 988 |
| Konpresiozko malgukia | DIN 2098 |
| Arku elektrikozko soldadura | ISO 2560:2009 |

2.3.1.3 Segurtasunaren arauak

| | |
|--------------------------|-----------------------|
| Segurtasun orokortasunak | UNE-EN ISO 12100:2012 |
| Segurtasun distantziak | UNE-EN ISO 13857:2008 |
| Segurtasun seinaleak | UNE-EN 981:1997 |
| Ergonomia | EN 13861:2011 |

2.3.2 Bibliografia

2.3.2.1 Liburuak

- ÁGUEDA, E., MARTÍN, J. eta GÓMEZ, T. “Sistemas de transmisión y frenado”. Editorial Paraninfo. Madrid, 2011.
- BENNET, S. “Heavy duty truck systems”. Editorial Delmar. New York (USA), 2011.
- BUDYNAS, R. eta NISBETT, J. “Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley”. Editorial McGraw Hill. Madrid, 2008.
- CASCAJOSA, M. “Ingeniería de vehículos”. Editorial Tébar. Madrid, 2008.
- CASILLAS, A. L. “Máquinas. Cálculos de taller”. Editorial Limusa. Madrid, 1958.
- FAIRES, V. M. “Diseño de elementos de máquinas”. Editorial Montaner y Simón. Barcelona, 1998.
- FRATSCHNER, O. “Elementos de máquinas”. Editorial Gustavo Gili. Barcelona, 1969.
- LAFONT, P., DÍAZ, A. eta ECHAVARRI, J. “Diseño y cálculo de transmisiones por engranajes”. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, 2009.
- MUÑOZ, F. “Cálculo teórico-práctico de los elementos y grupos del vehículo industrial y automóvil”. Editorial Litoprint. Madrid, 1991.
- NIEMANN, G. “Tratado teórico práctico de elementos de máquinas. Cálculo, diseño y construcción”. Editorial Labor. Barcelona, 1973.
- NORTON, R. L. “Diseño de máquinas”. Editorial Pearson. Madrid, 2011.
- SANTOS, J.A. eta PEREZ, A. “Ingeniaritza proiektuak”. Bilboko IITUE. Bilbo, 2008.
- SANZ, A. “Tecnología automoción 5”. Editorial Edebé. Barcelona, 1981.
- SPOTTS, M. F. “Proyecto de elementos de máquinas”. Editorial Reverté. Barcelona, 2003.

- WONG, J. Y. "Theory of ground vehicles". Editorial John Wiley & Sons. New York (USA), 2001.

2.3.2.2 Katalogoak

- SKF Group, S.a. Catálogo general de rodamientos.
- ProTec Friction Group, Inc. Clutch facing catalog.
- Meritor, Inc. Driveline components catalog eta T-2111 Series transfer case.
- Spicer Driveshaft Manufacturing, Inc. Off-highway driveshaft standard product catalog.
- Otia S.a.c.i.f.i. Catálogo de productos.
- Opac, S.I. Catálogo de chavetas de aceros inoxidable y acero al carbono.

2.3.2.3 Web orrialdeak

- <http://www.mercedes-benz.com/arocs-trucks>
- <http://www.eaton.com/EN/EatonCom/TruckEurope/>
- <http://www.aficionadosalamecanica.com>
- <http://www.mecanicayautomocion.blogspot.com.es>
- <http://www.4x4uide.blogspot.com.es>
- <http://www.mecanicavirtual.com.ar>
- <http://www.maquinariaspesadas.org>
- <http://www.topspecialsteel.com>
- <http://steelnumber.com/>

2.3.3 Kalkulu-programak

- Autodesk Inventor Professional 2012.
- Autodesk AutoCAD 2012.
- Microsoft Office Word 2007.
- Microsoft Office Excel 2007.
- Microsoft Office PowerPoint 2007.
- Cespla 7.3.
- GIMP 2.8.

2.4 DEFINIZIO ETA LABURDURAK

2.4.1 Laburdurak

| | |
|-------|---|
| A | Azalera |
| a | Bizitzaren ekuazioaren berretzailea, aparentea |
| AU | Aurreranzko martxa |
| ASME | American Society of Mechanical Engineers (Amerikako Ingeniari Mekanikoen Elkarte) |
| AM | Atzeranzko martxa |
| ak | Abiadura kaxa |
| b | Zabalera |
| BEZ | Balio Erantsiaren gaineko Zerga |
| C | Karga gaitasun dinamikoa edo nominala |
| C_D | Koefizientea aerodinamikoa |
| C_d | Higadurako hobekuntza koefizientea |
| C_e | Erabilera koefizientea |
| C_m | Momentu makurtzailearen koefizientea |
| C_r | Erresistentziako hobekuntza koefizientea |
| C_t | Momentu tortsorearen koefizientea |
| CE | Conformité Européenne (Europako Adostasuna) |
| CS | Segurtasun koefizientea |
| d | Diametroa, jatorrizko diametroa edo primitiboa |
| d_B | Erreferentziazko diametroa |
| d_b | Barne diametroa |
| d_k | Kanpo diametroa |

| | |
|----------------|---|
| dif | Diferentziala |
| DIN | Deutsches Institut für Normung (Alemaniako Normalizazio Institutua) |
| en | Enbragea |
| err | Erreduktorea |
| F | Indarra edo karga |
| F _a | Indar edo karga axiala |
| F _n | Enbragearen akzionamendu indarra |
| F _r | Indar edo karga erradiala |
| F _t | Indar edo karga tangenziala |
| G | Kontaktu sortzailea |
| g | Grabitatearen azelerazioa |
| g _α | Kondukzio arku |
| h | Altuera |
| h _b | Dedenduma edo hortzaren erroaren altuera |
| h _k | Addenduma edo hortzaren buruaren altuera |
| HB | Hardness Brinell (Brinell Gogortasuna) |
| I | Inertzia momentua |
| i | Transmisio erlazioa edo erredukzioa |
| ISO | International Organization for Standardization (Nazioarteko Normalizazio Elkarte) |
| J | Momentu estatikoa |
| k | Errodadurako presio karakteristikoa |
| k _a | Angelutasun koefizientea |
| k _l | Bizitza koefizientea |
| k _p | Potentzia koefizientea |

| | |
|-----------|---|
| L | Landapena, iraupena edo biritza milioi biratan |
| L_{10} | Iraupen edo biritza nominala milioi biratan |
| L_h | Iraupena edo biritza ordutan |
| l | Luzera |
| M | Momentu makurtzailea edo flektorea |
| m | Modulua, motorra, batez bestekoa |
| N | Ildaska kopurua |
| n | Biraketa abiadura edo abiadura angeluarra |
| P | Ibilgailuaren potentzia, karga dinamiko baliokidea |
| p | Presioa, pausua, perimetroa |
| q | Hozdun gurpilen forma faktorea |
| R | Euskarrietako erreakzioa, fidakortasuna |
| R_g | Ibilgailuaren gurpilen erradioa |
| r | Erradioa, erreala |
| SAE | Society of Automotive Engineers (Automobilgintzako Ingeniarien Elkarte) |
| s_{ba} | Arku edo jauzi basikoa |
| T | Momentu tortsorea edo bihurtzailea edo pare |
| T_{roz} | Marruskadura momentu tortsorea edo pare |
| ta | Transmisio ardatza |
| tk | Transferentzia kaxa |
| UNE | Una Norma Española (Espainiako Norma) |
| v | Ibilgailuaren abiadura lineala |
| W | Ibilgailuaren pisua |
| x,y,z | Ardatz kartesiarrak |

| | |
|----------------------|---|
| z | Hortz kopurua |
| 4WD | Four Wheel Drive (Lau Gurpiletarako Trakzioa) |
| α | Hortzen kontaktuko presio edo engrane angelua |
| α_n | Azelerazio / dezelerazio angeluarra |
| β | Hortzen inklinazio edo helize angelua |
| γ | Aldaparen inklinazioa |
| ε_α | Kontaktu edo engrane koefizientea |
| η_m | Transmisio sistemaren errendimendu mekanikoa |
| θ | Jatorrizko angelua |
| ϕ | Barailaren hortzek okupatutako angelua |
| ϑ | Akoplamenduaren angelua |
| μ_{rd} | Errodadura koefizientea |
| ρ_s | Gainazaleko presioa |
| σ | Tentsio normala |
| σ_b | Tentsio makurtzailea edo flektorea |
| σ_{yp} | Isurpen limiteko tentsio normala |
| ψ | Gidatze faktorea |
| τ | Tentsio ebakitzaila |
| τ_{yp} | Isurpen limiteko tentsio ebakitzaila |

2.4.2 Definizioak

-Indarra:

Gorputz batek beste baten gain eragin eta bere higidura aldaketa sortzen dueneko akzioa.

-Potentzia:

Gorputz batek denbora unitatean egiten edo transmititzen duen lan edo energia kantitatea.

-Momentu tortsorea edo pare:

Ardatzarekiko indar tangenzial batek eragiten duen biraketa edo indar momentua, motorrak edo bestelako elementu batek garatzen eta transmititzen duena.

-Abiadura:

Gorputz batek burutzen duen distantziaren edo bira kopuruaren eta hori burutzeko behar duen denboraren arteko erlazioa, gorputzak denbora unitateko duen aurrerapena edo biraketa.

-Azelerazioa:

Gorputz batek denbora unitatean pairatzen duen abiadura aldaketa, aldaketa hori edozein norabidetan gertatu daitekeela.

-Transmisio erlazioa edo erredukzioa:

Engranatuta dauden bi horzdun gurpilen (gidariaren eta gidatuaren) hortz kopuruaren arteko erlazioa, parearen aldakuntzaren zuzenki proportzionala eta biraketa abiaduraren aldakuntzaren alderantzizkoa dena.

-Pisua:

Lurrak gorputz baten gain duen erakarpen indarra, bere eremu grabitatorioan egoteagatik eragina.

-Marruskadura edo frikzioa:

Kontaktuan dauden bi gorputzen gainazalen arteko labainketari edo errodadurari kontra egiten dion indarra.

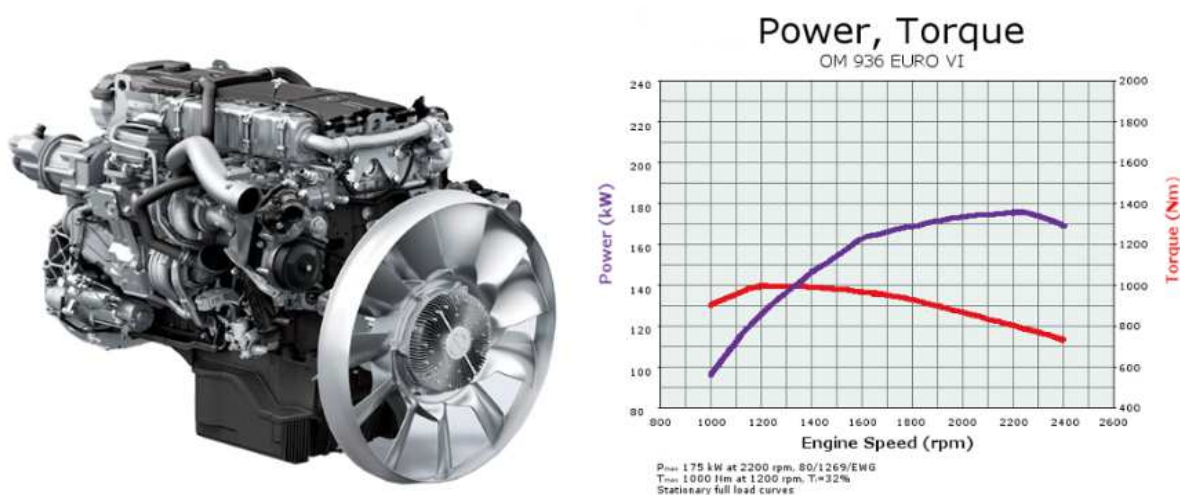
-Errendimendua:

Energia mota baten bihurtze edo transmisio prozesuan lortzen den potentzia erabilgarriaren eta hasierako potentziaren arteko erlazioa, ehunekotan adierazia.

2.5 DISEINURAKO BALDINTZAK

Proiektu honen transmisio sistema diseinatzerakoan kontuan hartu beharreko baldintzak Mercedes Arocs 1824 AK 4x4 modeloko kamioiaren ezaugarriek eta bezeroaren eskakizunek determinatzen dituzte.

Ibilgailuak OM 936 motako motorra du, zeinen potentzia nominala 238 CV (175 kW) den 2200 rpm-tara eta pare maximoa 1000 N·m den 1200 rpm-tara. Bere irteerako abiadura maximoa 2400 rpm-koa da. Motorraren kokapena longitudinala da eta aurretik (haizagailutik) ikusita, biraketak erlojuaren orratzen noranzkoa du.



2.3 irudia: OM 936 motorra eta bere kurba karakteristikoa

Transmisio sistema mekanikoa eta manuala da, eta guztira aurreranzko 12 martxa eta atzeranzko 2 martxa ditu. Atzeko trakzio iraunkorra du eta gidatze beharren arabera aurreko ardatza ere akoplatu daiteke, trakzio totala eskuratzen dela.

Kamioiaren espezifikazio teknikoek abiadura kaxako martxa bakoitzaren eta transmisio sistemako beste osagaien erredukzioak finkatzen dituzte eta horien guztien balioak 2.1 taulan biltzen dira.

| | | | | | | |
|------------------|-------|------|------|------|------|------|
| Martxak 1-6 | 10,05 | 7,80 | 6,00 | 4,69 | 3,75 | 2,93 |
| Martxak 7-12 | 2,68 | 2,08 | 1,60 | 1,25 | 1,00 | 0,78 |
| Atzerako martxak | 9,08 | | | 2,42 | | |
| Diferentziala | 4,50 | | | | | |

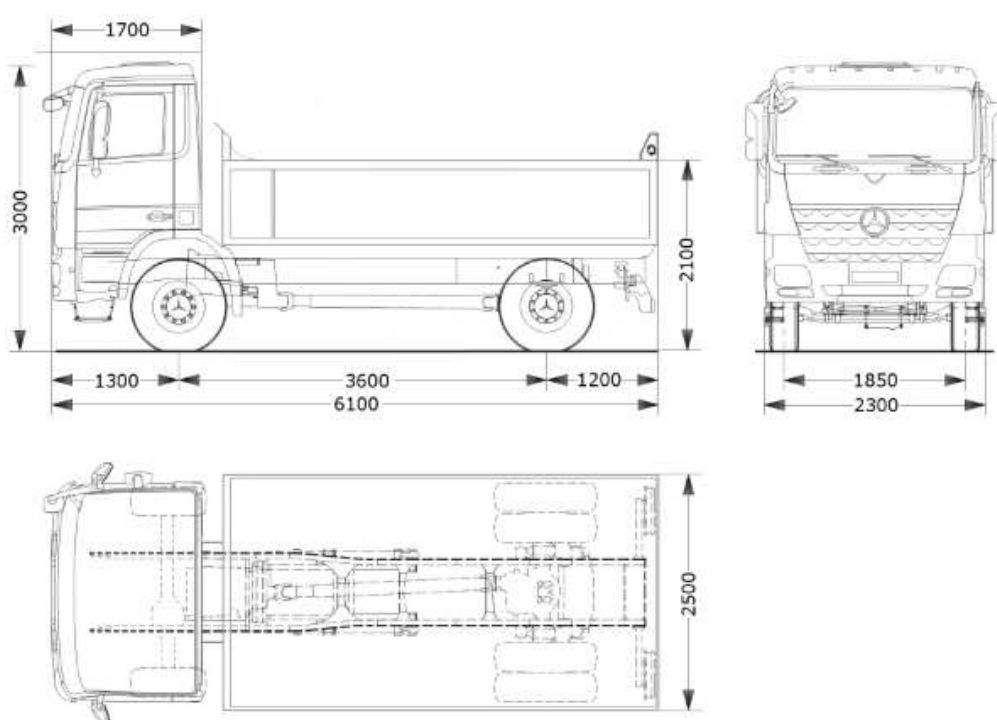
2.1 taula: Ibilgailuaren transmisio erlazioak

Ibilgailuak errepidetik zein eremu malkartsuetatik aise higitzeko gaitasuna izan behar du eta zehazpen teknikoaren arabera, 110 km/h-ko abiadura maximoa edota

%24-ko igotze ahalmen maximoa du karga egoeran. Bere ardatzen arteko distantzia 3600 mm-koa da eta 315/80 R22,5 tamainako gurpilak ditu.

Kamioiaren baimendutako masa maximoa 18.000 kg-koa (18 t) da eta aurreko eta aurreko eta atzeko ardatzetan pisuak duen distribuzioa %37,5 eta %62,5-ekoa da hurrenez hurren.

Azkenik, ibilgailuaren aurreko eta atzeko ardatzen arteko distantzia 3600 mm-koa da eta kontuan hartu beharreko dimentsio nagusiak jarraian zehazten dira.



2.4 irudia: Ibilgailuaren dimentsio nagusiak

Datu eta dimentsio hauek guztiak oinarritzat hartuz, beharrezko kalkuluak egin eta transmisio sistema osoaren diseinua gauzatu da.

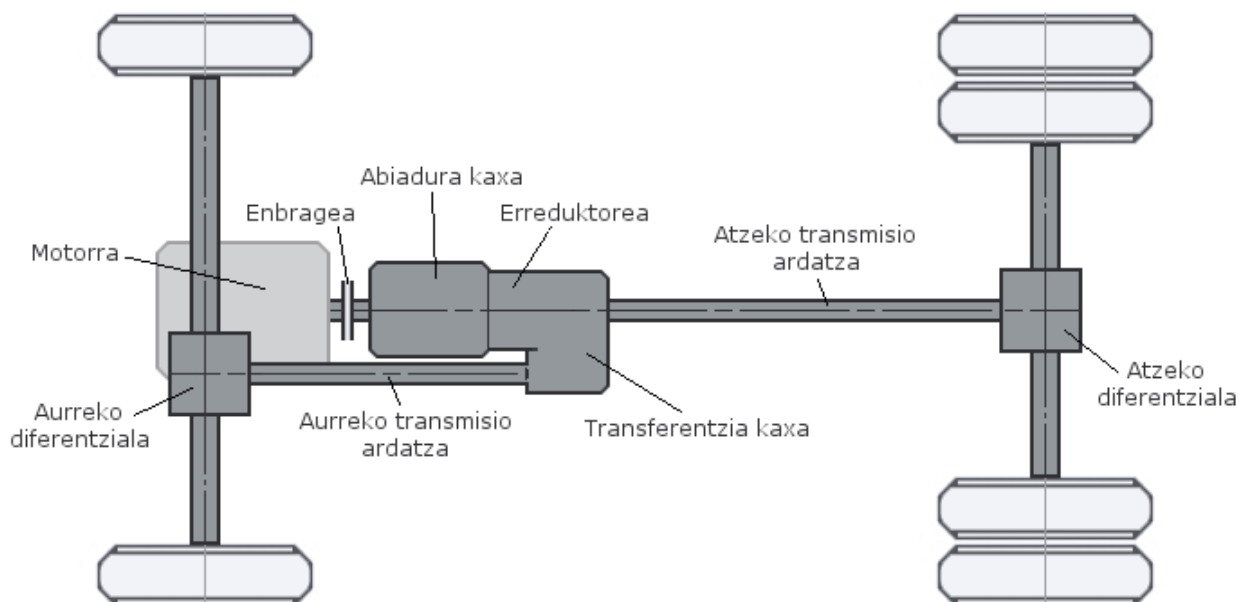
2.6 EBATZIEN AZTERLANAK

Ibilgailu industrialak edo kamioiak karga eta salgai astunak garraia ditzakeen motordun ibilgailua da. Aztergai den kamioi modelo eraikuntza eta obra lanetan aritzera bideratuta dago, bere osagaiak sendotasun eta erresistentzia handikoak izan behar direla.

Transmisio sistema ibilgailuen atal garrantzitsuenetakoa da, izan ere, motorraren biraketa transformatu eta gurpil eragileetara transmititzen du. Azken batean, transmisioak birabarkiaren errotazioaren momentu tortsoa (parea) eta abiadura aldatu eta gidatze beharretara egokitzen du. Modu horretan, motorreko potentzia aprobetxatu eta gurpiletara bidalitako biraketaren bidez ibilgailua lur gainean desplazatzea lortzen da.

Ibilgailu eta transmisio sistema honek, bere funtzionamendu baldintza exigenteak direla medio, bestelakoek baino sendotasun eta tamaina handiagoa du eta bere egiturak orokorrean eta atal jakinetan berezitasun nabarmenak ditu. Hain zuzen ere, transmisioan hainbat atal nagusi azpimarratzen dira eta horien definizio eta diseinua jorratu da.

Hori horrela izanik, bezeroaren eskakizun eta beharrentzako transmisio sistema proposena aukeratzeko, bere parte desberdinen ezaugarri eta alternatibak aztertu eta hobekien egokitzen dena hautatu da.



2.5 irudia: Ibilgailuaren transmisio sistemaren atal nagusiak

2.6.1 Enbragea

Enbragea motorrak garatutako biraketa abiadura kaxara transmititzen edo eteten duen mekanismoa da. Hau motorraren eta abiadura kaxaren artean kokatzen da eta gidatze beharren arabera motorra eta transmisio sistema konektatzea eta deskonektatzea ahalbidetzen du, martxan jartzea eta martxak aldaketak burutzeko nahitaezkoa dena.

Gauzak horrela, enbragea motorretik ateratako pare maximoa jasateko gai izan behar da eta biraketa mugimenduaren transmisioa era leun eta progresiboan ematen da, gidatzea trabatu dezaketen talka eta tiratzerik gabe. Aldi berean, enbrageak motorraren bibrazio eta talkak xurgatu behar ditu hauek gidatzea eta transmissioko osagaiak kaltetu ez dezaten.

Enbrage motaren arabera biraketa modu desberdinetan transmititu daiteke, baina transmisio manualetan gidariak pedal bidez kontrolatzen du. Ohiko posizioan, zanpatu gabe, enbragea enbragatuta dago eta biraketa transmititzen da. Zapaltzean, berriz, enbragea desenbragatzen da eta konexioa mozten da.

Motorreko biraketa mugimendua transmititzeko moduaren arabera enbrageak mota desberdinekoak izan daitezke.

2.6.1.1 Frikzio enbragea

Frikzio enbrageetan frikzio disko bat edo gehiago presio mekanismo batekin inertzia bolantera akoplatu eta biraketa marruskadura bidez transmititzen da. Enbrage hauetan enbrage diskoa eta presio platera nabarmentzen dira, motorraren para abiadura kaxara transmititzen eta enbrage diskoa inertzia bolantera zanpatzen dutenak hurrenez hurren.

Diskoa errematxe bitartez finkatuta dauden frikzio forru batzuek osatuta dago eta errematxeen buruak enbutituta doaz bolanteko eta platereko ukipen gainazalak urratu ez ditzan. Orokorrean, frikzio forruak material ez metaliko batekoak (organikoak, kevlar, karbozeramikoak...) izaten dira eta karga gaitasun eta higadurarekiko erresistentzia handia izan behar dute.

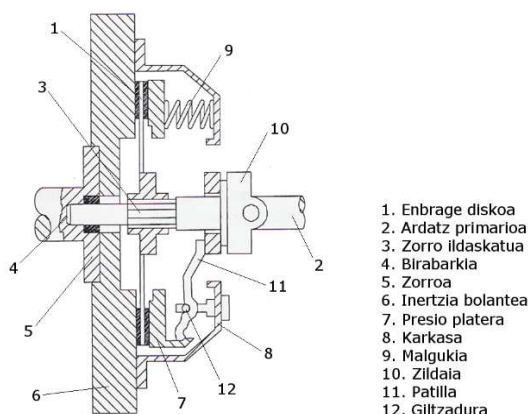
Automobilgintzan disko bakarreko enbrageak izaten dira erabiliak, beste motakoak baino eraginkorragoak, sinpleagoak eta mantentze kostu baxuagoak baitira.

Enbragearen mazak (presio platera, karkasa eta lotura gailuak) diskoarekin akoplatzeko presioa gauzatzen duten elementu edo dispositiboaren arabera, frikzio enbrageak multzo desberdinetan sailkatzen dira.

2.6.1.1.1 Malguki helikoidaleko enbragea

Malgukizko enbrageetan malguki baten edo mazaren inguruan uniformeki banatutako malguki multzo baten bitartez indarra egiten da. Hauek platera bultzatu eta frikzio forruen koro zirkularrean presio konstantea eragiten dute, higadura eta transmisio uniformeak eskuratuz.

Praktikan presioa ez da guztiz uniformea eta malgukiek eraginkortasuna galtzen dute, izan ere, efektu zentrifugoak, plateraren tenperatura altuak eta enbrage multzoaren esfortzu axial handiak jasan behar dituzte.



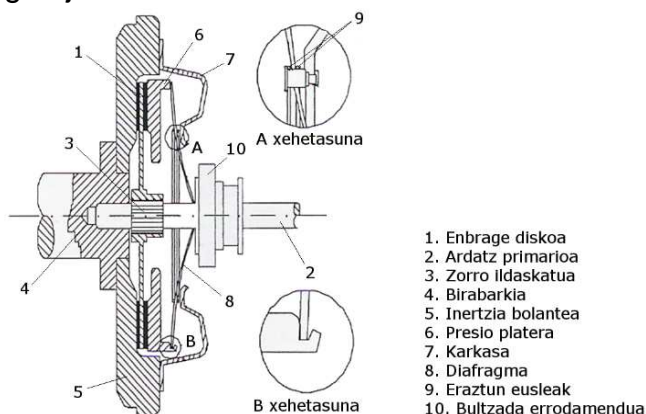
- 1. Enbrage diskoa
- 2. Ardatz primarioa
- 3. Zorro ildaskatua
- 4. Birabarkia
- 5. Zorroa
- 6. Inertzia bolantea
- 7. Presio platera
- 8. Karkasa
- 9. Malgukia
- 10. Zildaia
- 11. Patilla
- 12. Giltzadura

2.6 irudia: Malguki helikoidaleko enbragea

2.6.1.1.2 Diafragmako enbragea

Diafragmako enbrageetan indarra altzairu bereziko diafragma elastiko baten bidez burutzen da. Diafragma hau presio plateraren inguruan ahokutzen da eta kono forma eta zentrotik hasten diren ebaketa erradialak ditu, beren muturrak karkasara eusteko baliatzen direla.

Enbrage honek tamaina txikiagoa eta orekatze hobea du, horrela presio eta higadura uniformea lortzen da eta barne marruskadurak, zaratak eta esfortzuak murrizten dira. Hau guztia kontsideratuz, ibilgailu honen transmisio sisteman diafragmazko enbragea jartzea erabaki da.



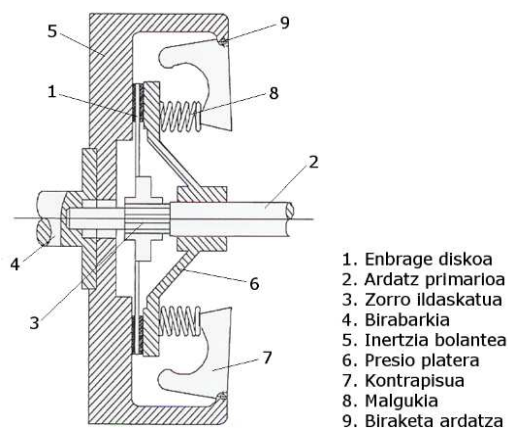
- 1. Enbrage diskoa
- 2. Ardatz primarioa
- 3. Zorro ildaskatua
- 4. Birabarkia
- 5. Inertzia bolantea
- 6. Presio platera
- 7. Karkasa
- 8. Diafragma
- 9. Eratzun eusleak
- 10. Bultzada errodamendua

2.7 irudia: Diafragmako enbragea

2.6.1.1.3 Frikzio enbrage automatikoa

Enbrage automatikoetan enbragatze eta desenbragatze prozesua era automatikoan gertatzen da. Akzionamendu indarra kontrapisuen bitartez lortzen da eta hauek motorreko biraketaren indar zentrifugoaren arabera funtzionatzen dute, motorraren biraketa handitzean indar zentrifugoak kontrapisuak kanpoalderantz desplazatu eta presio platera diskoarekin akoplatzen da.

Enbrage honen funtzionamendua soilik motorraren erregimenaren menpe dago eta gidariak ez dio pedalari eragiten.

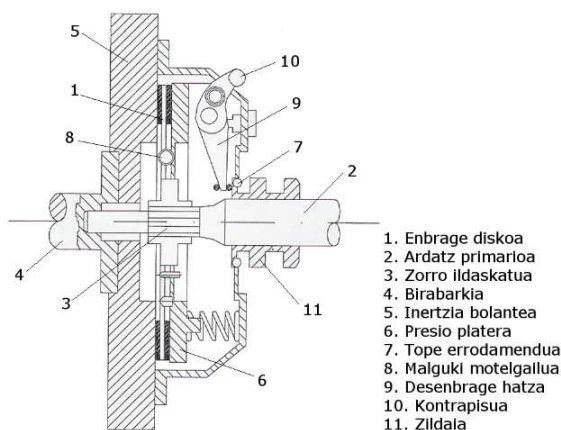


2.8 irudia: Frikzio enbrage automatikoa

2.6.1.1.4 Frikzio enbrage semiautomatikoa

Enbrage automatikoetan aurrerapen sistema zentrifugoa eta presioa malgukien edota diafragmaren bidez gauzatzen da. Honek zildaia du pedal bidezko akzionamendua ere ahalbidetzeko eta gidariak bere kabuz enbragearen funtzionamendua kontrolatzeko.

Enbrage honetan kontrapisuek malgukiaren edo diafragmaren enbragatzeko akoplamendua laguntzen dute, baina desenbragatzean zildaiaren gain indar handiagoa egin behar da.

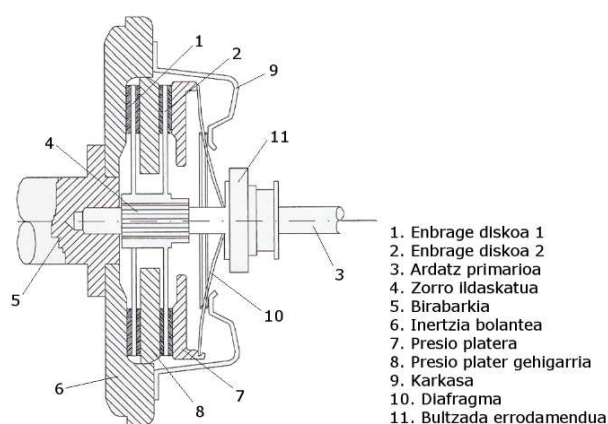


2.9 irudia: Frikzio enbrage semiautomatikoa

2.6.1.1.5 Disko anitzeko enbragea

Disko anitzeko enbrageetan motorraren biraketaren transmisioa bi enbrage disko edo gehiagoren artean gauzatzen da. Hau inertzia bolantearen ezaugarri edo tamainagatik disko bakarra ipini ezin daitekeenean baliatzen da, hainbat disko elkarren jarraian jarriz, kontaktu gainazalak eta enbragearen ahalmena biderkatzen delarik.

Enbrage normalen funtzionamendu bera dute eta akzionamendu indarra malguki edo diafragma bidez burutu daiteke, baina zildaiaren edo bultzada errodamenduaren ibiltartea eta beharrezko indarra handiagoa da.



2.10 irudia: Disko anitzeko enbragea

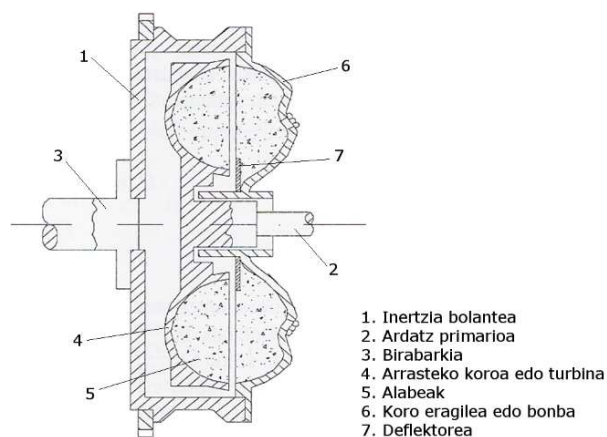
2.6.1.2 Enbrage hidraulikoa

Enbrage hidraulikoetan era automatikoan masa likido batek motorraren eta abiadura kaxaren artean biraketa transmititzen du. Enbrage hauetan bi elementuen arteko konexioa ez da zurruna eta motorraren abiadura handitzean bonba zentrifugotik turbinarako energia transmisioa ematen da, normalean olio mineralaren bidez gauzatzen dela.

Enbrageak alabeez osatutako bi koro birakor ditu; bata, koro eragilea (bonba zentrifugoa), motorraren birabarkiarri torloju bidez lotuta dago, eta bestea, arrasteko koroa (turbina), abiadura kaxaren ardatz primarioa konektatuta dago. Hauek likidoz beteta daude eta karkasa iragazgaitz baten barnean kokatzen dira, bien arteko marruskadurarik gertatu gabe. Gauzak horrela, motorra eta honi loturiko koro eragilea biratzerakoan, likido zurrunbiloa sortu eta horren energia zinetikoak arrasteko koroaren alabeak jotzen ditu, biraketaren transmisioa gertatuz.

Motorraren biraketa abiadura txikian, erralention, likidoaren energia zinetikoa ez da biraketa transmititzeko behar adinakoa, baina abiadura handitu ahala zurrunbiloa indartsuagoa da eta pare handiak transmititu ditzake.

Enbrage mota hau soilik abiadura kaxa automatiko edo semiautomatikotan erabili daiteke, zeren eta arrasteko koroa erralention ere bultzada indarraren eraginpean dago eta horrek abiadura kaxa manualetako (engranaje paralelokoak) martxa aldaketak egitea eragozten du.



2.11 irudia: Enbrage hidraulikoa

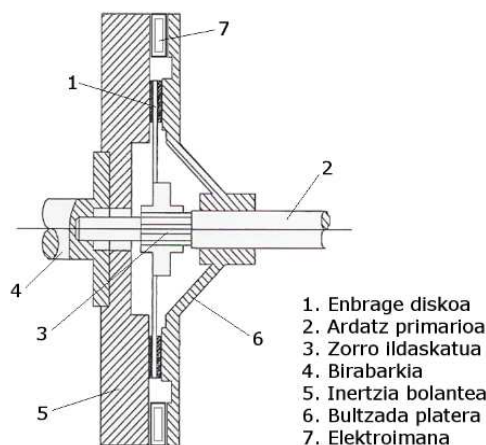
2.6.1.3 Enbrage elektromagnetikoa

Enbrage elektromagnetikoetan biraketaren transmisioa inertzia bolantean kokatutako masa polarraren akzio elektromagnetikoaren bidez burutzen da. Honek presio platera ordezkatzeko duen korrante elektrikodun barne harila du eta enbrage diskoaren inguruan eremu magnetiko bat sortzen da. Eremu magnetiko horren akzioa indartzeko, espazio librea altzairuz (kromoa eta aluminio duena) osatutako hauts magnetikoz betetzen da.

Enbrage hauen funtzionamendua zirkuitu elektromagnetiko baten bidez kontrolatzen da, zeinetan motorraren abiadura handitzean harilera korrante guztia igaro eta eremu magnetikoak inertzia bolantea eta harilaren armadura solidario bihurtzen dituen. Era berean, martxa aldaketetarako gidariak pedala zapaltzen duenean, harilera iristen den korrantea eteten da, bere akzio magnetikoa ezereztuz eta biraketaren transmisioa moztuz.

Akoplatzeko zein desakoplatzeko prozesua era nahiko progresiboan jazotzen da, izan ere, korrantea harilera heltzen denean hauts magnetikoa diskoan aglomeratuz doa eta pixkanaka bolantea eta armadura bateratzen dira.

Mekanismo honen konplexutasuna dela eta, bere kostua altua da eta oso ibilgailu gutxitan erabiltzen da, praktikan bereziki aplikazio militarretara edo funtzio industrial oso konkretuetara zuzenduta dagoela.



2.12 irudia: Enbrage elektromagnetikoa

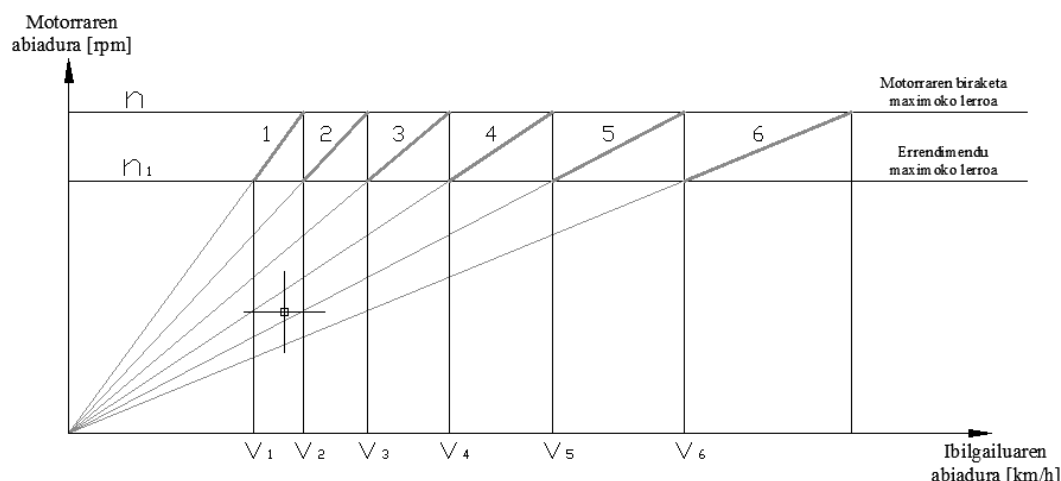
2.6.2 Abiadura kaxa

Abiadura kaxa edo kutxa aldagailua motorretik jasotako biraketaren abiadura eta pare (momentu tortsoarea) transformatzen edota biraketaren noranzkoa aldatzen duen elementua da. Hau enbragearen ostean kokatzen da eta unean uneko gidatze exijentzien arabera motorraren biraketa transformatzen du, ibilgailuaren gurpiletara biraketa eta potentzia egokia ailegatzen delarik.

Ibilgailuen barne errekuntza motorrak soilik pare eta potentzia maximoko erregimenen artean egonkorak eta erregularrak dira eta abiadura txikiagoetan funtzionamendua ezegonkorra da eta ibilgailua ez litzateke behar bezala higituko. Horregatik, abiadura kaxak funtzionamendu erregimen egonkorreko biraketa jaso eta kasu edo behar desberdinetara egokitzen du.

Biraketaren aldakuntza martxa desberdinen bitartez burutzen da eta hauetako bakoitza engranaje batez edo gehiagoz osatzen da, transmisio erlazio (erredukzio) jakin bat dutela. Transmisio erlazio handiagoan biraketa abiadura handiagoa eta pare txikiagoa garatzen da eta alderantziz. Hori horrela izanik, martxa baxuenak (laburrena) erredukzio handiagoa eta altuenak (luzeena) erredukzio txikiagoa izango du.

Ibilgailuen martxa kopurua eta erredukzioak motorraren ezaugarrien (bereziki pare maximoa) eta gainditu beharreko gidatze eskakizunen arabera determinatzen dira. Dena dela, martxa batetik besterako erredukzio eta abiadura aldaketa mailakatua izan behar da ibilgailuaren higidura progresiboa eta zakartasunik gabekoa izan dadin. Posiblea den heinean transmisio erlazioen mailakatze logikoa lortu behar da, baina errealitatean engranajeen hortz kopuruak eta konbinaketak mugatuak dira eta progresio hori ez da perfektua izaten.



2.13 irudia: Abiadura kaxako martxen diagrama

Ibilgailuetan erabilienak diren abiadura kaxak engranajeen dispozizioaren eta funtzionamenduaren arabera sailkatzen dira.

2.6.2.1 Engranaje paraleloko abiadura kaxa

Engranaje paraleloko abiadura kaxetan motorraren biraketaren aldaketa bi ardatz edo gehiagotan kokatzen diren engranaje paraleloen konbinazioen bidez gertatzen da. Biraketa mugimenduaren transmisioa engrageari konektatuta dagoen ardatz primariotik (gidaria) ardatz sekundariora (gidatua) ematen da, tartean bitarteko ardatza egoten dela.

Martxa bakoitzaren engranajeetako gurpil bakoitza elkarren paraleloak diren bi ardatz edo gehiagotan kokatzen dira. Horzdun gurpil hauek altzairu karbonoak izaten dira eta tenplaketa eta zementazio tratamenduak izaten dituzte gogortasun eta higadurarako erresistentzia handiagoa lortzeko.

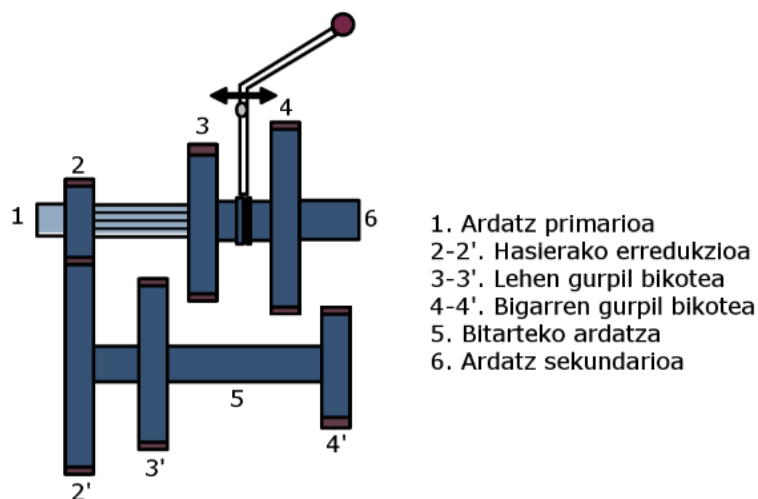
Ibilgailu gehienek abiadura kaxak engranaje paralelokoak izaten dira, zeren eta beren funtzionamendu modu sinplearekin eraginkortasun eta abantaila nabariak eskaintzen dituzte eta guztien artean sinkronizatuak izaten dira erabilienak.

Gurpilen arteko akoplamenduaren eta martxa aldakuntzen mekanismoaren arabera engranaje paraleloko abiadura kaxa desberdinak daude.

2.6.2.1.1 Engranaje desplazagarriko abiadura kaxa

Engranaje desplazagarriko abiadura kaxetan akzionatutako martxari dagokion gurpila desplazatu eta bere bikotearekin engranatzean biraketaren eraldaketa suertatzen da. Gurpilak hortz zuzenekoak izan behar dira beren arteko akoplamendua gauzatu ahal izateko eta guztiak beren ardatzen solidarioak dira.

Gurpilak engranatzan dutenean talkak eta bibrazioak sortzen dira beren abiadura diferentziatik eta hortzek esfortzu handiak pairatzen dituzte higadura handiagotuz.

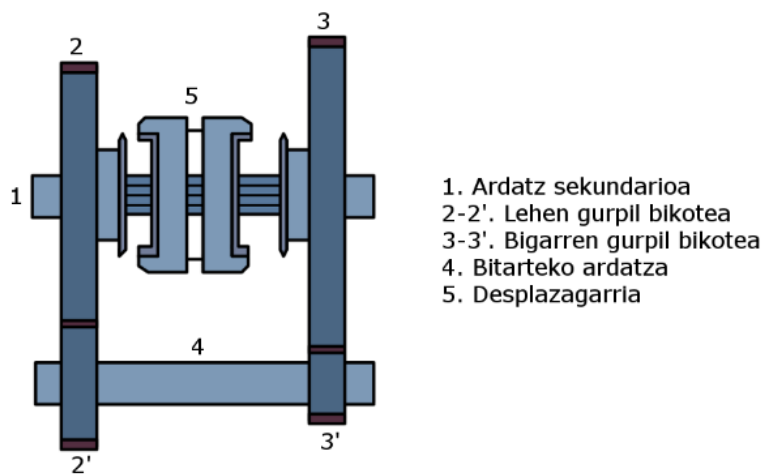


2.14 irudia: Martxa aldaketa desplazagarria

2.6.2.1.2 Hartze konstanteko abiadura kaxa

Hartze konstanteko abiadura kaxetan gurpilak uneoro engranatura daude eta akzionatutako martxaren gurpil askea (libreki biratzen du) finkatzean biraketaren aldaketa gertatzen da. Ardatzari ildaskatu bidez lotutako desplazagarriek gurpil askeak ardatzarekin batera birarazten dituzte, eta horretarako desplazagarrien eta gurpilen alboetako arrasteko hortzak elkarrekin engranatzan dira. Era berean, gurpilak hortz zuzenekoak edota helikoidalekoak izan daitezke, normalean hortz helikoidalekoak baliatzen direla.

Gurpilak etengabe konektatuta egoteak eta gurpilen hortzak helikoidalak izateak transmisio progresiboagoa eta leunagoa lortzea ahalbidetzen du, higadura eta zarata nabarmenki murrizten direla.

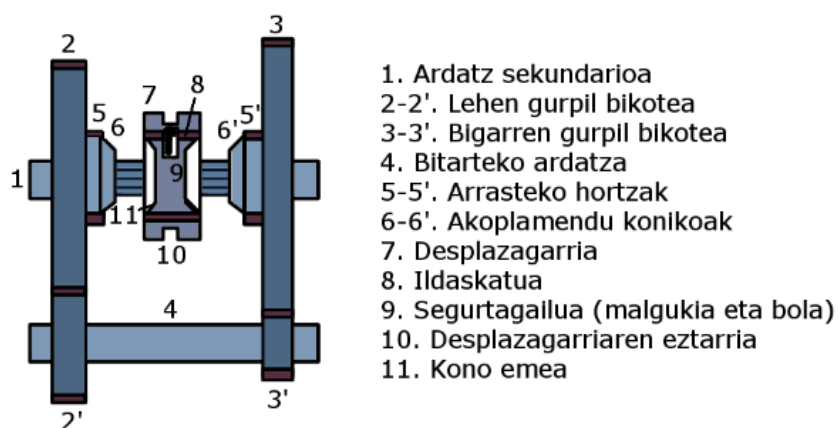


2.15 irudia: Hartze konstanteko martxa aldaketa

2.6.2.1.3 Abiadura kaxa sinkronizatua

Abiadura kaxa sinkronizatuetan akzionatutako martxaren gurpil askea sinkronizatzailen bidez ardatzarekiko solidariora bihurtu eta biraketaren aldakuntza jazotzen da. Sinkronizatzailerek ardatzekiko ildaskatuaz eta engrane hortzez gain, akoplamendu konikoak dituzte. Akoplamendu koniko hauek, kono motako enbrageak bailiran, marruskadura bidez sinkronizatzaileren eta gurpilaren biraketa abiadurak berdintzen dituzte sinkronizazioa errazteko.

Sinkronizatzailerek arrasteko hortzen mihiztadura hobetzen dute eta aldi berean gurpilak hartze konstantekoak eta hortz helikoidalekoak direla kontsideratuz, transmisio askoz leunagoa eta progresiboagoa lortzen da. Hori guztia dela eta, ibilgailuaren transmisio sisteman hoberena hortz helikoidaleko abiadura kaxa sinkronizatua ezartzea dela erabaki da.



2.16 irudia: Martxa aldaketa sinkronizatua

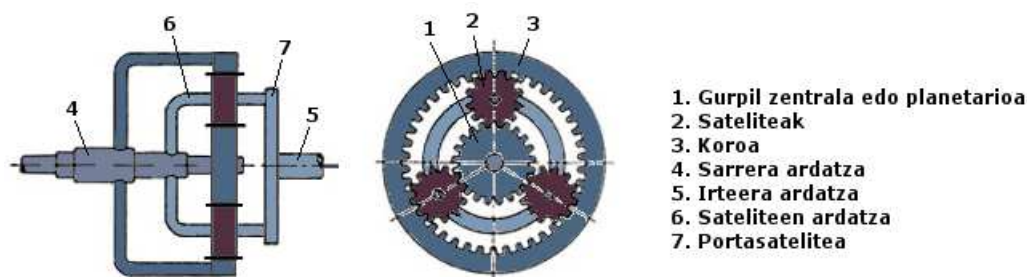
2.6.2.2 Engranaje epizikloidalako abiadura kaxa

Engranaje epizikloidal edo planetarioko abiadura kaxetan seriean zein paraleloan muntatuta dauden tren epizikloidalen bitartez biraketaren aldakuntza gauzatzen da. Engranaje planetarioek konfigurazio berezia dute eta lau parte nagusiz osatzen dira; erdiko pinoi edo gurpila den planetarioa, hauek engranatzan dituzten sateliteak (normalean 3 edo 4), multzoa inguratzen duen barneko horzdun koroa eta azkenik, sateliteak bateratzen dituen xafla formako portasatelitea.

Berez engranajeko planetarioa, sateliteak eta koroa libreki mugitu daitezke eta balaztak, enbrageak eta bestelako elementu mekanikoen funtzionamendu egokiaren bidez erredukzioen konbinaketa desberdinak eskuratzen dira. Transmisio erlazio horiek biraketaren sarrera eta irteera puntuen eta engranajeen blokeatutako elementuen araberakoa da.

Martxa planetarioen funtzionamenduan ez da engranajeen edota zorro desplazagarrien desplazamendurik gertatzen eta horrek automatismoentzako oso aproposak bilakatzen ditu, bereziki martxa automatikoetan erabiltzen direla.

Engranaje planetarioak beste engranaje motak baino konplexuagoak dira eta fabrikazio eta mantentze kostua altua badute ere, konpaktuak eta trinkotasun handikoak dira.



2.17 irudia: Engranaje epizikloidal edo planetario bidezko martxa aldaketa

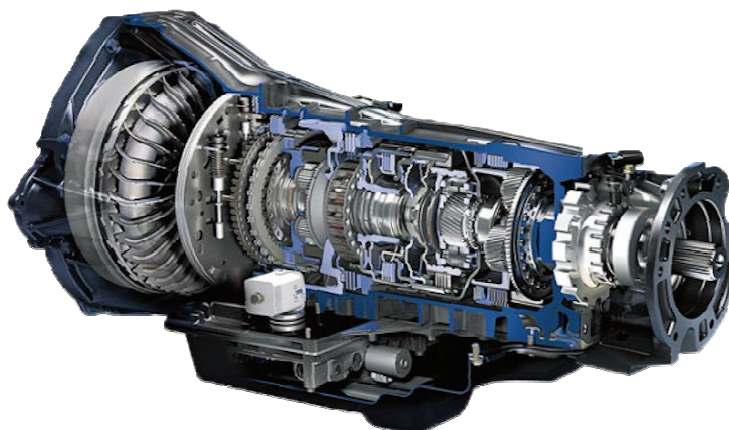
2.6.2.3 Abiadura kaxa automatikoa

Abiadura kaxa automatikoetan martxaren eta biraketaren aldakuntza era automatikoan gidatze beharren eta baldintzen arabera gertatzen da. Martxa batetik besterako aldaketa aginte automatikozko dispositibo multzo batek (gailu elektro-hidraulikoak) gauzatzen du, motorraren biraketa abiaduraren eta ibilgailuaren higidurako baldintzen arabera funtzionatzen duela.

Mota honetako abiadura kaxa gehienak seriean edota paraleloan kokatutako hainbat tren planetarioz osatzen dira eta hauen arteko konbinaketa desberdinek transmisio erlazio anitzak lortzea ahalbidetzen dute.

Gidariak ezin dezake martxa aldaketa kontrolatu eta gidariak azelerazioaren pedala zapalduz ezartzen duen abiaduraren eta gidatzearen eskakizunen menpe dago. Horrek gidatzea erosoagoa izatea eragin dezake, baina gidariak martxak nahieran kontrolatzea eragozten du.

Abiadura kaxa hauek automatikoki akzionatzen diren enbrageekin batera funtzionatzen dutela eta engranaje planetarioak konplexuak direla kontuan izanda, hauen fabrikazio eta mantentze kostua handia da. Gainera, martxa aldaketak automatikoak izateak egoera guztietan motorraren erregimena behar bezala ez aprobetxatzea eragiten du, errendimendu mekanikoa murriztuz eta erregai gehiago kontsumituz.



2.18 irudia: Abiadura kaxa automatikoa

2.6.3 Erreduktorea

Erreduktorea abiadura kaxaren barnean edo kanpoan kokatu eta erredukzio gehigarria ezarriz bere martxa kopurua biderkatzen duen mekanismoa da. Hau abiadura kaxaren aurretik zein atzetik egon daiteke eta bere erredukzio adinako abiadura sorta eskaintzen ditu, erredukzio bakoitzak abiadura kaxaren martxei transmisio erlazio ezberdin bat ezartzen baitie.

Erredukzioa abiadura kaxarekiko seriean doan engranaje etapa baten edo gehiagoren bitartez gertatzen da eta hauek sarrera ardatzarekiko ardazkidea edo paraleloa den irteera ardatza dute. Modu horretan, abiadura kaxan bertan martxa gehiago lortzeko engranaje asko jarri beharrean, abiadura kaxaren parte bailitzan, erreduktoreak etapa baten bidez martxa kopurua bikoiztu dezake.

Erreduktoreetan gurpilak uneoro engranatuta egonda, hertz zuzenekoak edo helikoidalak izan daitezke, baina normalean helikoidalak baliatzen dira transmisio hobe eta erresistenteagoa dutelako. Dena dela, erreduktoreko engranajeek martxa bakoitzari dagozkienak baino lan eta esfortzu handiagoak pairatzen dituzte eta beren gurpilak, abiadura kaxakoak bezala, altzairu karbonokoak dira eta gainazal tratamendu bereziak (zementazioa, nitrurazioa...) aplikatzen zaizkie beren gogortasuna eta erresistentzia areagotzeko.

Martxa kopurua biderkatuz motorraren biraketa aldatzeko eta gidatze beharrei egokitzeko gaitasuna handitzen da eta ibilgailua eremu eta egoera gehiagotan higitu daiteke, baldintza txar edo exigenteagoei aurre egin diezaiekeela. Horregatik, erreduktoreak eskakizun eta kondizio bereziak jasan behar dituzten ibilgailuen kasuan aplikatzen dira.

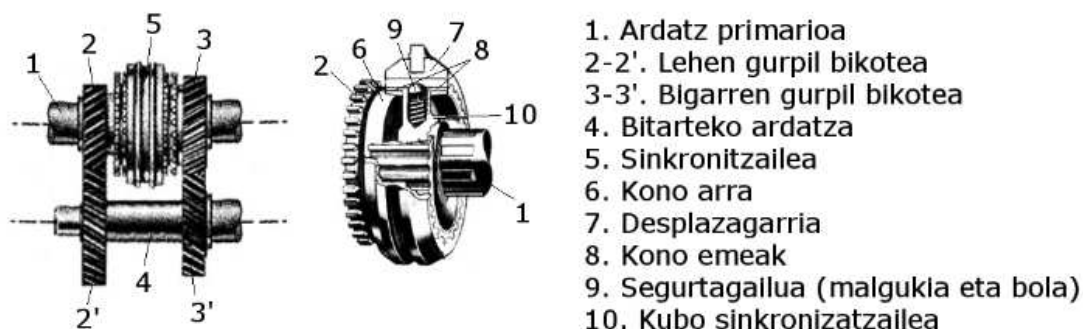
Engranajeen konfigurazio edo motaren arabera erreduktore mota desberdinak aurkitu daitezke.

2.6.3.1 Engranaje paraleloko erreduktorea

Engranaje paraleloko erreduktoreetan desplazagarri edo sinkronizatazailen bitartez abiadura sortaren engranaje zilindrikoa aukeratu eta horri dagokion erredukzioa ezartzen da. Honek martxa sinkronizatuaren antzera, sinkronizatazailaren laguntzaz ardatzekiko gupil askea finkatzen du eta bertatik biraketa igarotzea ahalbidetzen du.

Berez gainontzeko martxen engranajeen funtzionamendu berdina du eta abiadura sorta adina martxa dituen abiadura kaxa gehigarria dela kontsideratu daiteke, abiadura kaxako sarrerako nahiz irteerako biraketari eragin diona. Abiadura kaxaren ardatzetan edota hauekin konektatuta dauden beste ardatzetan muntatzen da erreduktorea kaxan integratuta edo ez egotearen arabera.

Erreduktore hau abiadura kaxan bertan muntatuta eta hortz helikoidaleko engranajekoa izan daitekeenez gero, espazio gutxi okupatu eta transmisio leun eta eraginkorra lortzen da. Hala eta guztiz ere, erreduktoreko gupilek besteek baino lan gehiagoren eta esfortzu handien eraginpean daude, beraz, funtzionamendu eta lan baldintza gogorak jasaten dituzten kasuetan gupilek eta ardatzek asko sufritzen dute eta handiagoak izan behar dira.



2.19 irudia: Engranaje paraleloko erreduktore sinkronizatua

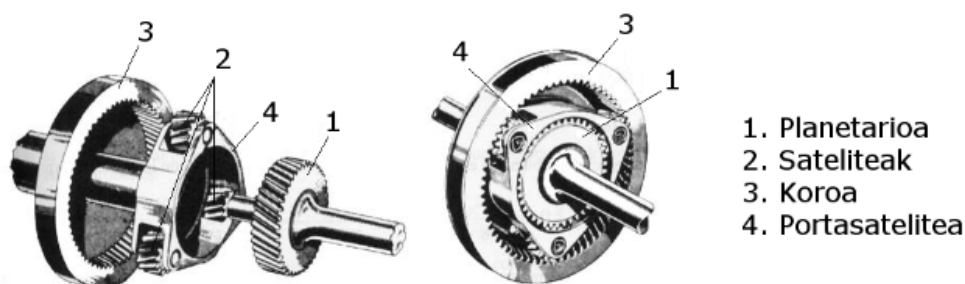
2.6.3.2 Engranaje epizikloidaleko erreduktorea

Engranaje epizikloidal edo planetarioko erreduktoreetan tren epizikloidalaren blokeoen bidez abiadura sorta eta horiei dagozkien erredukzioak eskuratzen dira. Engranaje planetarioak gupil planetarioaz, sateliteez, koroaz eta portasateliteaz osatuta daude eta elementu mekaniko desberdinen bitartez (balaztak, enbrageak, sinkronizatazailak...) planetarioko parte konkretuak blokeatzen dira nahi den erredukzioa lortuz.

Orokorrean abiadura sortak sinkronizatazailen bidez hautatzen dira eta engranaje planetarioa abiadura kaxarekiko seriean kokatzen da, ardatz sekundariotik

ateratako biraketa jasotzen duelarik. Abiaduraren kaxaren parte izan eta ardatz sekundarioan muntatuta egon daiteke, baina zenbaitetan espazioaren eta esfortzuen arazoak direla medio, aparteko kaxa osagarri bat bailitzan joan daiteke.

Erreduktore hauek bestelakoak baino konplexuagoak eta fabrikazio kostua handiagoa duten arren, iraunkortasun eta fidakortasun handikoak dira. Engranaje planetarioak konpaktuak eta karga gaitasun handikoak dira, baldintza exigenteak jasaten dituzten ibilgailu eta bestelako aplikazioetan oso erabiliak izaten direla. Hori guztia kontsideratuz, ibilgailuaren transmisio sistemaren abiadura kaxaren ostean engranaje epizikloidal edo planetarioko erreduktorea jarri da.



2.20 irudia: Erreduktore epizikloidal edo planetarioa

2.6.4 Transferentzia kaxa

Transferentzia kaxa abiadura kaxatik edota erreduktoretik ateratako biraketa atzeko eta/edo aurreko transmisio ardatzetara bidaltzen duen elementua da. Honek biraketa bi norabidetan banatzen du ibilgailuaren aurreko zein atzeko gurpilek eragileak izan daitezen, trakzio totala (iraunkorra) edota trakzio total partziala (akoplagarria) lortzen dela.

Abiadura kaxaren nahiz erreduktorearen segidan seriean kokatzen da eta modu zuzenean edo gidariaren aginduz biraketa nahieran erreduzitu eta banatzen du.

Kaxa hauen aniztasuna handia da eta kasuan kasuko ibilgailuaren funtzionamendu beharretara egokitzen diren transferentzia kaxak aurkitu daitezke. Gauzak horrela, biraketa ardatzetara banatzeaz batera, funtzio edo eginkizun desberdinak betetzen dituzten atal osagarriak izan ditzakete. Zenbait kasutan aukerako erredukzio bat izaten dute eta aldi berean erreduktorearen lana eginez, bi abiadura sorta eskaintzen dituzte.

Ibilgailua trakzio total iraunkorra edo partziala izatearen arabera transferentzia kaxak konfigurazio ezberdina du. Batetik, trakzio totaleko transferentzia kaxek diferentzial proportzionala (blokeagarria) izaten dute, aurreko eta atzeko ardatzen artean biraketa diferentziak onartu eta parearen banaketa asimetrikoa (askotan

aurrealdea %30 eta atzealdea %70) egin dezakeela. Bestetik, trakzio total partzialeko transferentzia kaxek aurreko ardatza akoplatu dezakeen enbragea izaten dute.

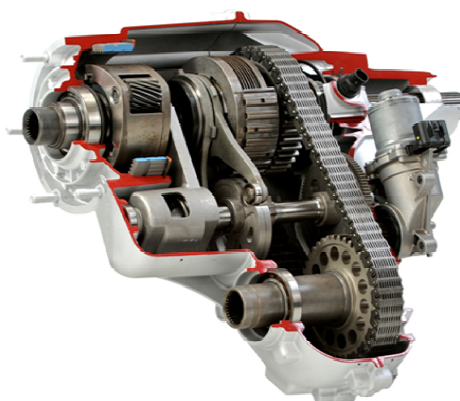
Biraketa transmititzeko moduaren arabera transferentzia kaxa mota desberdinak bereizten dira.

2.6.4.1 Katezko transferentzia kaxa

Katezko transferentzia kaxetan biraketa kate batez konektatutako bi horzdun gurpilen bitartez transmititzen da. Honek gurpilen arteko erredukzioa ezartzea eta beren sarrera ardatzaren eta transmisio ardatzen artean dagoen altuera diferentzia libratzea ahalbidetzen du.

Kateak uneoro funtzionamenduan eta kargapean daudenez, karga eta higadura erresistentzia handiko altzairu karbonozkoak izaten dira, beren propietate mekanikoak hobetzeko gainazal tratamenduak aplikatzen zaizkiela.

Transferentzia kaxa hauek malgutasun handiagokoak dira eta altuera diferentzia handiagoak kubritu ditzakete beren pisua eta tamaina nahiko txikia dela. Hala ere, kateek ezin dituzte momentu tortsore handiak transmititu eta baldintza oso exijenteak jasan behar ez dituzten ibilgailuetan erabili ohi dira.



2.21 irudia: Katezko transferentzia kaxa

2.6.4.2 Engranajezko transferentzia kaxa

Engranajezko transferentzia kaxetan biraketa ardatz paralelotan kokatutako bi horzdun gurpilen edo gehiagoren artean transmititzen da. Hauek hasierako eta amaierako gurpilen arteko erredukzioa ezartzen dute, zenbaitetan tarteko ardatz eta gurpil bat izaten dutela.

Ibilgailuaren funtzionamendu ezaugarrien eta beren sarrera ardatzetik transmisio ardatzetara dagoen saltoaren arabera bi edo hiru ardatz izaten dituzte. Gurpilak uneoro engranatuta daude eta transmisio gaitasun handiagoa izanagatik, askotan hortz helikoidaleko gurpilak baliatzen dira.

Transferentzia kaxa hauek pisutsuagoak eta tamaina zertxobait handiagokoak izaten dira. Nolanahi ere, beren engranajeak biraketa momentu tortsore handiak jasateko eta transmititzeko gai dira. Hori dela eta, transmisio sisteman engranaje bidezko transferentzia kaxa ipintzea erabaki da.



2.22 irudia: Engranajezko transferentzia kaxa

2.6.5 Transmisio ardatzak

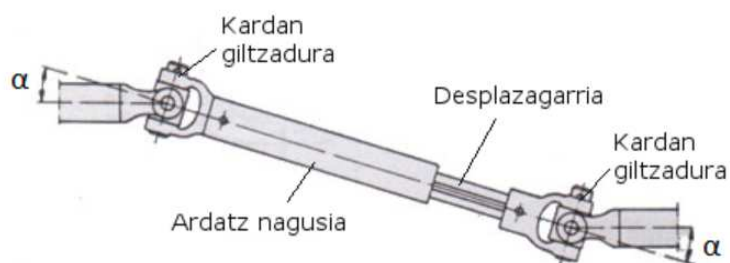
Transmisio ardatzak abiadura kaxaren edota transferentzia kaxaren irteerako biraketa ibilgailuaren aurreko eta atzeko ardatzen diferentzialetara transmititzen dituzten atalak dira. Hauen eginkizun nagusia kaxatik diferentzialetarainoko distantzia eta altuera diferentzia gainditzea eta biraketa helaraztea da.

Transmisio ardatzen dimentsionaketa ibilgailuaren dimentsioen eta biraketa abiaduraren eta parearen arabera da, 1,5 m-ko luzera gainditu gabe. Ibilgailuaren ezaugarriek hala exijitzen dutenean (ohikoa ibilgailu industrialetan), transmisio ardatza bi edo hiru tarteetan banatzen da.

Ardatzen fabrikazioan elastikotasun koefiziente altuko altzairuzko hodiak erabiltzen dira, baina zenbaitetan aluminiozkoak eta karbono zuntzekoak izaten dira. Ardatzak sekzio zirkular hutsekoak izaten dira, izan ere, espazioaren aldetik diametroak handiagoak izan daitezke (ez dago espazio murrizpenik) eta azalera erabilgarri berdinerako sekzio betekoek baino erresistentzia handiagoa dute, era berean pisua murrizten dela.

Transmisio ardatzak eta beren loturak ezin dira zurrinak izan, zeren eta aurreko eta atzeko ardatzen mugimenduagatik gertatzen diren angelu eta luzera aldaketak jasateko gai izan behar dira. Horretarako, transmisio ardatzek luzera aldaketak xurgatzen dituen parte desplazagarria eta muturretan junta edo giltzadura bat izaten dute.

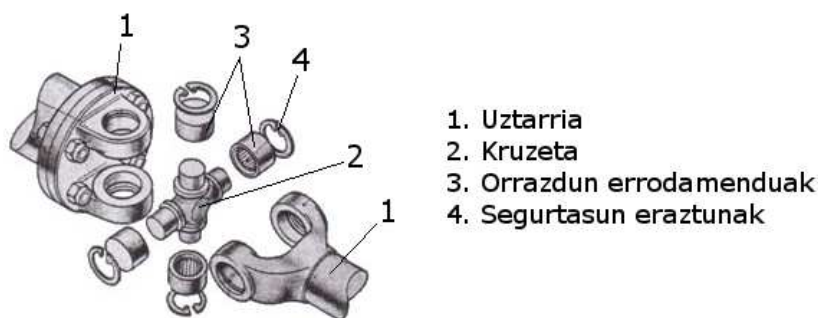
Orokorrean transmisio ardatzak ardatz nagusiaz (gorputza) eta desplazagarriaz osatuta daude eta hauek ildaskatu luze baten bidez elkartzen dira, zeinetan desplazagarria ardatz nagusiaren barnean sartzen den eta ildaskatuak bien artean biraketa transmititzea eta desplazamendu axialak egotea onartzen duen. Zenbait kasu eta ibilgailu konkretutan, inolako luzera aldaketarik onartzen ez duten ardatz zurrinak baliatzen dira, hauetan ardatzak luzera laburrekoak eta exijentzia gutxikoak direla.



2.23 irudia: Transmisio ardatza

Bestalde, kardan giltzadurak angelu desberdinetara biratzen duten bi ardatz konektatzea eta biraketa transmititzea ahalbidetzen du, betiere ardatzen arteko angelua gehienez 25° ingurukoa izan daitekeela. Honek fabrikazio eta muntaketa kostu baxua, bizitza luzea eta mantenu eskasa du. Bere desabantaila bakarra kardan giltzadura batek bi ardatz elkartzean abiadura angeluarra konstante mantentzen ez dela da eta hori konpontzeko, ardatzen bi muturretan kardan giltzadurak (inklinazio angelu berdinean) jartzen dira beren artean orekatu daitezten.

Funtsean transmisio ardatzetan soldatutako uztarriez eta giltzadura gauzatzen duen kruzetaz osatzen da, eta hau segurtasun eraztunekin finkatutako orrazdun errodamenduen gainean muntatzen da.



2.24 irudia: Kardan giltzadura unibertsala

2.6.6 Diferentziala

Diferentziala transmisio ardatzen biraketa erreduzitu eta palierren bitartez gurpil eragileetara transmititzen duen mekanismoa da. Honek aldi berean ardatz bereko gurpilen (palierren) artean gidatze beharrek exijitzen dituzten abiadura diferentziak egoteko aukera ematen du.

Diferentziala berez multzo konikoaz (eraso pinoia eta koroa) eta sistema diferentzialaz osatuta dago eta biak parteak konbinatuz diferentzialak bere eginkizuna betetzen du. Era berean, nekazaritzako eta industriarako hainbat ibilgailuk palierren ertzetan engranaje zilindriko edo epizikloidalak izaten dituzte erredukzio gehigarri bat sartuz.

Multzo konikoak eraso pinoiaren bidez transmisio ardatzetatik ailegatutako biraketa jaso eta korora transmititzen du, zeharkako norabidean (90° -ko errotazioa) egonda, palierrekin bat egin eta gurpiletara biraketa transmititzen du. Pinoiaren eta koroaren arteko transmisio erlazioak biraketa erreduzitzen eta horren balioa 3:1 eta 6:1 bitartekoa izaten da ibilgailuaren ezaugarrien arabera.

Eraso pinoia eta koroa etengabe engranatuta eta biraketa transmititzen daudenez, normalean hortz helikoidalekoak izaten dira agertu daitezkeen esfortzu handiak hobeto jasateko eta transmisio isilagoa eta progresiboagoa lortzeko. Gauzak horrela, engranaje hauek eta sistema diferentzialekoak altzairu forjatukoak izaten dira, gogortasun eta higadurarekiko erresistentzia handiagoa izateko tratamenduak aplikatzen zaizkielarik.

Bestetik, sistema diferentzialak ardatz bereko palierren nahiz gurpilen artean abiadura ezberdintasunak egotea onartzen du. Ibilgailua bihurgune batetik igarotzerakoan, barneko gurpilak kanpokoak baino bira gehiago egin behar ditu, eta diferentzialak abiadura ezberdintasun hori egotea eta barneko gurpilak lurzoruaren gain irristatzea ekiditen du. Mekanismo honek gurpilak era zurrunean konektatuta ez egotea eta elkarren independenteak izatea ahalbidetzen du, bihurguneak hartzea eta maniobrak egitea erraztuz.

Aipatu bezala, trakzio total iraunkorreko ibilgailuek transferentzia kaxan biraketa banatzea eta aurreko eta atzeko transmisio ardatzen arteko biraketa diferentziak orekatzen dituen diferentziala dago. Honek bihurguneetan ardatz eragilekoen antzeko portaera du, biraketa abiadura ezberdinak egotea ahalbidetuz.

Sistema diferentzialaren funtzioa betetzen duen mekanismoaren arabera diferentzial mota desberdinak daude.

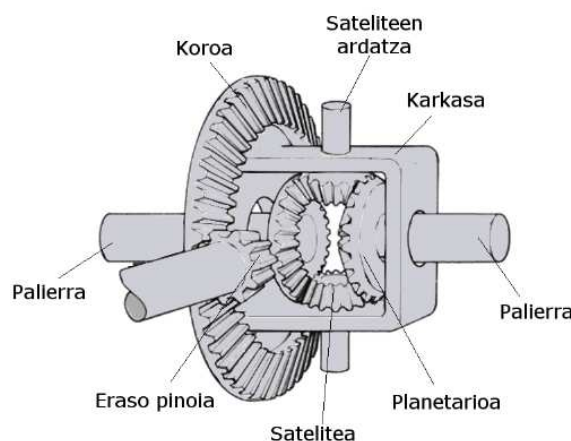
2.6.6.1 Diferentzial askea edo orokorra

Diferentzial askeetan biraketaren banaketa hortz zuzeneko planetario eta satelite konikoen bidez gertatzen da. Hauek elkarrekin engranatzten dute engranaje itxia osatuz eta palierren artean sortzen diren abiadura erlatiboak xurgatzen dituzte.

Planetario bikotea elkarren aurka zeharkako norabidean kokatzen da eta barnean duten ildaskatuaren bidez palierrekin konektatzen dira gurpiletara biraketa transmititzeko. Sateliteek, berriz, bi hauekin aldi berean engranatzten dute konpentsatzaile lana eginez eta karkasan finkatutako ardatz perpendikular batean muntatzen dira, planetarioen gain libreki biratu dezaketela.

Eraso pinoiak biraketa jasotzean koroak eta honen solidariora den karkasak ere biratzen dute, horrek planetarioak birarazi eta gurpilek koroaren abiadura berdina dute ibilgailua lerro zuzenean higitzen den bitartean. Bihurguneetan barneko gurpilari dagokion planetarioak biraketaren kontra erresistentzia handiagoa egiten du, horrela planetarioa moteldu eta sateliteek bere gain errodatzen dute beste gurpilaren biraketa areagotuz. Modu horretan, gurpil batek galtzen duen biraketa besteak irabazten du eta sateliteen akzio konpentsatzaileari esker.

Higidura baldintza normaletan diferentzial funtzionamendu eta eraginkortasun ona du, baina gurpil batek adherentzia galtzean duenean (elurrean, lokatzean...) sateliteen konpentsazioa arazo bihurtzen da bertatik biraketa pare guztiak ihes egiten dutelako.



2.25 irudia: Diferentzial askea edo orokorra

2.6.6.2 Diferentzial kontrolatua

Diferentzial kontrolatuetan diferentzialaren eragina ezereztu eta gurpil batek irristatzerakoan biraketa pare galtzea ekiditen da. Irristatzea gertatzean, honek modu manual edo automatikoan bi palierrek eta koroak batera biratzea eragiten du, sistema diferentzial osoa ardatz bakarra balitz bezala aritzen dela.

Diferentzial blokeatuarekin ibilgailua eremu malkartsu eta labainkorretatik igaro daiteke irristatzerik gertatu gabe. Hala ere, bihurtuneetan ibilgailua ezegonkorra da gurpil bat arrastatu eta kanporantz desplazatzeko joera du, beraz, blokeoa desakoplatu behar da beharrezkoa ez denean.

Diferentzial hau errepideaz kanpo edo bestelako egoera kritikoetan higitzen diren ibilgailu industrialetan eta automobiletan ezartzen da, gurpil batek trakzioa galtzean ibilgailua gelditu geratzea saihesten dela.

Blokeoa burutzen duen dispositiboaren arabera diferentzial kontrolatu desberdinak aurkitu daitezke.

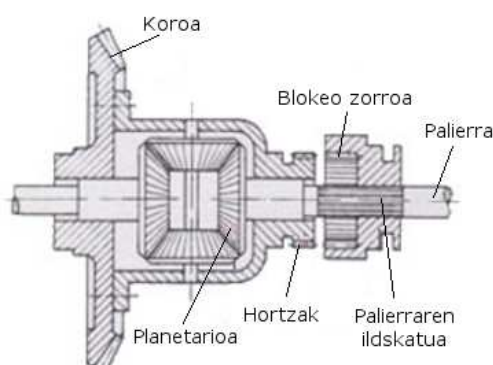
2.6.6.2.1 Blokeo manualeko diferentziala

Blokeo manualeko diferentzialetan gidariak akzionatutako blokeo zorro edo barailak sistema diferentziala eta palierrak batera blokeatzen ditu. Blokeo zorro hau palierrean ildaskatu bidez finkatzen da eta gidariaren aginduz desplazatzerakoan blokeoa gauzatzen da.

Honen akzionamendua mekanikoa edo elektro-hidraulikoa da eta blokeoa konektatuta dagoen bitartean, sistema diferentzialaren efektua deuseztatuta dago eta bi gurpiletara abiadura eta pare berdina bidaltzen da.

Blokeoa ibilgailua geldiuanean edo oso abiadura motelean burutu behar da, bestela blokeo zorroaren eta sistema diferentzialaren arteko akoplamendua egiteko zailtasunak daudelako. Aipatu bezala, sortu ditzakeen gidatze arazoak direla medio, higidura normalean blokeoa deskonektatu behar da.

Diferentzial honek blokeoa ezartzea gidariaren esku uzten du eta beren sinpletasuna dela eta, fabrikazio eta mantenu kostu txikia dute. Gainera, pare handien eraginpean lan egin dezakete eta matxura gutxi izaten dituzte. Horregatik, ibilgailuaren transmisio sisteman blokeo manualeko diferentziala erabili da.



2.26 irudia: Blokeo manualeko diferentziala

2.6.6.2.2 Diferentzial autoblokantea

Diferentzial autoblokanteetan biraketaren banaketa eta biraketa abiaduren orekatzea modu automatikoa gertatzen da. Blokeoaren konexio edo deskonexioa unean uneko gidatze kondizioen arabera gertatzen da, gidariaren kontrolatik kanpo geratuz.

Gurpil batek adherentzia galtzean eta abiadura diferentzia handiegia izatean, diferentzialak hori automatikoki detektatu eta erresistentzia handiagoa ipintzen duen gurpilera pare gehiago bidaltzen du. Azken batean, biraketa erresistentzia handiena duen gurpila lurrera potentzia gehiago transmititu dezakeena da, trakzioa handitzen dela.

Blokeoa gauzatzen duten elementuen arabera diferentzial autoblokante desberdinak egon daitezke.

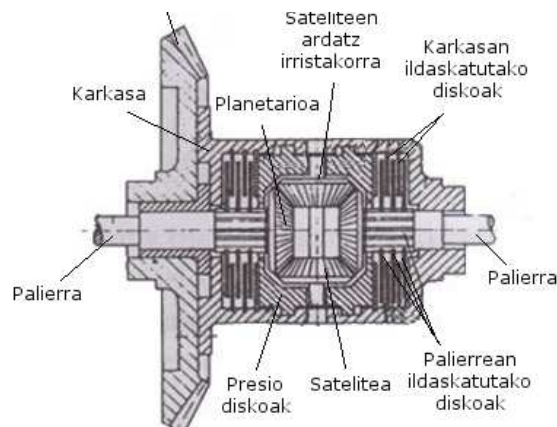
2.6.6.2.2.1 Frikzio disko bidezko diferentzial autoblokantea

Frikzio disko bidezko diferentzial autoblokanteetan planetarioaren eta sistema diferentzialaren karkasaren artean tartekatuta dauden diskoen marruskaduraren bidez blokeoa suertatzen da. Blokeo honen efektua ez da diferentziala guztiz blokeatzeko adinakoa, baina gurpil baten irristaketa eragozten du.

Sistema honetan sateliteen ardatza presio eraztunen hozkatan apoiatzen da eta eraztun hauek karkasaren ildaskatuan mihizatzen dira, sateliteei mugimendua transmititu diezaieketela eta aldi berean frikzio diskoak presionatzeko axialki desplazatu daitezkeela. Bi motako diskoak tartekatzen dira, eta kanpo hortzak dituztenek karkasaren ildaskatuan engranatu eta barne hortzak dituztenek planetarioekin engranatzten dute.

Ibilgailua lerro zuzenean higitzerakoan, biraketa sateliteen ardatzera heldu eta honek frikzio diskoekiko duen loturagatik, beren desplazamendu axiala jazo eta presioak eragindako marruskaduraren bidez biraketa planetarioetara eta gurpiletara ailegatzen da. Bihurguneetan gutxiago irristatzen den gurpil baten diskoak bata bestearikiko atzeratuta geratzen da eta biraketa atzeratutako gurpilari transmititzen zaio, bere irristaketa eta bestearen gehiegizko biraketa eragotziz

Diferentzial honen konplexutasuna dela eta, beren fabrikazio eta mantentze kostua altua da eta ez dira momentu tortsore handiak transmititzeko gai, baldintza exijenteetan aritzen diren ibilgailuetan erabili ezin daitezkeela.



2.27 irudia: Frikzio disko bidezko diferentziala

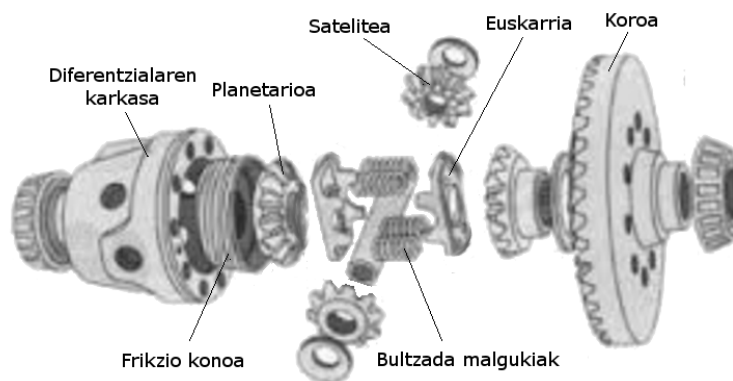
2.6.6.2.2 Frikzio kono bidezko diferentzial autoblokantea

Frikzio kono bidezko diferentzial autoblokanteetan planetarioa eta sistema diferentzialaren karkasa elkartzen dituen frikzio konoaren bitartez blokeoa gauzatzen da. Honek, enbrage koniko bat bailitzan, planetarioak karkasarekin akoplatzen ditu eta honekin ere ez da diferentzialaren erabateko blokeoa erabiltzen, baina gurpilen artean irristaketa mugatua ezartzen da.

Frikzio konoa planetarioaren asentuan kokatzen da eta bere akzioa eta efektu autoblokantea bi faktoreren menpe dago. Zehazki, malgukiek konoaren kontra duen presioaren eta sateliteek planetarioei eragiten dieten bultzada axialaren indarraren menpe daude.

Ibilgailua lerro zuzenean mugitzen dagoenean ez da frikzio konoaren desplazamendutik gertatzen eta planetarioan solidario muntatuta gertatzen da, diferentzial orokorren portaera bera duela. Bihurguneetan gurpilen arteko abiadura ezberdintasunak malgukietan indar axiala eragiten du eta horrek frikzio konoa sistema diferentzialaren karkasarekiko akoplatzen du diferentziala blokeatuz.

Diferentzial hau beste autoblokanteak baino sinpleagoa eta merkeagoa da fabrikazioaren eta mantenuaren aldetik, baina momentu tortsore mugatua transmititzen du.



2.28 irudia: Frikzio kono bidezko diferentzial autoblokantea

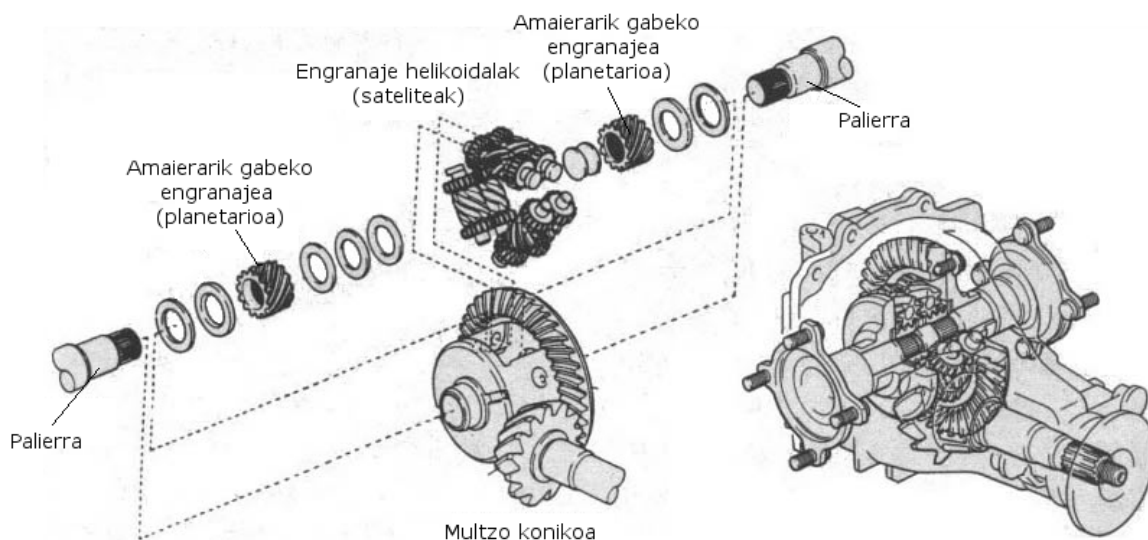
2.6.6.3 Torsen diferentziala

Torsen diferentzialetan biraketaren parearen transmisioa gurpilek une bakoitzean lurrarekiko duten adherentziarekiko proportzionalki burutzen da. Honek gurpilen biraketaren independenteki, era automatikoa gurpiletako erresistentziaren arabera parearen distribuzioa egiten du, erresistentzia eta adherentzia handieneko gurpilari pare gehiago bidaliz.

Diferentzial honen funtzionamendua hortz helikoidaleko engranaje zilindrikoetan eta amaierarik gabeko torlojuan oinarritzen da, zeren eta diferentzialaren barnean frikzio pareak sortzen dira eta horrek pareta asimetrikoki banatzea eragiten du. Zehazki, amaierarik gabeko torloju motako planetario bana palierretara konektatzen da eta hiru satelite bikote dituzte, hortz helikoidalekoak planetarioekin eta hortz zuzenekoak beste sateliteekin engranatzan dutela.

Funtzio nagusia norabide elkarzutekoak (90º-tara gurutzatu) diren bi engranaje helikoidalek betetzen dute eta hortzen inklinazioak planetarioen arteko biraketak komunikatzen ditu diferentzialaren efektua lortuz. Ibilgailua bihurtzetik igarotzean, barneko gurpilaren palierra balaztatu eta engranaje sateliteak bere planetarioarekiko biratzen du eta hortz zuzeneko engranajearen bidez sateliteak besteari biraketa transmititzen dio. Beste planetarioarekin engranatzan duen sateliteak biraketa transmititu eta planetario hori azkarrago birarazten du efektu diferentzialaren ondorioz. Horrela palier batek galtzen duen biraketa besteak irabazten du.

Diferentzial mota honek potentzia gurpilen adherentziaren arabera banatzen duenez gero, besteek baino trakzio ahalmen handiagoa du. Edonola ere, beste diferentzialak baino garestiagoak dira eta aplikazio espezifikoetara bideratutako ibilgailu edo automobilen kasuan erabiltzen dira, beren erabilera oso zabaldua ez dagoela.



2.29 irudia: Torsen diferentziala

2.7 HARTUTAKO EBATZIA

Ibilgailuaren transmisio sistema osatzen duten elementu desberdinetarako dauden aukera posibleak aztertu ondoren, bezeroaren eskakizun eta beharrentzat egokiena den soluzioa hartu da. Hain zuzen, alde zehaztutako diseinu baldintzetan ibilgailuaren funtzionamendu egokia bermatzeko behar diren osagai edo mekanismoak definitu dira. Hauen dimentsionaketa kalkuluen eranskinean egindako kalkuluen arabera da eta beren xehetasunak planoen dokumentuan jasotzen dira. Jarraian, transmisio sistema osoaren funtzionamenduaren eta bere pieza nagusien deskribapen zehatza azaltzen da.

2.7.1 Transmisio sistemaren funtzionamendua

Transmisio sistema, ibilgailuaren parte nagusi eta garrantzitsuenetako bat izanik, motorraren birabarkiko potentzia gupil eragileetara transmititzen du. Era berean, honek motorreko biraketaren pareta eta abiadura aldatuz ibilgailua eremu eta egoera desberdinetan higitu ahal izatea ahalbidetzen du.

Transmisioaren eginkizuna motorrak garatutako biraketa birabarkiarene bitartez enbragera heltzean hasten da. Honek motorreko biraketaren transmisioa beste elementuetara burutzeko edo eteteko aukera ematen du, horren akzionamendua gidatze beharren edo gidariaren nahien arabera burutzen dela.

Honen ondoren, abiadura kaxan aukeratutako martxaren erredukzioaren bidez biraketaren momentua eta abiadura transformatzen edota biraketa noranzkoa alderantzikatzen da. Horrela ibilgailuaren higidura bidearen exijentzietara egokitzen da era automatikoan nahiz gidariaren aginduz eta eremu eta kondizio desberdinetan desplazatzea lortzen da.

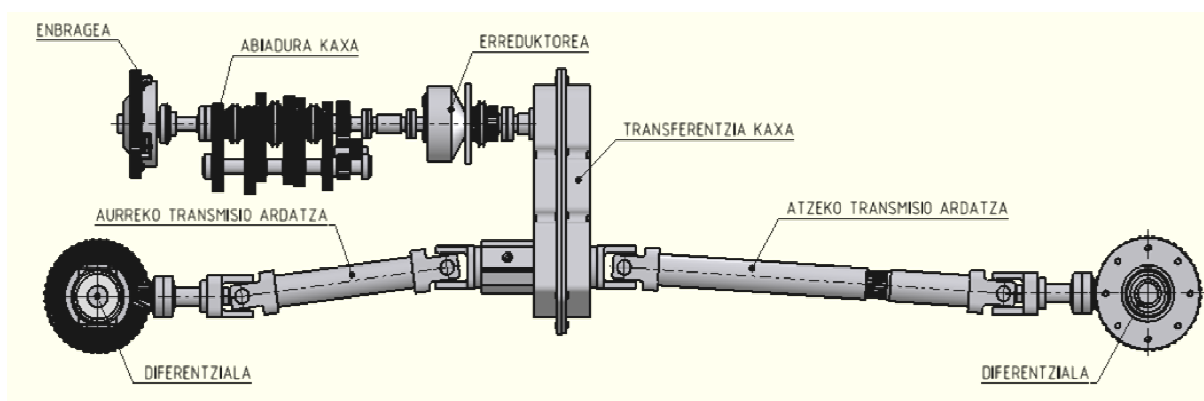
Honekin batera, erreduktoreak abiadura kaxaren martxa kopurua bikoizten du, zeinek aukerazko erredukzio gehigarri bat eskainiz, bi abiadura sorta (laburra eta luzea) sortzen dituen. Horri esker, ibilgailuak higidura ahalmen handiagoa du eta eremu eta egoera gehiagotan aritu daiteke, errepideetatik eta eremu malkartsuetatik hain zuzen ere.

Biraketa hori transferentzia kaxaren bitartez aurreko eta atzeko ardatzetara bidaltzen da, baina transmisio sistema trakzio total partzialekoa izanda, biraketa atzeko ardatzera iraunkorki transmititu eta aurrekoa ere akoplatu daiteke.

Segidan, transmisio ardatzek transferentzia kaxatik irtendako biraketa aurreko eta atzeko ardatzen diferentzietara helarazten duten, bi elementu horien artean dagoen distantzia eta altuera diferentzia gaindituz. Gainera, ardatz hauek

ibilgailuaren higaduragatik sortu daitezkeen mugimendu eta bibrazioak xurgatzeko gaitasuna dute.

Amaitzeko, eraso ardatzaren bidez biraketa diferentzialetara ailegaten da eta hauei elkartutako palierrekin biraketa gurpil eragileetara transmititzen da. Batetik, diferentzialaren multzo konikoak biraketa erreduzitu eta zeharkako norabidean jartzen du gurpilekin lerrokatuta egon dadin. Bestetik, sistema diferentzialak gurpilen artean abiadura diferentziak egotea onartzen du batek gutxiago biratzean irristaketa ekiditeko, baina hau blokeatzeko posibilitatea dago adherentzia galeretan potentzia aprobetxatzeko.



2.30 irudia: Transmisio sistema osoaren eskema

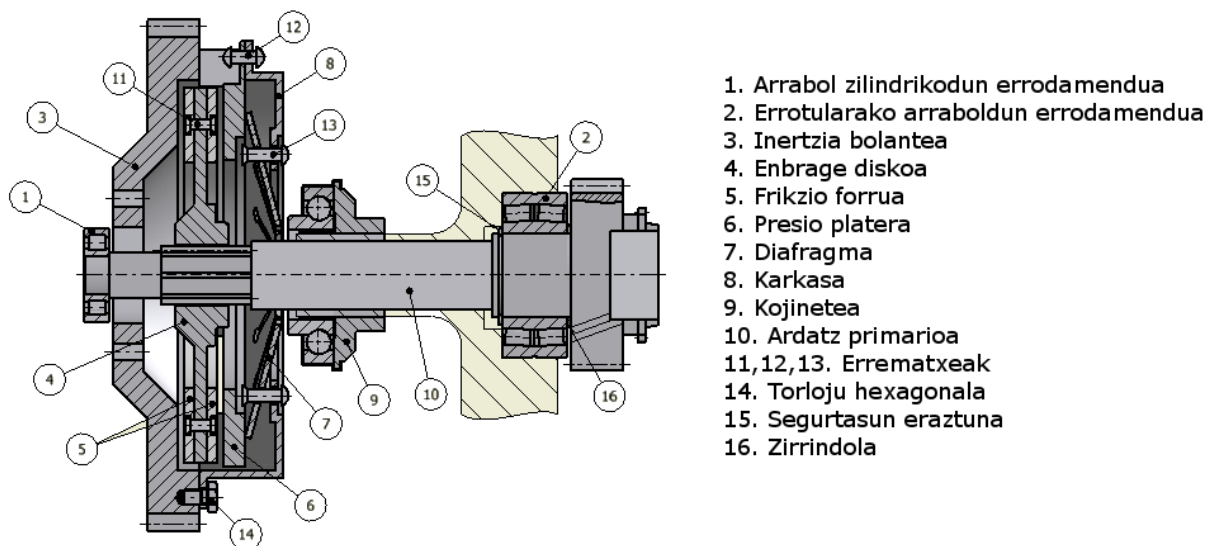
2.7.2 Enbragea

Ibilgailu honetan disko bakarrek diafragma bidezko enbragea ezarri da, izan ere, honek transmisio gaitasun handia du eta ez du espazio asko okupatzen, gehiago kamioi eta bestelako ibilgailutan oso erabilia dela.

Aipatu bezala, enbragea motorraren eta abiadura kaxaren arteko biraketaren transferentzia burutzeko eta mozteko baliatzen da. Hau gidariak enbragearen pedalaren bidez kontrolatzen du; pedala zapalduta ez dagoenean (enbragatuta), biraketaren transmisioa gertatzen da eta pedala zapaltzean (desenbragatuta), aldiz, transmisioa eteten da.

Diafragma bidezko enbrageen akzioa inertzia bolantearen eta enbrage diskoaren arteko marruskaduran oinarritzen da. Posizio normalean (pedala zanpatu gabe) presio platerak eta diafragmak diskoa inertzia bolantearen kontra presionatu eta bi gainazalen arteko marruskaduragatik motorraren parean enbrage diskora igarotzen da. Horren ostean, enbrage diskoak ildaskatuaren bidez abiadura kaxaren ardatz primarioa biraketa transmititzen du.

Gauzak horrela, enbragearen analisi eta diseinurako, berau osatzen duten atal nagusiak aztertu dira.



2.31 irudia: Enbragearen osagaiak

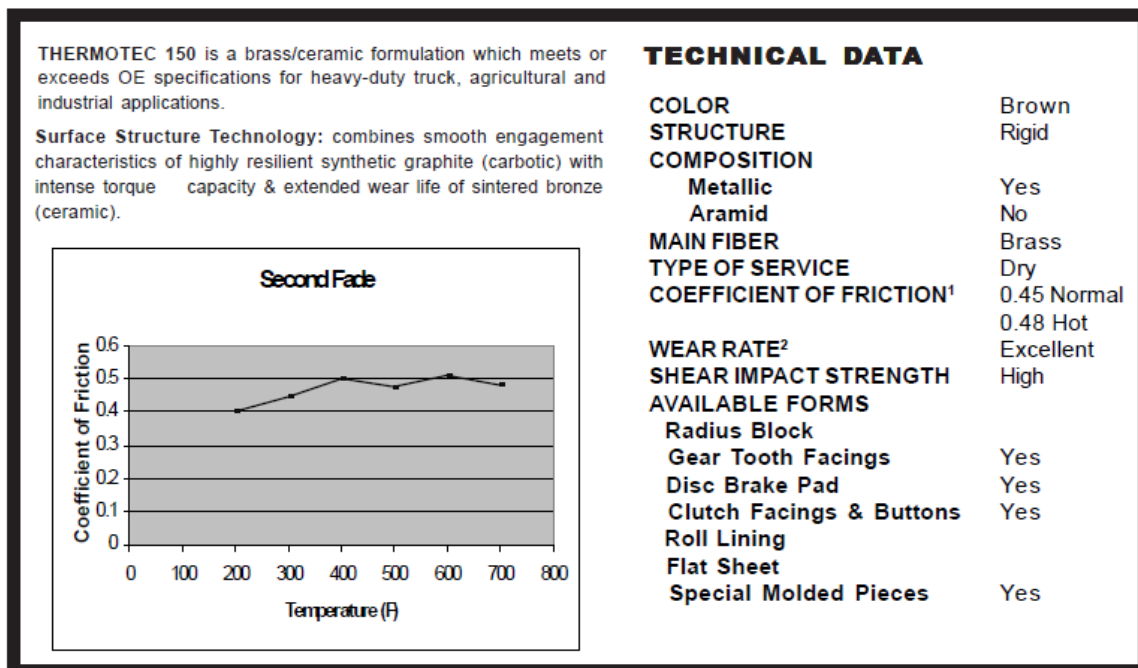
2.7.2.1 Enbrage diskoa

Enbrage diskoa marruskadura bitartez inertzia bolantearen biraketa jaso eta ardatz primarioa transmititzen duen disko ildaskatua da.

Egoera enbragatuan disko hau presio plateraren bultzadaren eraginpean dago eta horren ondorioz, inertzia bolantearen kontra zanpatu eta marruskadura bidez biraketa heltzen zaio.

Berez marruskadura enbrage diskoaren bi alboetan errematxatuta doazen frikzio forruen bitartez gertatzen da, hauek marruskadura koefiziente eta higadurarekiko erresistentzia handiagoa baitute. Beren errematxeen buruak forruetan enbutituta egon behar dira frikzio gainazaletan eraginik izan ez dezan, eta kasu honetan DIN 661 B motako errematxeak, buru abeilanatuak, baliatu dira.

Diskoaren frikzio forruetan Thermotec 150 deritzon material karbozeramikoa erabili da, elastikotasun handiko grafito sintetikoaren (karbono) pareta gaitasun altua eta brontze sinterizatuaren (zeramika) higadurarekiko iraunkortasun altua konbinatzen baititu. Akzionamendu leun eta progresiboa eta bizitza erabilgarri altua du, tenperatura altuetan karga ahalmen eta higadurarekiko erresistentzia handiarekin funtzionatu dezakeela. Hori dela medio, material hau ibilgailu astunetan, nekazaritzan eta industrian aplikatu ohi da eta 2.2 taulan materialari dagokion fitxa teknikoa adierazten da.

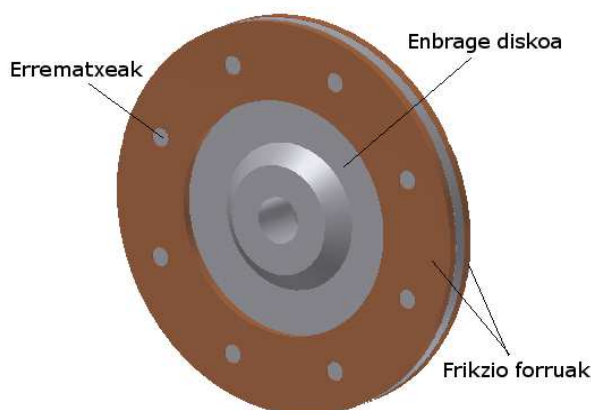


2.2 taula: Thermotec 150 materialaren propietate mekanikoak

Enbrage diskoa, berriz, 16MnCr5 altzairu aleazio zementatu eta tenplatukoa da higaduraren kontrako erresistentzia handia duelako eta karga handiak ere jasan ditzakeelako.

Enbrage diskoak eta frikzio forruak dimentsionatzerakoan, forruak transmititu dezaketen marruskadura momentua motorraren pare maximoa baino handiagoa izan behar da. Ibilgailuaren espezifikazio teknikoak jarraituz, motorraren pare maximoa 1000 N·m da 1200 rpm-tara eta enbrageak garatutako marruskadura momentua pare hori gainditu behar du (kalkuluaren eranskineko 3.3.1 atalean).

Frikzio forruen barne eta kanpo diametroak 250 mm eta 150 mm dira eta hauek diskoaren gainean finkatuta doazenez, honek ere 250 mm-ko kanpo diametroa du. Enbrage diskoaren eta frikzio forruei dagozkien xehetasunak M-03-IIBTD-P02 planoan agertzen dira.



2.32 irudia: Enbrage diskoa

2.7.2.2 Inertzia bolantea

Inertzia bolantea motorraren birabarkari lotuta dagoen eta biraketaren inertzia eta energia zinetikoa areagotzen dituen elementu pasiboa da.

Bolante honek motorrak eragindako bat-bateko azelerazio angeluar handiei kontra egiten die eta abiaduraren gorabeherak murrizten ditu. Era berean, enbrage diskoari biraketa transmititzeaz arduratzen da, izan ere, enbrage diskoa bere kontra presionatzen da eta frikzioz potentzia transmititzen dio.

Inertzia bolantea bere barnean enbrage diskoa hartzeko eta frikzioz biraketa transmititzeko dimentsio eta lautasun nahikoa izan behar du. Era berean, karkasari torlojuz lotuta dago berarekin batera birarazi dezan, bolanteak kanpoaldean horretarako zulo hariztatuak ditu. Gainera, bolanteak motorraren arrankeko horzdun gurpilekin engranatzan duten hortz zuzenak ditu eta birabarkari elkartzeko aldenik aldeneko zuloak ditu. Inertzia bolantearen dimentsio nagusiak 2.3 taulan adierazten dira.

| Gurpila | z | m [mm] | α [°] | b [mm] | d [mm] | d_k [mm] | d_b [mm] |
|-------------------|----|-----------|--------------|-----------|-----------|---------------|---------------|
| Inertzia bolantea | 66 | 5 | 20 | 34,5 | 330 | 340 | 317,5 |

2.3 taula: Inertzia bolantearen dimentsio nagusiak

Inertzia bolantea enbrage diskoaren antzeko baldintzapetan aritzen denez, honetan ere 16MnCr5 altzairu aleazio zementatu eta tenplatua erabili da.

Bolantearen dimentsioak motorraren ezaugarrien araberakoa izaten dira eta bere hortzen dimentsioak kontsideratuta, bere zehaztapenak M-03-IIBTD-P01 planoan erakusten dira.



2.33 irudia: Inertzia bolantea

2.7.2.3 Presio platera

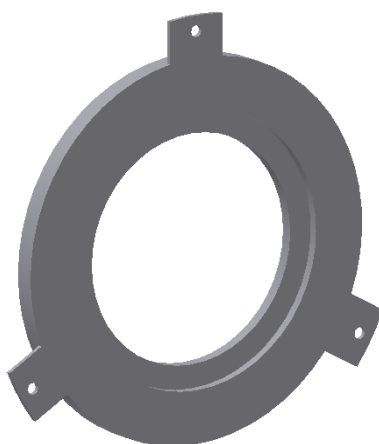
Presio platera diafragmaren bultzadaren ondorioz enbrage diskoa inertzia bolantearen kontra presionatzen duen diskoa da.

Plater honek karkasarekin batera biratzen du eta diafragmaren eraginean axialki desplazatzen da enbrage diskoa zanpatzeko eta marruskadura bidez biraketaren transmisioa gertatzeko. Posizio normalean, pedala zapaldu gabe (enbragatuta), diafragmaren muturrak (konoaren oinarriak) plateraren gain presioa egiten du eta pedala zapaltzean, aldiz, kojinetek diafragmaren puntan eragin eta bere oinarriak ez du platerean presiorik egiten.

Presio platera enbrage diskoa bultzatzeaz arduratzen denez, bere diametroa berdina edo zertxobait handiagoa izan behar da. Bere kanpoaldean uniformeki banatuta dauden hiru belarri (120°-tara) ditu eta hauek zentroan aldenik aldeneko zuloak dituzte, zeinetatik platera eta karkasa elkartzen dituzten errematxeak igarotzen diren. Errematxe hauen kirten edo esparragoa luzeagoa da eta ibiltarte horrek platera norabide axialean desplazatzea ahalbidetzen du eta kasu honetan erabilitako errematxeak DIN 660 A motakoak, buru biribildunak, dira.

Enbrage diskoan eta inertzia bolantean bezala, presio platererako 16MnCr5 altzairu aleazio zementatu eta tenplatu hartu da funtzionamendu baldintzak nahiko antzekoak direlako.

Presio platerak transmisio hoberako enbrage diskoaren gainazal osoan eragin behar duenez gero, bere barne eta kanpo diametroak 152,5 mm eta 255 mm dira hurrenez hurren. Presio plateraren neurri eta ezaugarri guztiak M-03-IIBTD-P03 planoan azaltzen dira.



2.34 irudia: Presio platera

2.7.2.4 Diafragma

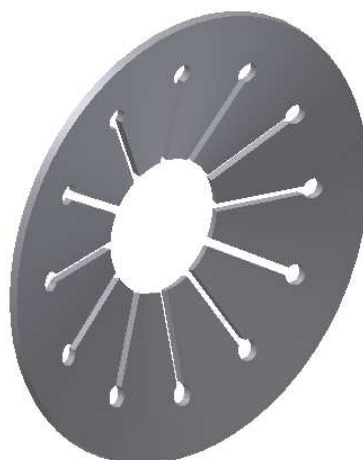
Diafragma presio platera bultzatzen duen eta kojinetearen eraginpean dagoen pieza koniko elastikoa da.

Honek bere forma konikoagatik posizio normalean (pedala zapaldu gabe) presio platerean presioa eragiten du eta gidariak pedala zapaltzean, aldiz, kojineteak diafragman eragiten du eta presio plateraren gain indarra egiteari uzten dio. Diafragmak sortzen duen karga ez da lineala, parabolikoa baizik. Hortaz, frikzio forruak higatu ahala diafragmak egiten duen karga handituz doa eta horrek enbragearen bizitza osoan karga konstantea dela ziurtatzen du.

Diafragma kono moztu bat da eta zentrotik hasten diren ebaketa erradialak ditu, hauen muturreko zuloetan diafragmaren desplazamendu zentratua ahalbidetzen duten errematxeak kokatzen direla. Errematxe hauek karkasako eta diafragmako zuloak zeharkatzen dituzte eta diafragmak karkasarekin batera biraraztea eta uneoro zentratuta eta orekatuta egotea eragiten dute. Oraingoan DIN 661 A motako errematxeak ipini dira, hauek buru bat abeilanatua eta bestea biribildua dute, zeinetan abeilanatua barnekoa den, horrela presio platera ukitzekotan kontaktua laua izan dadin.

Diafragman 50CrV4 altzairu aleazio hobetu eta tenplatua erabili da, zeren eta material honek elastikotasun eta erresistentzia handiak uztartzen ditu eta diafragmak jasaten dituen eskakizunentzat aproposa da, material hau malgukietan ere oso erabilia izaten dela.

Diafragma presio plateraren erdialdearen kontra zanpatzen da eta bere forma konikoak hori errazten du, beraz, diafragmaren oinarriak 215 mm-ko diametroa du eta konoak 15°-ko inklinazioa du. Diafragmaren xehetasunak M-03-IIBTD-P03 planoan adierazten dira.



2.35 irudia: Diafragma

2.7.2.5 Karkasa

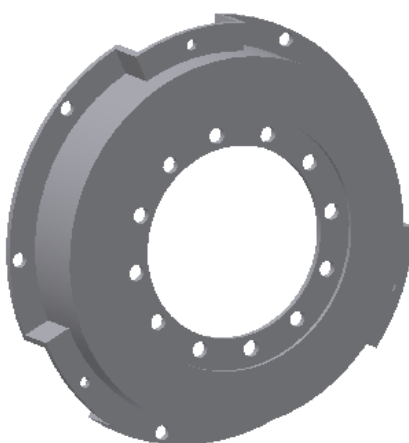
Karkasa inertzia bolantearekin batera biratu eta enbrageko elementuak bere barne hartzen dituen pieza da.

Honek enbragea osatzen duten atalak babesten ditu eta desplazamendu axiala duten piezen gidatzea ezartzen du, inertzia bolantearekin batera biratuz horrekiko lerrokatzea bermatzen baitu.

Karkasak kanpoaldean zuloak ditu torloju bidez inertzia bolantera elkartu eta berarekin batera biratzeko, eta horretarako DIN 933 torloju hexagonalak erabiltzen dira. Horrez gain, kanpoaldean eta erdialdean presio platera eta diafragma axialki gidatzen duten errematxeentzako zuloak ditu hurrenez hurren. Errematxeak presio platera eta diafragma norabide axialean gidatzera mugatzen direnez gero, ez dira zertan finkoak izan behar eta arinki desplazatzea eta biratzea (lasaiera txikia) gertatu daiteke. Hori dela eta, errematxeetan eta dagozkien zuloetan H7/h7 perdoia ezarri da.

Karkasak enbragearen multzoa kanpo inpaktu eta faktoreetatik babesten duen arren, berez ez dago esfortzu edo karga handiegiren eraginpean eta 30Mn5 altzairu manganeso hobetua erabili da, beste pieza exigenteetan erabilitako materialenak baino zertxobait txarragoak diren propietate mekanikoak dituela.

Karkasaren muturrek inertzia bolantearen kanpoaldearekin lotzen dira eta enbragearen atalak barne hartzen ditu, ondorioz, 311 mm-ko kanpo diametroa eta 55 mm-ko zabalera du. Karkasaren dimentsio eta perdoi guztiak M-03-IIBTD-P04 planoan adierazten dira.



2.36 irudia: Enbragearen karkasa

2.7.2.6 Kojinetea

Kojinetea gidariaren pedalaren agindua jaso eta diafragma bitartez enbragatzea eta desenbragatzea akzionatzen duen elementua da.

Elementu hau ez da birakorra eta abiadura kaxaren karkasako irtengunean apoiatzen da. Ohiko posizioan (pedala zapaldu gabe) ez dago diafragmarekin kontaktuan eta gidariak pedala zapaltzen duenean, urkilaren bidez aurrerantz desplazatuz diafragmaren gain eragin eta honek bere konikotasunagatik presio platerean indarra egiteari uzten dio, biraketaren transmisioa eteten dela.

Kojinetea hiru elementuz osatuta dago; baraila, barne eraztun luzatuko boladun errodamendua eta estalkia. Batetik, baraila kojinetearen gorputza da eta enbragearen akzionamendua gauzatzen duen urkila mihizatuta du, pedala zapaltzerakoan pieza hau da desplazatzen dena. Bestetik, errodamendua barailaren gainean muntatzen da eta barne eraztun luzatua du diafragma bultzatzeko, horrela birakorra den diafragmarekin kontaktuan egon daiteke eta barne eraztunak soilik biratzen du. Azkenik, estalkiak errodamendua babestu eta urkila eta errodamendua elkarrekin mihizatzen ditu hiru pieza hauek bakarria bailiran aritu daitezen.

Kojinetearen baraila abiadura kaxaren karkasaren irtengunearen gainetik aise (lasaiera handia) desplazatu behar da eta marruskadura handirik izan ez dezan, H8/e9 perdoia erabili da.

Kojineteak hiru pieza uztartzen dituzenez, hainbat materialez osatzen da. Errodamendua komertziala den bitartean, baraila eta estalkia 16MnCr5 altzairu aleazio zementatu eta tenplatukoak dira enbragearen akzionamenduko kargekiko eta higadurarekiko erresistentzia handia izateko.

Kojineteak 55 mm-ko aldenik aldeneko barne diametroa du abiadura kaxaren karkaren irtengunetik desplazatzeko eta bere barne eraztun luzatuko errodamendua YAR 212-2F motakoa da. Kojinetearen multzoaren dimentsioak eta muntaketa M-04-IIBTD-P05 planoan aurkitzen dira.



2.37 irudia: Enbragearen kojinetea

2.7.3 Abiadura kaxa

Transmisio sistema honetan engranaje helikoidaleko eta martxa aldaketa sinkronizatuko abiadura kaxa mekaniko manuala baliatu da, hau ibilgailuaren funtzionamendu eta eskakizunetara hobekien egokitu eta transmisio leunagoa (progresiboagoa) eta iraunkorragoa eskuratzen da, kaxa mota hau ibilgailu askotan erabiltzen dela.

Esan bezala, abiadura kaxak motorretik ailegatutako biraketaren abiadura eta pareta transformatzen edota biraketaren noranzkoa aldatzen du engranajeen bitartez. Horrek motorraren biraketa unean uneko gidatze beharretara egokitzen du, ibilgailuaren gurpil eragileetara beharrezko biraketa ailegatzen dela.

Abiadura kaxa honen bitartez gidariak nahieran martxa aldaketa egin eta ibilgailua eremu nahiz egoera askotan higitzera egokitu daiteke, ondorioz, alde zurratik finkaturiko higidura exijentziak gainditzen dira eta errendimendu mekanikoa hobea da, erregaiaren kontsumoa murrizten dela.

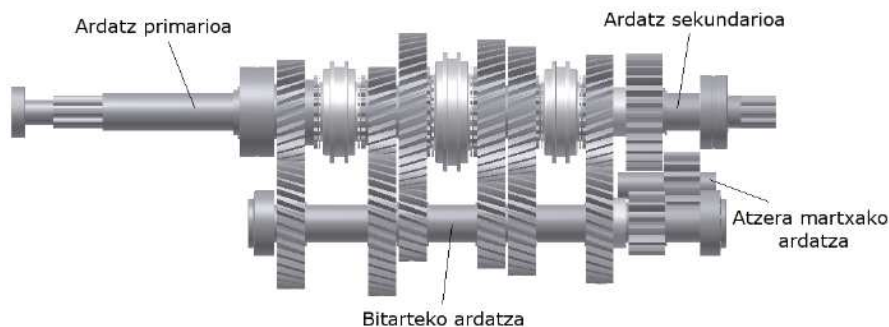
Hain zuzen, ibilgailuak bere higiduran zenbait erresistentziari aurre egin behar die. Horretarako, motorrak garatutako potentziatik abiatuta, abiadura kaxako martxen eta transmisio sistemako beste atalen erredukzioen bidez indar erresistente horiek gainditzeko gai izan behar da.

Abiadura kaxak beharrezko higidura garatu dezakeela aztertu dezakeela konprobatu behar da (kalkuluen eranskinetako 3.2 atalean) eta kamioiaren errepideko eta errepideaz kanpoko higiduraren kontra hiru erresistentzia nagusi agertzen direla kontsideratu da:

- Errodadura indarra (F_{rd}): Ibilgailuaren gurpilen eta zoruaren arteko marruskaduragatik sortzen den indar erresistentea.
- Airearen indarra edo aerodinamikoa (F_{ra}): Aireak edo haizeak ibilgailuaren mugimenduaren kontra egiten duen indar erresistentea.
- Aldapa indarra (F_{rp}): Ibilgailuak aldapa bat igotzen duenean pisuaren ondorioz agertzen den indar erresistentea.

Abiadura kaxa hiru ardatz nagusiz (ardatz primarioa, bitartekoa eta sekundarioa) eta atzera martxako ardatzaz osatuta dago, azken honetan atzera martxan biraketaren noranzkoa alderantzizatzeko tartekatzen den gurpil gehigarria muntatzen dela.

Ardatz primarioak, enbragetik biraketa jasotzen duena, ardatz sekundarioaren ardazkidea da eta biak elkarrekin akoplatu daitezke martxa zuzena (5 .martxa) lortzeko. Bestetik, bitarteko ardatza bi hauekiko paraleloan kokatzen da eta horrela engranajeetako gurpil bana bitarteko ardatzean eta ardatz primarioan edo sekundarioan kokatzen da.



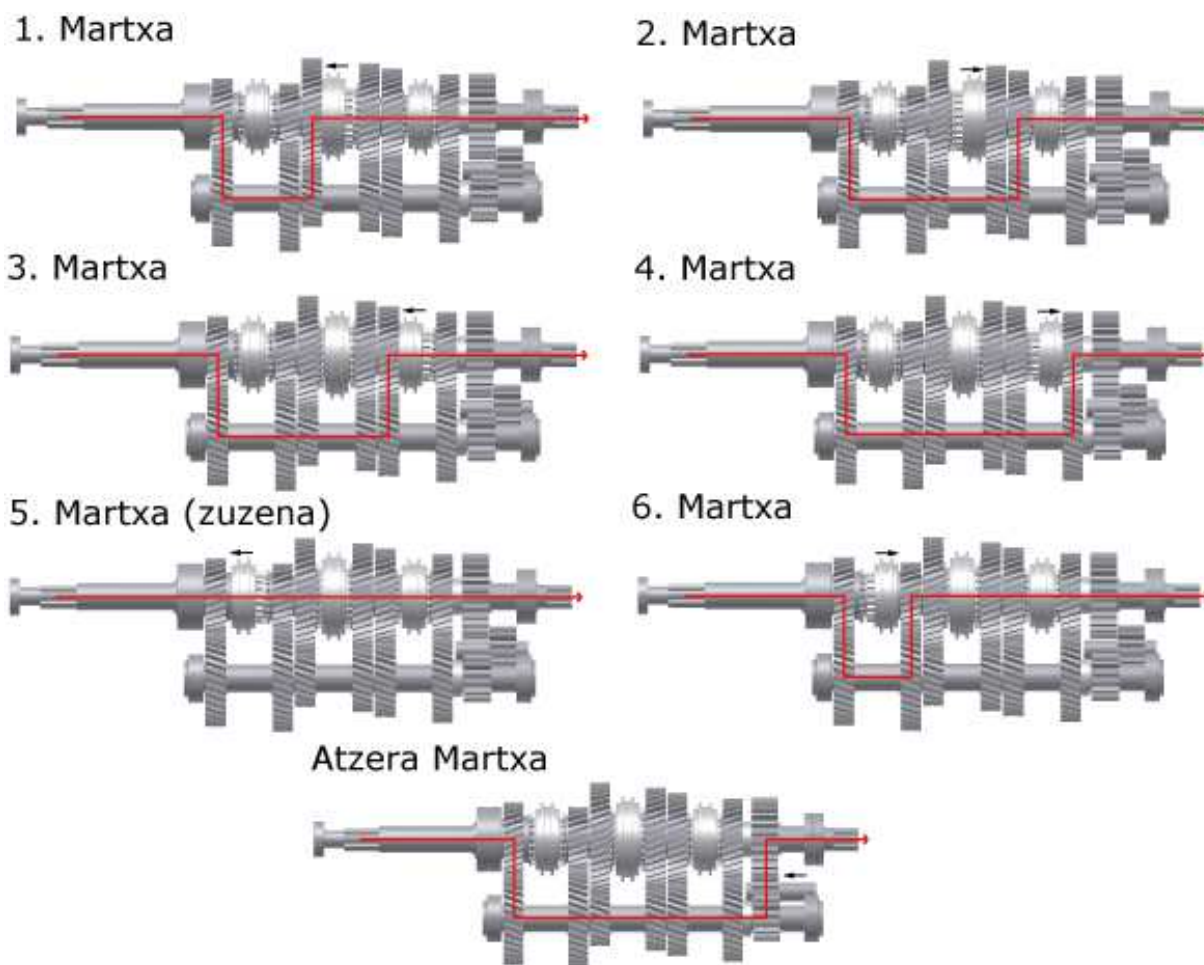
2.38 irudia: Abiadura kaxaren ardatzak

Martxen engranajeak ardatz paralelotan egonik, beren gurpilen ardatzen arteko konstantea mantendu behar da. Engranajeak normalak edo 'A-cero' motakoak direla suposatu da eta engrane arazoak ekiditeko, gurpil guztiek modulu eta angelu berdinak dituztela kontsideratu da, beraz, engranaje bakoitzeko hertz kopuruen batura konstantea da.

Engranajeek ardatzen arteko distantzia errespetatzen dutela, hasierako erredukzioaren engranajea ardatz primarioan eta bitartekoan kokatzen da eta beste martxen engranajeak, ordea, bitarteko ardatzean eta sekundarioan doaz.

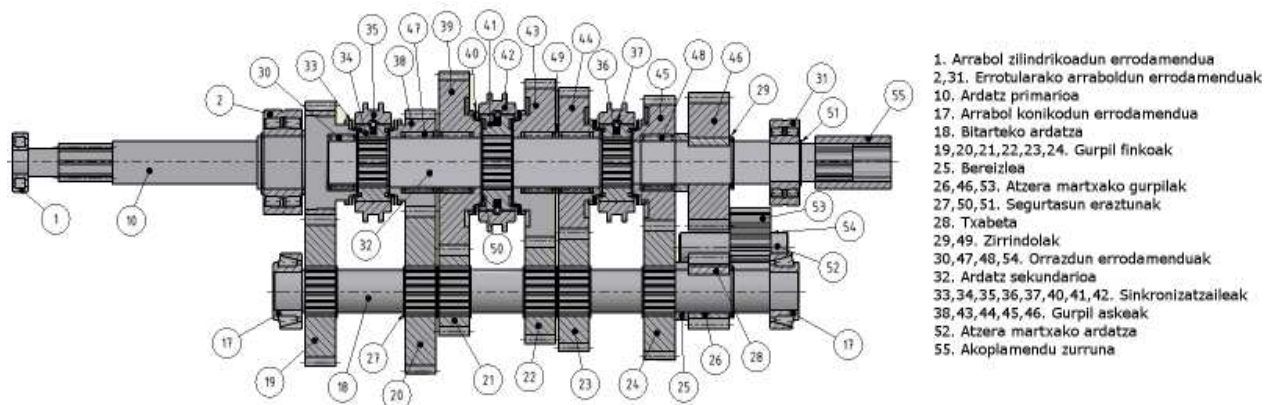
Gauzak horrela, enbragea enbragatuta dagoenean motorraren biraketa ardatz primarioa heltzen da eta honetan mekanizaturiko gurpilaren bidez biraketa bitarteko ardatzera transmititzen da, engranaje honek hasierako erredukzioa osatzen duela. Aldi berean, ardatz honen solidario diren gurpilak ardatz sekundarioaren gurpil askeekin engranatu daude eta sinkronizatzailearen bidez gidariak aukeratutako martxaren gurpila finkatu eta biraketa ardatz sekundarioa heltzen da, bertatik biraketa erreduktorea ateratzen dela. Martxa zuzenean, 5. martxan, ez da halakorik gertatzen eta biraketa zuzenean ardatz primariotik sekundarioa igarotzen da, sinkronizatzaile bidez bi ardatzak elkartzen direla.

Atzera martxaren kasuan, atzera martxako ardatzaren gurpila desplazatu eta bitarteko ardatzaren eta sekundarioaren artean tartekatzen da, honek bitarteko ardatzetik sekundarioarako biraketa transmititzen duela. Modu horretan, biraketaren noranzkoa aldatzen da eta sekundariotik irteten den biraketa sarrerakoaren alderantzizkoa da.



2.39 irudia: Abiadura kaxaren transmisioa martxa bakoitzean

Hori horrela izanik, abiadura kaxaren diseinua eta dimentsionamendua egiteko, bere atal nagusiak aztertu dira.



- 1. Arrabol zilindrikoadun errodamendua
- 2,31. Errotularako arraboldun errodamenduak
- 10. Ardatz primarioa
- 17. Arrabol konikodun errodamendua
- 18. Bitarteko ardatza
- 19,20,21,22,23,24. Gurpil finkoak
- 25. Bereizlea
- 26,46,53. Atzera martxako gurpilek
- 27,50,51. Segurtasun eraztunak
- 28. Txabeta
- 29,49. Zirrindolek
- 30,47,48,54. Orrazdun errodamenduak
- 32. Ardatz sekundarioa
- 33,34,35,36,37,40,41,42. Sinkronizatzaileak
- 38,43,44,45,46. Gurpil askeak
- 52. Atzera martxako ardatza
- 55. Akoplamendu zurrina

2.40 irudia: Abiadura kaxaren osagaiak

2.7.3.1 Ardatz primarioa

Ardatz primarioa enbrageko biraketa jaso eta bitarteko ardatzera nahiz sekundarioa transmititzen duen ardatz betea da.

Enbragea bere gainean muntatzen da eta enbrage diskoa ardatzarekin ildaskatuta dago, bertatik biraketa igarotzen dela enbragea enbragatuta dagoenean. Horrez gain, hasierako erredukzioaren gurpila mekanizaturik du biraketa bitarteko ardatzera transmititzeko eta horren alboan ildaskatua du martxa zuzenean sinkroniztailearekin sekundarioa akoplatu eta zuzenean biraketa transmititzeko. Era berean, ardatz sekundarioaren errodamenturako ahokalekua du, berau ardatz primarioan apoiatzen baita bi ardatzen lerrokatzea eta konexioa lortzeko. Hasierako erredukzioaren gurpilak, 1. gurpilak, dituen neurri nagusiak 2.4 taulan erakusten dira.

| Gurpila | z | m_r [mm] | α_r [°] | β_a [°] | b [mm] | d [mm] | d_k [mm] | d_b [mm] |
|---------|----|---------------|----------------|---------------|-----------|-----------|---------------|---------------|
| 1 | 28 | 4 | 20 | 20 | 34 | 119,188 | 127,188 | 109,188 |

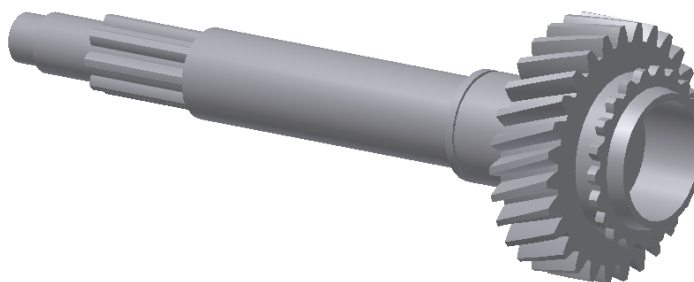
2.4 taula: 1. gurpilaren dimentsio nagusiak

Ardatza bere gaineko esfortzuak jasateko eta biraketa transmititzeko gai izan behar dela kontuan izanda, bere diametroa nagusia 45 mm da eta enbrage diskoarekin 40 mm-ko diametroko eta 4 mm-ko modulua duen DIN 5480 ildaskatua jarri da (kalkuluen eranskinetako 3.4.2.2 eta 3.4.2.3 ataletan).

Enbrage diskoa ardatz primarioaren ildaskatutik lasaiera handirekin desplazatzen da, hortaz, ildaskatu horretan H8/e9 perdoia jarri da.

Ardatz primarioan eta gainontzeko ardatzetan ere erabilitako materiala 14NiCrMo13-4 altzairu aleazio zementatu eta tenplatua da, izan ere, material honek ardatzetako esfortzu exigenteak jasateko erresistentzia, gogortasun eta plastikotasun egokiak bateratzen ditu.

Ardatz primarioa bere gain muntatzen diren elementuek baldintzatzen dute eta 381,15 mm-ko luzera totala du. Ardatz honen dimentsioak M-03-IIBTD-P06 planoan espezifikatzen dira.



2.41 irudia: Ardatz primarioa

2.7.3.2 Bitarteko ardatza

Bitarteko ardatza gurpil finkoak dituen eta ardatz primariotik sekundariora biraketa transmititzen duen ardatz betea da.

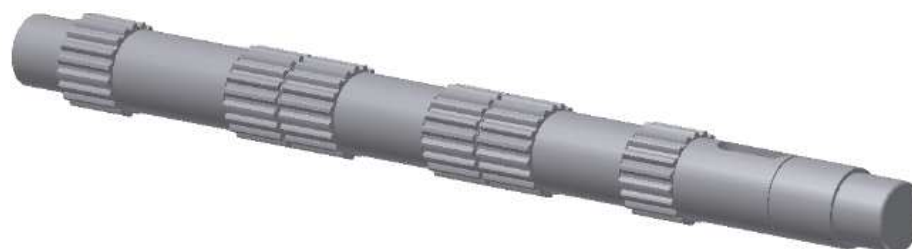
Biraketa hasierako erredukzioaren engranajearen bitartez heltzen da eta gurpilak ardatzera ildaskatuta egonda, ardatz eta gurpil guztiek batera biratzen dute martxaren arabera ardatz sekundariora biraketa transmititu dezaketela. Ibilgailu honen funtzionamendu baldintzak nahiko exijenteak dira eta ildaskatuek gurpiletako pare eta esfortzu handiak jasan ditzakete, gurpilak desmuntatzeko aukera ere ematen duela. Edonola ere, atzera martxari dagokion gurpila DIN 6885 A txabetaren bidez lotzen da, izan ere, martxa hori gutxiagotan erabiltzen da eta hainbesteko exijentziak jasaten ez dituela suposatuta da, txabetaren bidez ardatzean eskaloari gehiago egotea ekiditen dela.

Ardatzak dagozkion exijentzietan aurre egiteko eta ildaskatu bidez gurpil finkoak birarazteko, bere diametro orokorra 45 mm-koa da eta gurpil guztietan 52 mm-ko diametroan eta 2,5 mm-ko moduludun DIN 5480 ildaskatua erabili da (kalkuluen eranskineko 3.4.2.2 eta 3.4.2.3 ataletan).

Praktikan ardatzaren eta gurpilen arteko ildaskatua desplazamendurik edo lasaierarik egon behar ez denez, behartuta den eta mailuzko muntaketa behar duen H7/k9 perdoia ipini da.

Bitarteko ardatza 14NiCrMo13-4 altzairu aleazio zementatu eta tenplaturtua da, bere propietate mekanikoak ardatzetan agertzen diren karga eta esfortzuak jasateko aproposak baitira.

Bitarteko ardatzaren dimentsioak ardatz sekundarioarenek mugatzen dituzte beren gurpilak elkarrekin engranatzeko dutelako eta bere guztizko luzera 581,3 mm da. Ardatzaren xehetasunak M-03-IIBTD-P07 planoan azaltzen dira.



2.42 irudia: Bitarteko ardatza

2.7.3.3 Ardatz sekundarioa

Ardatz sekundarioa gurpil askeak eta horiek ardatzarekin batera birarazten dituzten sinkronizatzaileak dituen eta biraketa erreduktorerara transmititzen duen ardatz betea da.

Ardatzean muntatzen diren gurpil askeek ez dute ardatzarekin batera biratzen eta orrazdun errodamenduen gainean kokatzen dira marruskadura eta higadura minimizatzeko. Gurpil hauek etengabe bitarteko ardatzekoekin engranatuta daude eta beren potentzia jasotzen dute, baina hori ez da ardatz sekundarioa heltzen. Sinkronizatzaileak gurpil aske horiek ardatzarekin batera biratzeaz arduratzen dira, gidariak aukeratutako martxaren gurpil askea finkatu eta biraketaren transmisioa gertatzen dela. Zehazki, kubo sinkronizatzailea ardatzera ildaskatuta dago eta sinkronizatzailea bere gain desplazatu daiteke, bi hauek ere elkarri ildaskatuta daudela. Modu horretan, gidariak martxa bat hautatzen duenean, urkilaren bidez sinkronizatzailea martxaren gurpil askearen alboko arrasteko hortzekin akoplatu eta ardatzarekiko solidario bihurtzen du, ardatz sekundarioa potentzia transmitituz. Dena dela, atzera martxan ez dago sinkronizatzaileen beharrik eta gurpila DIN 6885 A txabeta bidez elkartzen da ardatzera.

Ardatzak funtzionamendu eskakizunak jasateko eta sinkronizatzaileen kuboekin ildaskatzeko, 45 mm-ko eta 52 mm-ko diametro nagusiak ditu eta horietan 52 mm-ko eta 58 mm-ko diametroa eta 2,5 mm-ko modulua duten DIN 5480 ildaskatuak ezarri dira hurrenez hurren (kalkuluen eranskinetako 3.4.2.2 eta 3.4.2.3 ataletan).

Gurpil finkoen kasuan bezala, ardatzaren eta kubo sinkronizatzaileen arteko ildaskaturako behartua den eta mailuzko muntaketa duen H7/k9 perdoia jarri da.

Ardatz sekundarioarako beste ardatzetan ere erabili den 14NiCrMo13-4 altzairu aleazio zementatu eta tenplatua baliatu da, ardatzetan sortzen diren esfortzuak pairatzeko egokia baita.

Ardatz sekundarioaren dimentsioak bere gain muntatzen diren horzdun gurpilek eta sinkronizatzaileek markatzen dituzte eta bere luzera totala 580,8 mm-koa da. Ardatzaren beste neurri eta zehaztapenak M-03-IIBTD-P12 planoan agertzen dira.



2.43 irudia: Ardatz sekundarioa

2.7.3.4 Atzera martxako ardatza

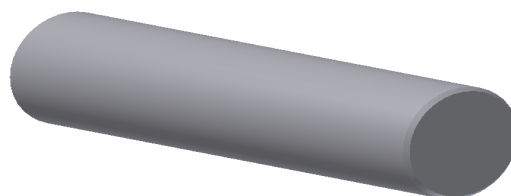
Atzera martxako ardatza bi muturretan karkasari landatuta dagoen eta atzera martxaren tarteko gurpila eusten duen ardatz betea da.

Atzera martxaren gurpila ez da ardatzaren solidarioa eta orrazdun errodamenduen gainean muntatzen da, gurpilaren zabalera handiagatik bi orrazdun errodamendu jartzen direla. Atzera martxa hautatzean urkilak gurpila desplazatu eta bitarteko eta sekundarioko gurpilekin engranatzan du, gurpilearekin batera errodamenduak ere mugitzen direla. Modu horretan, ardatz sekundariora kontrako noranzkoa duen biraketa transmititzea lortzen da.

Ardatzak beharrak betetzeko eta tarteko gurpila eusteko, 32 mm-ko diametroa ardatz osoari ezarri zaio (kalkuluen eranskineko 3.4.2.2 atalean), sekzio konstantekoa izan behar delako gurpila bere gain mugitu ahal izateko.

Ardatz honetarako ere 14NiCrMo13-4 altzairu aleazio zementatu eta tenplatua hartu da.

Atzera martxako ardatzaren dimentsioak bere gain doan tarteko gurpilaren eta bere desplazamenduaren araberakoa da eta luzera 120 mm-koa da. Ardatzak honen dimentsio guztiak M-03-IIBTD-P19 planoan jasotzen dira.



2.44 irudia: Atzera martxako ardatza

2.7.3.5 Engranajeak

Engranajeak ardatz batetik bestera biraketa transmititzen eta erreduzitzen duten horzdun gurpil bikoteak dira.

Engranajeen gurpilak elkarren paraleloak diren ardatzetan kokatzen dira eta hasierako erredukzioan ezik, engranajeen gurpil bat ardatzarekiko solidarioa eta bestea askea da, aukeratutako martxari dagokion engranajearen gurpil askea finkatzen dela.

Martxa bakoitzak engranaje bat du eta bere gurpilen arteko transmisio erlazioak martxari dagokion erredukzioa ezartzen du. Martxa laburrek erredukzio handiagoa dute, eta biraketa abiadura txikiagoa eta pareta handiagoa garatzeko ahalmena dute.

Martxa luzeek, berriz, erredukzio txikiagoa dute eta alderantzikoa gertatzen zaie. Abiadura kaxako martxa bakoitzaren eta transmisioko beste elementuen erredukzioa kamioiaren espezifikazio teknikoek zehazten dituzte 2.1 taulan ikusi daitekeen bezala.

Transmisio erlazioen balioak eta gurpilen hortzen baturak (konstantea) jakinda, gurpilen hortz kopurua definitu dira (kalkuluen eranskineko 3.4.1.1 atalean), betiere ahal den heinean erredukzio teorikoetara hurbildu eta esfortzuak jasateko gai izan behar direla.

Horzdun gurpil guztietan N7 gainazal akabera kalitatea eta 18CrNi8 altzairu aleazio zementatu eta tenplatu aukeratu da bere gainazaleko gogortasun eta higaduraren aurkako erresistentzia handiagatik.

Dena den, abiadura kaxako engranaje guztiak ez dira berdinak, bakoitzak bete behar dituen eskakizunen arabera egokiena hautatzen dela.

2.7.3.5.1 Aurrera martxen engranajeak

Aurrera martxen engranajeen gurpilek uneoro engranatuta daude eta hortz helikoidalekoak dira, beren hortzak zeharrik izanda, gurpilen arteko engrane luzeagoa (kontaktu gainazala handiagoa) eta transmisio leunagoa lortuz. Horrez gain, gurpilek presio txikiagoa jasaten dute eta transmisioa erresistenteagoa eta karga ahalmen handiagokoa da.

Engranaje guztien hortzen arteko kontaktuko presio edo engrane angelurako (α) 20° -ko presio angelu normalizatua ezarri da. Era berean, engranaje helikoidaletan hortzak inklinatuak dira eta gurpil helikoidal guztien hortzen inklinazio edo helize angelurako (β) normalizatua den 20° -ko inklinazio angelua hartu da.

Engranajeak aztertzeko, moduluaren kontzeptua erabiltzen da, honek engranajea ezaugarritzen du eta engranajearen dimentsioak eta karga ahalmena determinatzen ditu. Beren artean ondo engranatu ahal izateko, engranaje bereko gurpilek modulu bera izan behar dute, baina oraingoan engranaje helikoidal guztiek modulu bera dutela kontsideratu da.

Horrenbestez, martxa bakoitzaren engranajeetako gurpil txikiaren (gehien sufritzen duena) modulu aztertu eta modulu handiena gainontzeko gurpilei ezarri zaie (kalkuluen eranskineko 3.4.1.2 atalean). Abiadura kaxaren aurrera martxen gurpil askeen eta finkoen behin betiko ezaugarri eta dimentsio nagusiak 2.5 taulan erakusten dira.

| Gurpila | Martxa | z | m_r [mm] | α_r [°] | β_a [°] | b_a [mm] | d [mm] | d_k [mm] | d_b [mm] |
|---------|--------|----|---------------|----------------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|
| 2 | HE | 35 | 4 | 20 | 20 | 34 | 119,188 | 127,188 | 109,188 |
| 3 | AU1 | 20 | 4 | 20 | 20 | 34 | 148,985 | 156,985 | 138,985 |
| 4 | AU1 | 43 | 4 | 20 | 20 | 34 | 85,134 | 93,134 | 75,134 |
| 5 | AU2 | 24 | 4 | 20 | 20 | 34 | 183,039 | 191,039 | 173,039 |
| 6 | AU2 | 39 | 4 | 20 | 20 | 34 | 102,161 | 110,161 | 92,161 |
| 7 | AU3 | 28 | 4 | 20 | 20 | 34 | 166,012 | 174,012 | 156,012 |
| 8 | AU3 | 35 | 4 | 20 | 20 | 34 | 119,188 | 127,188 | 109,188 |
| 9 | AU4 | 32 | 4 | 20 | 20 | 34 | 148,985 | 156,985 | 138,985 |
| 10 | AU4 | 31 | 4 | 20 | 20 | 34 | 136,215 | 144,215 | 126,215 |
| 11 | AU6 | 39 | 4 | 20 | 20 | 34 | 131,958 | 139,958 | 121,958 |
| 12 | AU6 | 24 | 4 | 20 | 20 | 34 | 166,012 | 174,012 | 156,012 |

2.5 taula: Aurrera martxen gurpilen dimentsio nagusiak

Aurretik aipatu bezala, aurrera martxen engranajeek gurpil aske eta finko bat dute eta horien guztien dimentsio eta espezifikazioak M-03-IIBTD-P08, M-03-IIBTD-P09, M-03-IIBTD-P10, M-03-IIBTD-P13, M-03-IIBTD-P14 eta M-03-IIBTD-P15 planoetan erakusten dira.



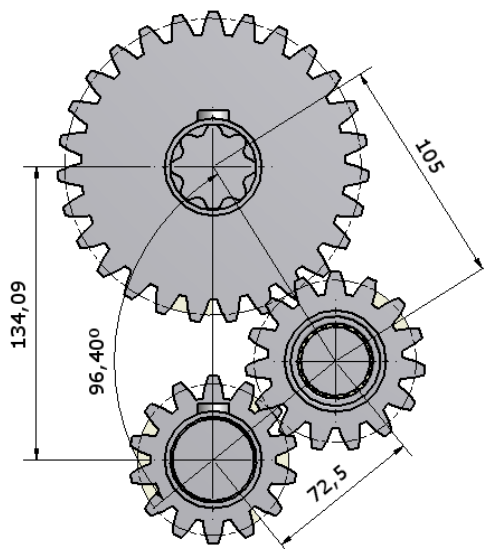
2.45 irudia: Hortz helikoidaleko gurpil askea eta finkoa

2.7.3.5.2 Atzera martxaren engranajea

Atzera martxaren gurpilak hortz zuzenekoak dira bitarteko ardatzaren eta sekundarioaren gurpilen artean biraketaren noranzkoa alderantzikatzen duen gurpil gehigarri bat tartekatzen delako. Gidariak atzera martxa hautatzen duenean, tarteko gurpila desplazatu eta beste biekin engranatzen du, gurpil helikoidaletan halakorik gertatu ezin daitekeela.

Mekanismo hau hiru gurpilez osatutako hortz zuzeneko engranaje arrunta da, zeinetan tarteko gurpilak biraketaren noranzkoa aldatzen duen erredukzioan eragin gabe. Engranaje honen gurpilek behar bezala engranatu dezaten eta interferentziarik

egon ez dadin, atzera martxaren ardatzak besteekiko $96,403^\circ$ -ko angelua osatu behar du (kalkuluen eranskineko 3.4.1.3 atalean).



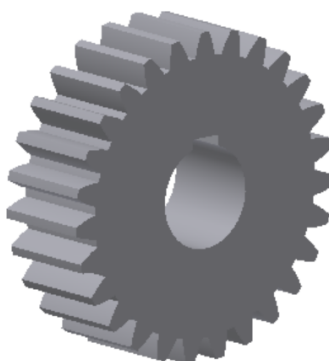
2.46 irudia: Atzera martxaren engranajearen kokapena

Atzera martxa ere moduluan oinarrituta aztertzen da eta bitarteko ardatzaren gurpila kritikoena izanda, horren modulua besteei ezarri zaie (kalkuluen eranskineko 3.4.1.3 atalean). Atzera martxaren engranajearen gurpilen ezaugarri eta dimentsio nagusiak 2.6 taulan azaltzen dira.

| Gurpila | Martxa | z | m [mm] | α [°] | b [mm] | d [mm] | d_k [mm] | d_b [mm] |
|---------|--------|----|--------|--------------|--------|--------|------------|------------|
| 13 | AM | 14 | 5 | 20 | 45 | 70 | 80 | 57,5 |
| 14 | AM | 15 | 5 | 20 | 45 | 75 | 85 | 62,5 |
| 15 | AM | 27 | 5 | 20 | 45 | 135 | 145 | 122,5 |

2.6 taula: Atzera martxaren gurpilen dimentsio nagusiak

Lehenago esan bezala, atzera martxaren gurpilak txabeta bidez ardatzetara finkatzen dira eta tarteko gurpil desplazagarri bat dute, horien zehaztapenak M-03-IIBTD-P11, M-03-IIBTD-P13 eta M-03-IIBTD-P19 planoetan azaltzen dira.



2.47 irudia: Hertz zuzeneko gurpila

2.7.3.6 Sinkronizatzaileak

Sinkronizatzaileak ardatz sekundarioaren gurpil askeak ardatzarekin birarazten dituzten osagaiak dira.

Sinkronizatzaileek kubo sinkronizatzailearen ildaskatuaren bidez ardatzarekin batera biratzen dute eta hauen gainean desplazagarria den sinkronizatzailea ildaskatuta dago. Horrekin batera, sinkronizatzaileen eta gurpil askeen artean eraztun sinkronizatzaileak kokatzen dira eta enbrage konikoak bailiran, gurpil askea geldiarazi eta abiadura berdinduz sinkronizatzailearen eta gurpil askearen arrasteko hortzen engranea leunagoa izatea ahalbidetzen du.

Martxa hautatzerakoan, urkilak sinkronizatzailea martxaren gurpil askerantz desplazatzen du. Honek aldi berean tartean dagoen eraztun sinkronizatzailea bultzatzen du eta honen eta gurpilaren arteko konikotasunak gurpil askea zertxobait balaztatzen du akoplatzea errazteko. Horri esker, sinkronizatzailea eta gurpilaren arrasteko hortzek hobeto engranatzten dute eta horrela sinkronizazioa burutzen da, sinkronizatzailearen eta kuboaren bitartez biraketa ardatz sekundariora ailegatzen dela.

Sinkronizatzailearen eta kuboaren arteko ildaskatuan malguki eta bola batez osatutako sistema dago. Honek sinkronizatzailearen hasierako posizioa (desplazatu gabe) egonkortu eta desplazamenduaren doitasun handitzen du. Zehazki, sinkronizatzaile bakoitzak uniformeki banatutako bi sistema (180°-tara) ditu.

Gurpil askeen eta ardatzen ezaugarriak direla medio, dimentsioen ikuspuntutik 3/4 eta 5/6 martxen sinkronizatzaileak berdinak eta 1/2 martxena ezberdinak dira. Hain zuzen, ardatz sekundarioan aipaturiko barne ildaskatu ezberdina izateaz gain, sinkronizatzailearen eta kuboaren artean 90 mm-ko eta 110 mm-ko diametroa eta 4 mm-ko modulua duten ildaskatuak baliatu dira 3/4 eta 5/6 martxen eta 1/2 martxen sinkronizatzaileetan hurrenez hurren (kalkuluen eranskinetako 3.4.4.2 atalean).

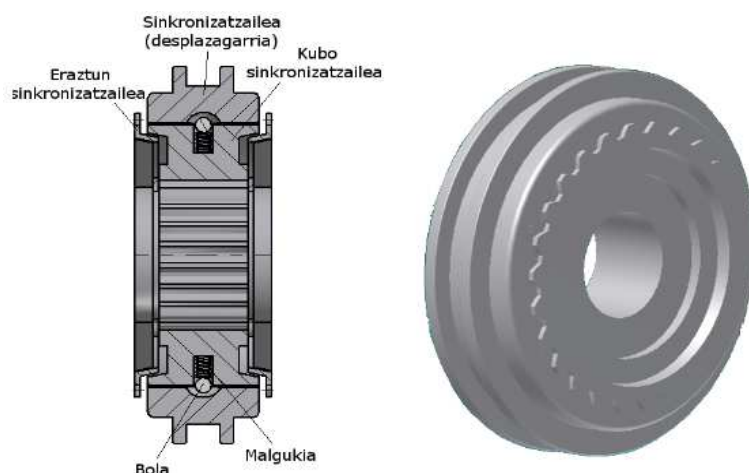
Kubo sinkronizatzaileak eta gurpilen arrasteko hortzek sinkronizatzailearekin eratzen duten ildaskatu horrek sinkronizatzailearen desplazamendua egotea utzi behar du, beraz, labainkorra den H8/h9 perdoia baliatu da.

Sinkronizatzaileak eta kuboak 16MnCr5 altzairu aleazio zementatu eta tenplatukoak dira sinkronizazio prozesuan sortzen diren esfortzuak eta higadura jasateko gaitasun handia duelako.

Eraztun sinkronizatzaileetarako, berriz, higaduraren erresistentzia oso handia duen 51CrMoV4 altzairu aleazio hobetu eta tenplatu hautatu da.

Bestetik, malguki eta boletan 50CrV4 altzairu aleazio hobetu eta tenplatua erabili da, bere elastikotasun eta erresistentzia handiagatik malgukietan eta antzeko piezetan oso arrunta dela.

Sinkronizatzaile guztietan kuboaren barne ildaskatuak 32 mm-ko zabalera du eta horren gain osagai desberdinak muntatzen dira. Sinkronizatzaileen dimentsioak eta espezifikazio guztiak M-03-IIBTD-P16, M-03-IIBTD-P17 eta M-03-IIBTD-P18 planoetan agertzen dira.



2.48 irudia: Sinkronizatzailea

2.7.3.7 Errodamenduak

Errodamenduak ardatz birakorrak eta gurpil askeak eutsi eta beren kargak xurgatzen dituzten elementuak dira.

Mota eta tamaina anitzeko errodamenduak daude eta beren barneko elementu errodatzaileek (bolak, arrabolak...) ezaugarri eta izaera desberdineko kargak jasateko eta absorbatzeko ahalmena dute, horrela osagai birakorrak beste osagai finkoetan nahiz birakorretan apoiatu daitezke marruskadura eta higadura minimizatuz.

Errodamenduak elementu normalizatuak eta komertzialak dira eta errodamendu eta ixte-eraztunak fabrikatzen dituen SKF enpresaren katalogotik hartu dira, beren aukeraketa karga motak jasateko gaitasunaren eta espazio erabilgarriaren arabera burutzen dela. Hain zuzen ere, fabrikanteak ISO 281:1990 araudiaren arabera den karga gaitasun dinamikoa (nominala) oinarritzat hartzen du, zeini 10^6 (1 milioi) birako iraupena eta %90-ko fidakortasuna ezartzen zaion.

Orokorrean beren barneko elementu errodatzailearen arabera lau errodamendu mota nagusi bereizten dira, gero horien arteko konbinaketak ere gauzatu daitezkeela:

- Boladun errodamenduak: Karga erradialak eta axialak jasan ditzakete, baina karga ahalmena besteetan baino txikiagoa da eta esfortzu txikiak eta biraketa abiadura handia den aplikazioetan erabili ohi dira.
- Arraboldun errodamenduak: Karga erradial altuak jasan ditzakete, norabide erradialean karga ahalmen oso handia dute eta ez dute indar axialik jasaten.
- Arrabol konikodun errodamenduak: Karga erradial altuak eta karga axialak noranzko batean jasan ditzakete, horregatik binaka jartzen dira bakoitzak noranzko batean karga axiala jasateko, muntaketa aurpegiak aurrez aurre edo bizkarrak elkarren kontra daudela izan daiteke.
- Orrazdun errodamenduak: Karga erradial altuak jasan ditzakete eta espazio erradiala mugatua denean erabiltzen dira, tamaina txikiagoko arraboldun errodamenduak direla kontsideratu daiteke.

Abiadura kaxako errodamendu guztiak ez dira berdinak eta beren kokapenagatik funtzio desberdinak betetzen dituzten errodamenduak daude, betiere indar axiala errodamenduetako batek edo biek batera xurgatu behar dutela.

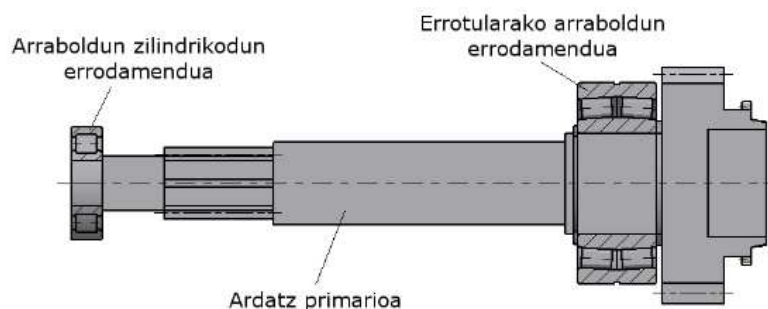
Aipatzekoa da errodamendu guztiak beren ardatzarekiko birakorrak eta labainkorrak izan behar direla, horregatik errodamendu guztietan eta dagozkien ardatzetan N7 gainazal akabera kalitatea eta H7/h7 perdoia jarri da.

2.7.3.7.1 Ardatzen errodamenduak

Abiadura kaxako ardatzak biapoiatuak dira eta esfortzu handiak agertzen direnez gero, arraboldun errodamenduen erabilera hobesten da karga gaitasun handiagoa dutelako. Hori oinarri izanik, kasuan kasuko indar eta espazio eskakizunen arabera ardatz bakoitzerako errodamendu egokienak hautatu dira (kalkuluen eranskineko 3.4.3.1 atalean).

Ardatz primarioan hasierako erredukzioaren gurpiletik hurbilen dagoen euskarriak, B euskarriak, karga altuak jasaten ditu, horregatik karga gaitasun erradial eta axial handia duen errotularako arraboldun errodamendua hautatu da. Berez errotularako arraboldun errodamenduak inklinatuta dauden arrabol zilindrikoen bi ilara ditu eta karga axialak eta erradialak jasan ditzake. A euskarrian, aldiz, karga gaitasun erradiala soilik duen arrabol zilindrikodun errodamendua jarri da.

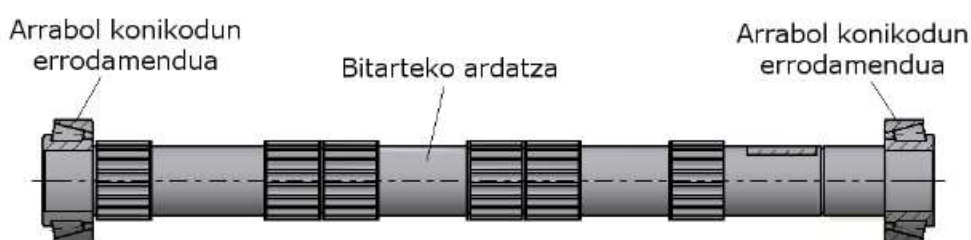
Euskarriek izan beharreko karga gaitasuna eta barne diametroa oinarri izanda, A euskarriko NU 305 ECP arrabol zilindrikodun errodamendua eta B euskarriko 22311 E errotularako arraboldun errodamendua hartu da.



2.49 irudia: Ardatz primarioko errodamenduak

Bestalde, bitarteko ardatzean bi euskarriek, C eta D euskarriek, antzeko kargak jasaten dituzte eta bizkarrak elkarren kontra dituzten ilara bakarreko arrabol konikodun errodamendu bana ipini da, bakoitzak karga gaitasun erradiala eta noranzko batean karga gaitasun axiala duela.

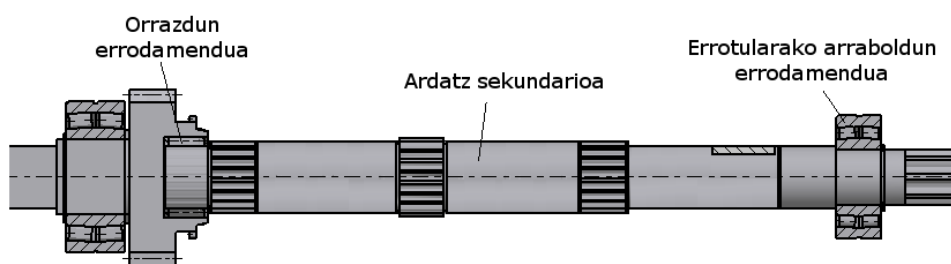
Euskarrien beharrezko karga gaitasuna eta dimentsioak kontsideratuz, C eta D euskarrietan 33208/QCL7C arrabol konikodun errodamendua jarri da biek bizkarrak elkarren kontra dituztela.



2.50 irudia: Bitarteko ardatzeko errodamenduak

Azkenik, ardatz sekundarioan ardatz primarioan ahokatzen den euskarriak, E euskarriak, sekzio erradial txikia izan behar du eta karga gaitasun erradiala soilik duen orrazdun errodamendua aukeratu da. F euskarrian, berriz, karga gaitasun erradiala eta axiala duen errotularako arraboldun errodamendua jarri da.

Euskarriek izan behar duten karga gaitasuna eta dimentsionamendua kontuan izanik, E euskarriko K45x59x32 orrazdun errodamendua eta F errodamendurako 22308 E errotularako arraboldun errodamendua hautatu da.



2.51 irudia: Ardatz sekundarioko errodamenduak

2.7.3.7.2 Gurpil askeen errodamenduak

Ardatz sekundarioko eta atzera martxako gurpilek ardatzen gain higadura edo marruskadurarik gabe libre biratu ahal izateko, errodamenduetan muntatu behar dira (kalkuluen eranskineko 3.4.3.2 atalean).

Errodamendu hauek gurpilen barnean ahokatzen direnez, sekzio erradial txikia eta karga gaitasun erradial altua izan behar dute. Horren ondorioz, gurpil askeetan orrazdun errodamenduak jartzea erabaki da, beren luzerak gurpilen zabaleren antzekoak izan behar direla.

Karga gaitasun eta dimentsio eskakizunak direla medio, 8. gurpilean K45x59x38 eta beste gurpil askeetan K52x64x38 orrazdun errodamenduak ipini dira. Atzera martxako gurpilaren kasuan luzera handia da eta karga gaitasun handiegia behar denez, NKS 32 bi orrazdun errodamendu elkarren segidan jarri dira. Errodamendu hauek gainera kanpo eraztuna izan behar dute gurpilean estu ahokatzeko eta gurpilarekin batera desplazatzeko, beraz, kanpoaldeko eraztunean behartua den eta mailuzko muntaketa behar duen H7/k9 perdoia ipini da. Barnealdekoan, aldiz, beste errodamenduetan bezala, H7/h7 perdoia jarri da.

2.7.3.8 Akoplamendu zurruna

Akoplamendu zurruna ardatz sekundarioaren irteera eta erreduktorearen sarrera iraunkorki konektatu eta potentzia transmititzen duen pieza zilindrikoa da.

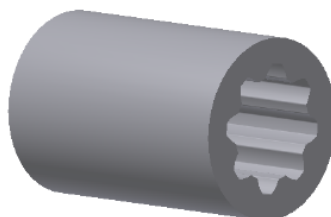
Akoplamendu hau karga eta pare handien eraginpean dago eta transmisioa ildaskatuaren bidez egiten da beren karga gaitasun eta erresistentzia handiagatik. Gainera, horrek ardatz sekundarioa eta erreduktoreko sarrera desmuntatzeko aukera ematen du. Akoplamendua gauzatzeko ardatz sekundarioak eta erreduktorearen sarrera ardatzak ildaskatuta izan behar dute eta akoplamenduak kubo lana egiten du, bi ardatzak elkartzen dituela.

Akoplamendu zurrunak biraketa transmititu eta bere baldintza exigenteak direla eta, 40 mm-ko diametroa eta 4 mm-ko modulua duen DIN 5480 ildaskatua baliatu da eta 8 mm-ko lodiera duen horma gehitu zaio (kalkuluen eranskineko 3.4.2.3 atalean).

Ildaskatu horrek lotura zurrun eta trinkoa osatu behar du, inolako desplazamendu eta lasaierarik gabe, horregatik ardatz sekundarioak eta erreduktorearen sarrera ardatzak akoplamenduarekin behartua eta mailuzko muntaketa duen H7/k9 perdoia eratzen du.

Akoplamendurako ardatzetan bezala 14NiCrMo13-4 altzairu aleazio zementatu eta tenplatua baliatu da, beharrezko propietate mekanikoak bateratzen dituena.

Akoplamendu zurrunak 84 mm-ko luzera du konexioa sendoa eta erresistentea izan dadin. Akoplamenduaren neurri guztiak M-04-IIBTD-P20 planoan biltzen dira.



2.52 irudia: Akoplamendu zurruna

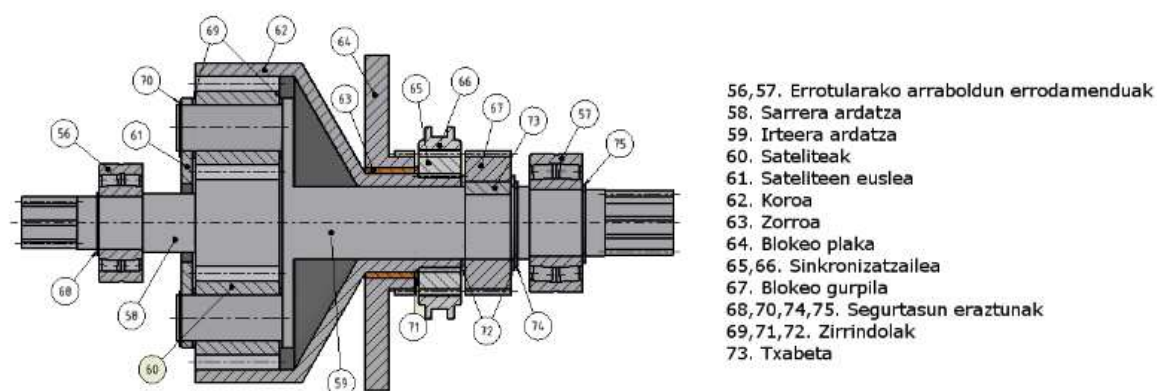
2.7.4 Erreduktorea

Transmisio sistema honetan hortz helikoidaleko engranaje epizikloidal edo planetarioko erreduktorea jarri da, honek biraketaren transmisioan agertzen diren eskakizun zorrotzak jasan eta egitura nahiko konpaktuan (abiadura kaxaren aparte) transmisio leuna eta eraginkorra lortzen da.

Aurretik aipatu bezala, erreduktore hau aukerazko erredukzio gehigarri bat da eta martxa kopurua bikoizteaz arduratzen da, bi abiadura sorta (laburra eta luzea) sortzen direlarik. Horrela motorraren potentzia hobeto aprobetxatzen da eta ibilgailuak eremu eta egoera aniztasun handiagoan higitzeko gaitasuna du.

Engranaje planetarioko erreduktorearen funtzionamendua etapa planetario batean oinarritzen da, zeina gurpil planetarioaz, hiru satelitez, koroaz eta portasateliteaz osatuta dagoen. Gidariak aukeratutako abiadura sortaren arabera atal batzuk blokeatu eta erredukzio konkretu bat lortzen da. Horretarako, urkila batek engranaje planetarioaren osteko sinkronizatzailea desplazatu eta dagokion partea blokeatzen du.

Hori oinarritzat hartuta, erreduktorearen diseinu eta dimentsionamendua burutzeko, berau osatzen duten atal nagusiak aztertu dira.



2.53 irudia: Erreduktorearen osagaiak

2.7.4.1 Sarrera ardatza

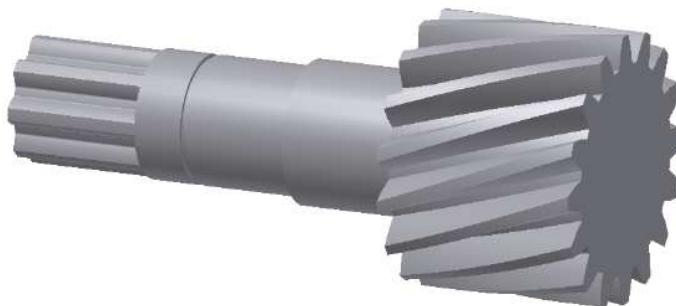
Sarrera ardatza ardatz sekundarioko biraketa jaso eta engranaje planetariora eramaten duen ardatz betea da.

Sarrerarako muturrean ildaskatuta dago akoplamendu zurrunarekin bat egin eta abiadura kaxako biraketa etengabe jasotzeko. Beste muturrean, berriz, engranaje planetarioaren gurpil planetarioa mekanizatuta du eta honen inguruan engranaje planetario osoa muntatzen da, bertan erredukzioa gertatzen dela.

Ardatzak esfortzuak jasateko eta biraketa transmititzeko, ardatz sekundarioaren irteerako beheratzearekin bat datorren 40 mm-ko diametroa baliatu da (kalkuluen eranskineko 3.5.2.2 atalean). Ardatzean mekanizatuta doan gurpil planetarioa engranaje planetarioaren multzoaren parte izanda, bere zehaztapenak engranaje planetarioaren 2.7.4.3 ataleko 2.7 taulan jasotzen dira.

Abiadura kaxako ardatzak bezala, sarrera ardatza 14NiCrMo13-4 altzairu aleazio zementatu eta tenplatukoa da.

Sarrera ardatza bere baitan mekanizaturik dituen eta bere gain muntatzen diren elementuek baldintzatzen dute eta guztira 195,5 mm-ko luzera du. Ardatzaren dimentsioak M-03-IIBTD-P21 planoan zehazten dira.



2.54 irudia: Sarrera ardatza

2.7.4.2 Irteera ardatza

Irteera ardatza sateliteetatik transferentzia kaxara biraketa transmititzen eta blokeo sistema osoa eusten duen ardatz betea da.

Ardatz honek mutur batean hiru ardatz txiki edo irtengune ditu sateliteak sostengatu eta beren biraketa jasotzeko, ardatzak berak portasatelite lana egiten duela. Beste muturra, berriz, transferentzia kaxara konektatuta dago ildaskatu baten bitartez. Tartean engranaje planetarioaren koroa eta blokeo sistema muntatzen dira. Hau funtsean koroan ildaskatuta doan sinkronizatzaile batean datza, honek koroa

blokeo plakara (finkoa) edo blokeo gurpilera akoplatzen du, azken hau DIN 6885 A txabeta bidez irteerako ardatzera elkartzen dela.

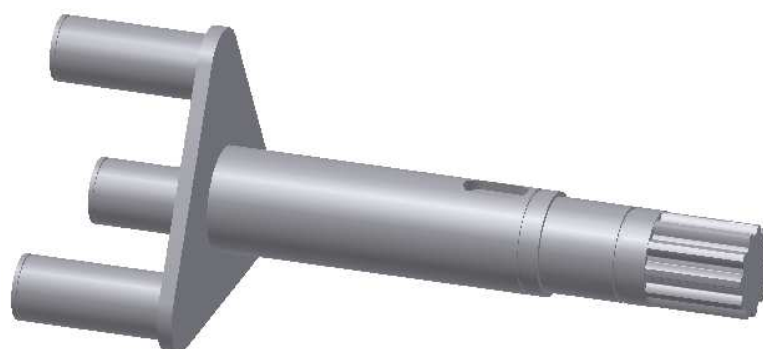
Berez sateliteek irteera ardatzaren irtenguneetan libreki biratzen dute eta hiru sateliteek planetarioaren inguruan biratzerakoan, portasatelitearen funtzioa betetzen duen irteera ardatza birarazten dute.

Ardatzak bere gain muntatutako koroa eta sateliteak eusteko, 55 mm-ko diametro nagusia eta irtenguneetan 35 mm-ko diametroa du (kalkuluen eranskineko 3.5.2.2 atalean), irtengune hauek 80,7 mm-ko luzera dutelarik.

Sateliteek ardatzen gain modu askean biratu behar dute eta bien artean higadura handiegia izatea ekiditeko (ez da errodamendurik erabiltzen), N5 akabera kalitatea eta H7/h7 perdoia baliatu da.

Beste ardatz guztietan bezala, irteera ardatzean 14NiCrMo13-4 altzairu aleazio zementatu eta tenplatua erabili da.

Irteera ardatzaren diseinua sateliteen ezaugarrien, blokeo sistemaren eta amaierako konexioaren arabera da eta ardatzak 377,06 mm-ko luzera totala du. Ardatzaren espezifikazio horiek guztiak M-03-IIBTD-P22 planoan biltzen dira.



2.55 irudia: Irteera ardatza

2.7.4.3 Engranaje planetarioa

Engranaje planetarioa sarrera ardatzetik irteerakora biraketa transmititu eta bere parteak blokeatuz biraketa erreduzitu dezakeen etapa planetarioa da.

Biraketa sarrera ardatzean mekanizaturik dagoen planetariotik heldu eta portasatelite lana egiten duen irteera ardatzetik ateratzen da, bi ardatzak ardatz sekundarioarekiko ardazkideak direla.

Aurretik aipatu bezala, engranaje planetarioak lau parte nagusi ditu; erdiko gurpila den planetarioa (16. gurpila), hiru sateliteak (17. gurpilak), hauen inguruko

barneko horzdun koroa (18. gurpila) eta satelliteak elkartzen dituen portasatelitea. Berez hauek libreki mugitzen dira eta sinkronizatzailaren laguntzaz hauetako bat blokeatzean, erredukzio desberdinak lortzen dira.

Erreduktoreak egin beharreko erredukzioa kamioiaren espezifikazio teknikoan 2.1 taulako martxa laburren eta luzeen arteko erlaziotik definitzen da, bere balioa 3,75-ekoa duela.

Biraketa planetariorik (sarrera ardatza) ailegatu eta satelliteetatik (irteera ardatza) ateratzen dela aintzat izanda, beharrezko erredukzioak eskuratzeko, koroa blokeatu edo koroa eta irteera ardatza batera blokeatu behar dira.

Batetik, koroa blokeatzean ($n_{18}=0$), satelliteak koro finkoaren barnean desplazatzen dira planetarioaren biraketa noranzko berdinarekin. Modu horretan, sarrerako biraketa erreduzitzen da eta aipaturiko 3,75-eko erredukzioa eskuratzen da.

Bestetik, koroa eta satelliteak elkarrekin blokeatzean ($n_{18}=n_{17}$), sistema osoa blokeatu eta sarrerako eta irteerako ardatzek batera biratzen dute ardatz bakarra bailiran. Era horretan erlazioa zuzena da eta ez da erredukziorik lortzen.

Dimentsionaketari dagokionez, planetarioak eta satelliteak koroaren barnean ahokatzen dira eta planetarioaren eta bi satelliteen diametroen batura koroaren diametroaren berdina izan behar da, horrela hortzen arteko erlazioa ere zehazten dela (kalkuluen eranskineko 3.5.1.1 atalean).

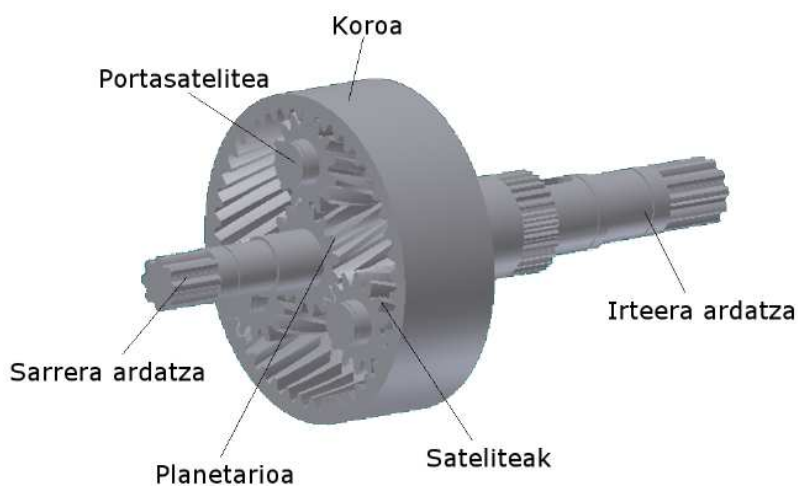
Abiadura kaxako engranajeetan bezala, engranaje planetarioa moduluaren bidez aztertzen da eta erdiko gurpil planetarioak gehien sufritzen duenez, bere modulua engranaje osoa ezarri zaio (kalkuluen eranskineko 3.5.1.2 atalean). Engranaje planetarioa osatzen duten atal guztien dimentsio nagusiak 2.7 taulan erakusten dira.

| Gurpila | z | m_r [mm] | α_r [°] | β_a [°] | b_a [mm] | d [mm] | d_k [mm] | d_b [mm] |
|---------|----|---------------|----------------|---------------|---------------|-----------|---------------|---------------|
| 16 | 16 | 4,5 | 20 | 20 | 63,5 | 76,621 | 85,621 | 65,371 |
| 17 | 14 | 4,5 | 20 | 20 | 63,5 | 67,043 | 76,043 | 55,793 |
| 18 | 44 | 4,5 | 20 | 20 | 63,5 | 210,707 | 201,707 | 221,957 |

2.7 taula: Engranaje planetarioaren gurpilen dimentsio nagusiak

Engranajearen gurpiletan N7 gainazal akabera kalitatea eta 18CrNi8 altzairu aleazio zementatu eta tenplatu baliatu da kargen eta higaduraren kontrako duen erresistentzia handiagatik.

Esan bezala, engranaje planetarioaren etapa gurpil planetarioaz (sarrera ardatzean mekanizatua), sateliteez, koroaz eta portasateliteaz (irteera ardatza) osaturik dago eta beren xehetasunak M-03-IIBTD-P21, M-03-IIBTD-P22, M-03-IIBTD-P23 eta M-03-IIBTD-P24 planoetan adierazten dira.



2.56 irudia: Engranaje planetarioa

2.7.4.4 Blokeo sistema

Blokeo sistema engranaje planetarioaren erredukzioak ezartzen dituen blokeo mekanismoa da.

Honek koroa blokeatuz edota koroa eta satelitean batera blokeatuz erreduktorearen erredukzioa (abiadura sorta laburra) edo martxa zuzena (abiadura sorta luzea) ezartzen ditu. Funtsean bere funtzionamendua koroaren irtengunean ildaskatutako sinkronizatzaile batean oinarritzen da. Honen kuboak koroan ildaskatuta dago eta bere albo bakoitzean blokeo plaka eta blokeo gurpila kokatzen dira.

Batetik, blokeo plaka karkasan finkatuta doan eta inolako biraketarik onartzen ez duen xafla karratua da. Honek albo batean arrasteko hortzak ditu sinkronizatzailearekin akoplatu ahal izateko, eta modu horretan sinkronizatzailea eta honekin ildaskatutako sinkronizatzailea ibilgetzen dira, koroaren blokeoa ($n_{18}=0$) gertatuz. Era berean, blokeo plaka koroan apoiatzen da eta horretarako higadura murrizten duen brontzezko zorroa baliatu da.

Bestetik, blokeo gurpila irteera ardatzera DIN 6885 A txabeta bidez finkatuta dagoen horzdun gurpila da. Bere hortzak arrasteko hortzak dira eta sinkronizatzailearen blokeoa hauekiko gertatzen da, eta horrela koroa eta irteera ardatza bateratzen dira, biek eta erreduktore osoak batera ($n_{18}=n_{17}=n_{16}$) biratzen dutela.

Hori jakinda, gidariak abiadura sorta laburra akzionatzean, sinkronizatzailea blokeo plakarekin akoplatu eta erredukzioa gertatzen da, eta abiadura sorta luzea akzionatzean, berriz, sinkronizatzailea blokeo gurpilearekin akoplatu eta erlazioa zuzena da. Abiadura sorta batetik besterako aldaketa ibilgailua geldiuenean edo oso higidura motelean burutu behar da, bestela sinkronizatzailearen akoplamendua zaildu eta bibrazio eta talka handiak agertuko lirateke.

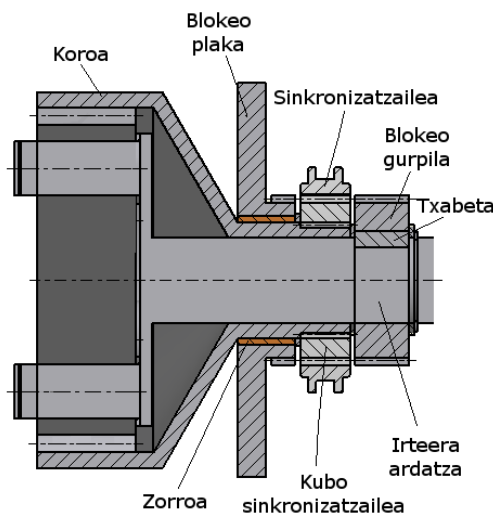
Koroaren irtenguneak, non blokeo sistema muntatzen den, 75 mm-ko diametroa du eta sinkronizatzailearen kubo ildaskatzeko, 75 mm-ko diametroa eta 2,5 mm-ko modulua duen DIN 5480 ildaskatua jarri da. Aldi berean sinkronizatzailearen eta kuboaren artean 110 mm-ko diametroan eta 4 mm-ko moduludun DIN 5480 ildaskatua erabili da (kalkuluen eranskinetako 3.5.4 atalean).

Koroaren eta kubo sinkronizatzailearen arteko ildaskatua finkoa eta lasaierarik gabekoa izan behar denez, behartua eta mailuz muntatua den H7/k9 perdoia jarri da. Bestetik, kubo sinkronizatzailearen kanpoaldeak eta blokeoen arrasteko hortzek sinkronizatzailearekin osatzen duten ildaskatuak desplazamendua utzi behar du eta labainkorra den H8/h9 perdoia ezarri da.

Sinkronizatzaileerako, kuborako eta blokeo plakarako 16MnCr5 altzairu aleazio zementatu eta tenplatua hartu da sinkronizazio prozesuan agertu daitezkeen kargen eta higaduraren kontra erresistenteak direlako. Blokeo gurpilarako, aldiz, 18CrNi8 altzairu aleazio zementatu eta tenplatua aukeratu da, ildaskatuaren eta txabetaren esfortzuak aldi berean jasaten dituelako eta material honek propietate mekaniko hobeak eskaintzen ditu.

Bestalde, koroaren eta blokeo plakaren arteko zorrerako SAE 640 motako brontze fosforosoa hautatu da higadurarekiko eta korrosioarekiko erresistentzia altua eta karga gaitasun handia uztartzen baititu. Azken finean honek errodamendu lana burutzen du, bi piezen artean agertu daitezkeen marruskadura eta higadura minimizatuz. Zorro hau, errodamenduak bezala, birakorra eta labainkorra izan behar da eta H7/h7 perdoia jarri zaio, baina higadura handiagoa denez, N5 gainazal akabera du barneko eta kanpoko gainazaletan.

Sinkronizatzailearen kuboaren barne ildaskatuak 32 mm-ko zabalera duen bitartean, blokeo plakaren hortzek 15 mm-ko zabalera eta blokeo gurpilearenek 35 mm-ko zabalera dute. Brontzezko zorroak, berriz, blokeo plakaren zabalera berdina du, 37 mm, eta 4 mm-ko lodiera eman zaio. Blokeo sistemaren osagai guztien dimensio eta espezifikazioak M-03-IIBTD-P23, M-03-IIBTD-P24, M-03-IIBTD-P25 eta M-03-IIBTD-P26 planoetan batzen dira.



2.57 irudia: Bloqueo sistema

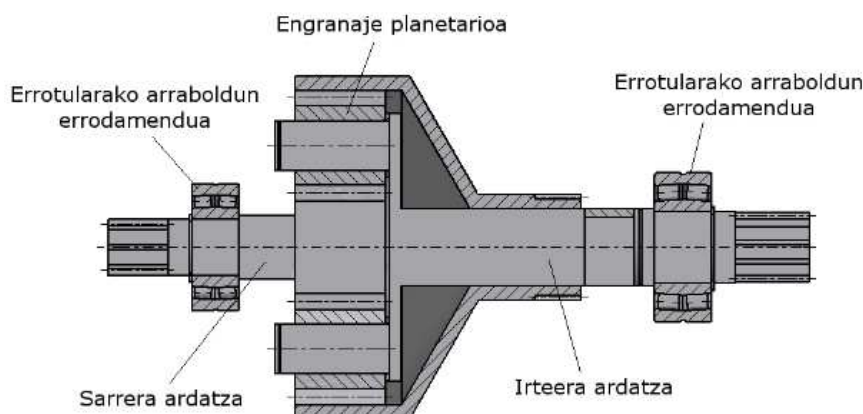
2.7.4.5 Errodamenduak

Errodamenduak erreduktorearen sarrera eta irteera ardatzak eutsi eta beren kargak xurgatzen dituzten elementuak dira.

Errodamenduak SKF-ren katalogotik hartu dira eta hauek momentu tortsoarearen eraginpean bakarrik daudela suposatu denez, aukeraketa diametroan eta ustezko kargan oinarritu da, betiere segurtasunaren alde eginez (kalkuluen eranskineko 3.5.3 atalean).

Engranaje planetarioak sarrera eta irteera ardatza konektatzen ditu eta bakarra bailiran bezala jokatzen dute, ondorioz, erreduktorearen sarreran eta irteeran errodamendu bana ipintzea erabaki da. Bi euskarriek, G eta H euskarriek, antzeko kargak jasaten dituzte eta karga gaitasun erradiala eta axiala izan behar dute, horregatik bi euskarrietan errotularako arraboldun errodamenduak jarri dira.

Euskarrien kargak eta barne diametroak kontuan izanda, G euskarrirako 22308 E eta H euskarrirako 22310 E errotularako arraboldun errodamenduak hartu dira.



2.58 irudia: Erredaktoreko errodamenduak

2.7.5 Transferentzia kaxa

Ibilgailu honetan engranaje helikoidaleko eta trakzio total partziala (akoplagarria) duen transferentzia kaxa jarri da, honek atzeko trakzio iraunkorra eta aurrekoa akoplagarria izatea ahalbidetzen du eta kamioiaren pare handiak jasateko eta transmititzeko gaitasuna du, biraketaren transmisioa era leun eta progresiboan burutzen duela.

Lehenago esan bezala, transferentzia kaxak erredaktoreko biraketa transmisio ardatzetara banatzen du. Atezko ardatzera biraketa iraunkorki transmititzen du eta gidariaren aginduz, aurrekoa ere akoplatu daiteke, hori enbrage baten bitartez gertatzen dela. Transferentzia kaxak ez du biraketan erredukziorik eragin behar (transmisio erlazioa 1:1), izan ere, 2.1 taulan espezifikatutako erredukzioak transmisioko beste atalen bidez burutzen dira.

Transferentzia kaxaren konplexutasuna (aurreko ardatzaren akoplamenduan bereziki) eta kaxa komertzialen aldizkatze eta aniztasun handia dela eta, ibilgailuaren funtzionamendu exijentzietara egokitzen den transferentzia kaxa komertzial bat hartu da, betiere diseinu eta funtzionamendu baldintzak errespetatuz.

Hain zuzen, transferentzia kaxara heltzen diren pare eta abiadura maximo kritikoenak, 10078,125 N·m eta 3120 rpm, aintzat izan eta ibilgailu komertzialentzako eta industrialentzako transmisio osagaiak fabrikatzen dituen Meritor enpresaren T-2111 motako transferentzia kaxa aukeratu da (kalkuluen eranskineko 3.6.1 atalean).

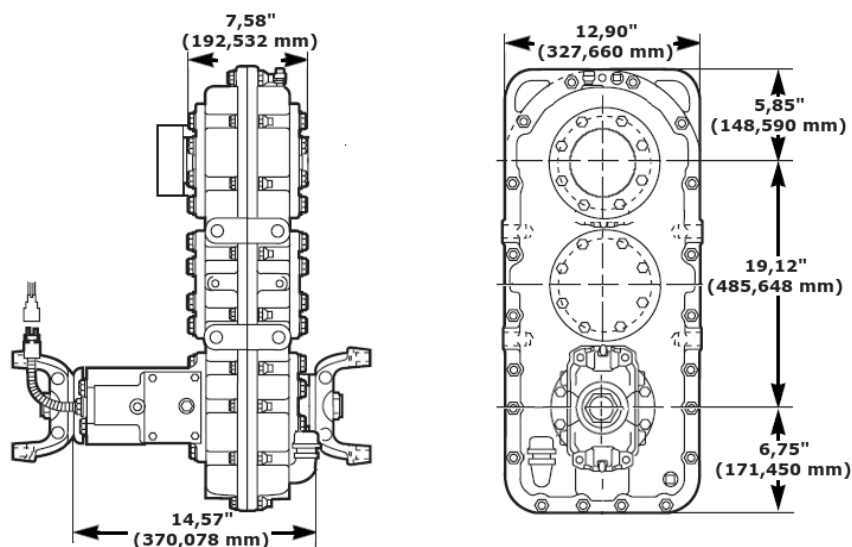
Transferentzia kaxa hau hiru ardatzetan muntatutako engranaje helikoidalez osatuta dago eta aurreko ardatza airez akzionatutako enbrage baten bidez konektatzen du. Kaxa honen ezaugarriak eta dimentsioak 2.8 taulan eta 2.59 irudian adierazten dira, eta horietan oinarrituz, kaxa hau transmisio sisteman akoplatu daitekeela konprobatzen da.

Specifications: T-2111 Series*

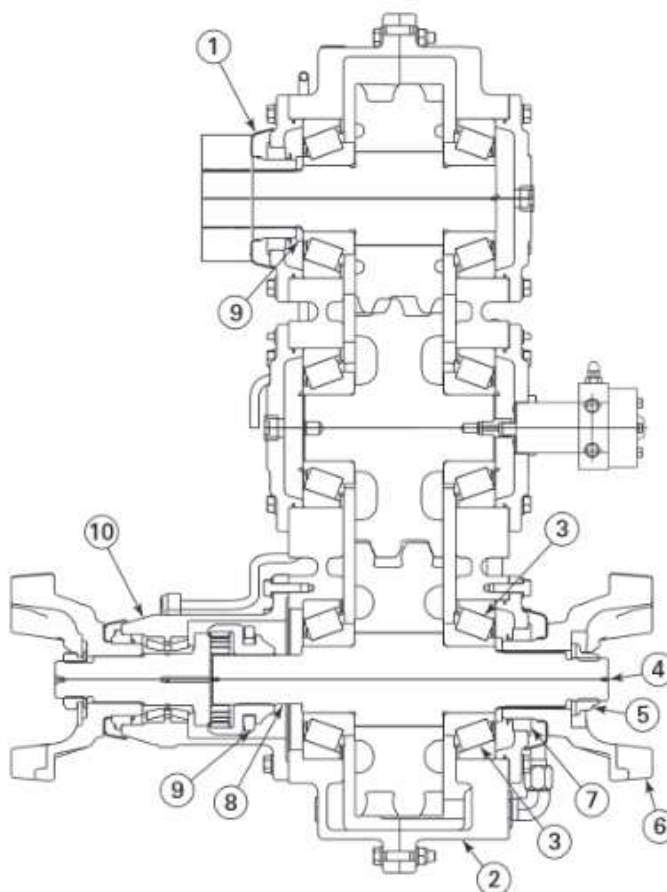
| TRANSFER CASE MODEL | TORQUE RATING N·m (lb-ft) | SPEED RATING rpm | FRONT AXLE DECLUTCH | WEIGHT kg (lb) | AVAILABLE RATIOS | INPUT TO OUTPUT DROP mm (inches) |
|----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|--|---------------------------|-------------------------|---|
| T-2111 3-Shaft | 14920 (11000) | 3500 | Air operated; Optional indicator switch | 138,5 (305) | 1,00:1 | 485,648 (19,12) |

*All vehicle applications must be approved by Meritor Engineering. Approved ratings may be higher or lower than indicated above, dependent upon engineering review.

2.8 taula: T-2111 transferentzia kaxaren ezaugarri nagusiak



2.59 irudia: T-2111 transferentzia kaxaren dimentsio nagusiak



| Item | Description | Item | Description |
|------|--------------------|------|--------------|
| 1 | Slinger | 6 | Yoke |
| 2 | Spacer | 7 | Seal |
| 3 | Bearing | 8 | Output Shaft |
| 4 | Differential Shaft | 9 | Snap Ring |
| 5 | Yoke Nut | 10 | Declutch |

2.60 irudia: T-2111 transferentzia kaxaren osagai nagusiak

2.7.6 Transmisio ardatzak

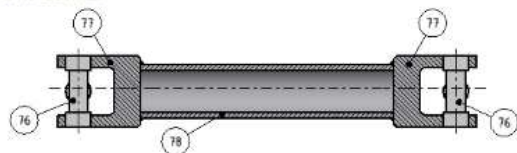
Ibilgailu honetan aurreko transmisio ardatz zurruna eta atzeko ardatz desplazagarria jarri da, bere luzera eta lan baldintzak direla medio, atzeko ardatzak esfortzu eta mugimendu aldaketa handien menpe dago eta parte desplazagarri baten beharra du kondizio exigente horiek jasan ahal izateko.

Jakina denez, transmisio ardatzek transferentzia kaxatik aurreko nahiz atzeko diferentzietara transmititzeaz arduratzen dira, bien arteko luzera eta altuera diferentziak gainditzen dituztela. Hori dela eta, ardatzen angelua eta luzera bi elementu horien posizioaren araberakoa da.

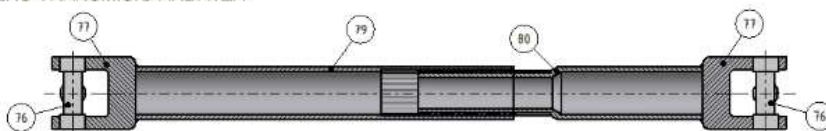
Ardatzen loturak ezin dira zurrinak izan eta muturretan kardan junta edo giltzadurak dituzte, eta horiei dagozkien uztarriak transmisio ardatzen muturretan soldatzen dira. Hori arku elektrikozko soldaduraren bitartez gauzatzen da eta lotura topeka eta angeluan egiten da, segurtasunaren alde eginez, kordioaren alboari 8 mm-ko luzera eman zaiolarik. Horrek uztarrien eta transmisio ardatzen arteko lotura finkoa osatu eta batetik besterako biraketaren transmisioa ahalbidetzen du.

Hori guztia kontuan izanda, aurreko eta atzeko transmisio ardatzen analisi eta diseinurako, bere atal nagusiak aztertu dira.

AURREKO TRANSMISIO ARDATZA



ATZEKO TRANSMISIO ARDATZA



- 76. Kruzetak
- 77. Uztarriak
- 78. Aurreko transmisio ardatza
- 79. Aterko transmisio ardatza
- 80. Aterko transmisio ardatzaren desplazagarria

2.61 irudia: Aurreko eta atzeko transmisio ardatzen osagaiak

2.7.6.1 Aurreko transmisio ardatza

Aurreko transmisio ardatza transferentzia kaxatik aurreko diferentzialera biraketa transmititzen duen hodi edo ardatz hutsa da.

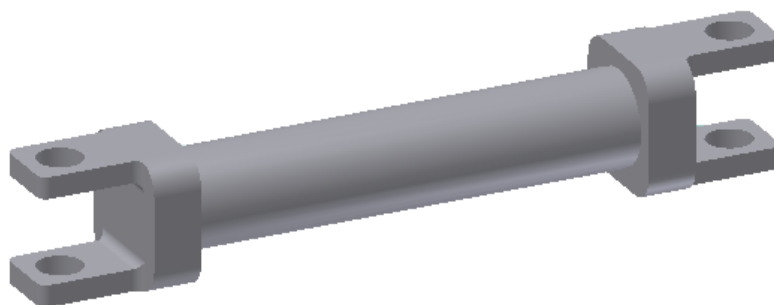
Honek sekzio konstantea du eta muturretan uztarriak soldatuta ditu, kardan giltzaduraren bidez transferentzia kaxatik biraketa jaso eta diferentzialera pasatzeko. Hala ere, gidariak transferentzia kaxaren bidez aurreko ardatza akoplatzen duenean bakarrik heltzen da biraketa, ibilgailua trakzio totalen dabilela. Hau errepidearen

ezeگونkortasun zein trakzio (adherentzia) falta dagoen kasuetan akzionatzen da eta bere erabilera atzeko transmisio ardatzarena baino murriztagoa da.

Biraketa transmititzeko eta agertu daitezkeen esfortzuei aurre egiteko, aurreko transmisio ardatzarentzat 100 mm-ko eta 80 mm-ko kanpo eta barne diametroak hartu dira hurrenez hurren (kalkuluen eranskineko 3.7.1.2 atalean).

Ardatz honen lan baldintza exijenteak direla eta, beste ardatzetan bezala, 14NiCrMo13-4 altzairu aleazio zementatu eta tenplatu erabili da karga eta esfortzu handien eraginpean aritzeko propietate mekaniko aproposak dituelako.

Aurreko transmisio ardatza transferentzia kaxatik aurreko diferentzialera dagoen distantziak baldintzatzen du, zehazki, 711 mm-ko luzera du eta 7,45°-ko inklinazioarekin muntatzen da. Ardatzaren zehaztapenak M-03-IIBTD-P27 planoan jasotzen dira.



2.62 irudia: Aurreko transmisio ardatza

2.7.6.2 Atezko transmisio ardatza

Atezko transmisio ardatza zati desplazagarria duen eta transferentzia kaxatik atzeko diferentzialera biraketa transmititzen duen hodi edo ardatz hutsa da.

Ardatz hau ardatz nagusiaz (gorputza) eta desplazagarria osatuta dago eta bien arteko ildaskatuari esker desplazamendu axialak eta luzera aldaketak gertatu daitezke. Horrek kamioiaren higiduragatik atzeko zubian sortu daitezkeen mugimenduak eta bibrazioak xurgatzen ditu, transmisio ardatzek gutxiago sufritzen dutela eta mugimendu horiek transferentzia kaxa iristea eragozten dela. Ildaskatuari 250 mm-ko luzera eman zaio ibiltarte handia izan dadin eta parearen transmisioan ildaskek gutxiago sufritu dezaten.

Transmisio ardatz honek ardatz nagusian eta desplazagarrian soldatuta dauden uztarrien bitartez biraketa jasotzen du. Ibilgailuak atzeko trakzio iraunkorra izanda, transferentzia kaxak etengabe biraketa atzeko transmisio ardatzera bidaltzen du eta ardatz hau beti funtzionatzen dago, aurreko transmisio ardatzak baino baldintza gogorragoak jasaten dituela.

Bere funtzionamendu eskakizunak betetzeko, aurreko transmisio ardatzean bezala, atzeko ardatz nagusiak 100 mm-ko eta 80 mm-ko kanpo eta barne diametroa du eta ardatzaren desplazagarria 80 mm-ko eta 60 mm-ko kanpo eta barne diametroa du nagusiaren barnean ahokutzen delako. Bi horien arteko ildaskatua 85 mm-ko diametroa eta 4 mm-ko modulua duen DIN 5480 ildaskatua ipini da, esan bezala, 250 mm-ko luzera duelarik (kalkuluen eranskinetako 3.7.1.2 eta 3.7.1.3 ataletan).

Ardatzaren eta desplazagarriaren ildaskatuak bien artean desplazamendu erlatiboak egotea utzi behar du luzera bariazioak jasateko, hortaz, N7 akabera kalitatea eta H8/h9 perdoia ipini da.

Ardatz honek bereziki exigenteak diren funtzionamendu baldintzak jasaten ditu eta beste ardatzetan bezala, 14NiCrMo13-4 altzairu aleazio zementatu eta tenplatu erabili da erresistentzia, gogortasun eta plastikotasun egokiak bateratzen baititu.

Atzeko transmisio ardatza transferentzia kaxatik atzeko diferentzialera dagoen distantziaren arabera da, hain zuzen, 1304 mm-ko luzera du eta 3,65°-eko inklinazioarekin kokatzen da, ardatzeko zubiak eragindako bariazioengatik distantzia eta inklinazio hori aldakorrak direla. Aitzeko transmisio ardatz nagusiaren eta desplazagarriaren neurriak M-03-IIBTD-P27 eta M-03-IIBTD-P28 planoetan espezifikatzen dira.



2.63 irudia: Aitzeko transmisio ardatza

2.7.6.3 Kardan giltzadura

Kardan giltzadura edo junta transmisio ardatzak beste osagaiekin angeluan elkartzen eta biraketa transmititzen duen mekanismoa da.

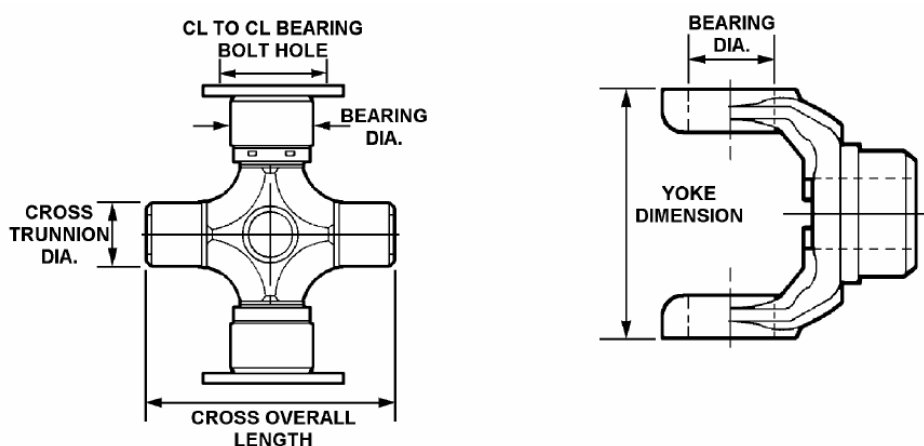
Giltzadura honek angelu desberdinetara biratzen duten (lerrokatuta ez dauden) bi ardatz konektatzen ditu eta transmisio ardatzen bi muturretan kokatzen dira, abiadura angeluarraren bariazioak ezereztan direla. Funtsean kardan giltzadura kruzeta eta uztarriez osatuta dago, kruzeta orrazdun errodamenduen gain finkatzen dela. Era berean, uztarriak transmisio elementuei lotuta daude; transferentzia kaxan

ahokatuta, transmisio ardatzetan soldatuta eta eraso ardatzari ildaskatuta. Hauek kruzetarekin batera elementuen artean biraketa transmititzeaz arduratzen dira.

Kardan giltzadurak osagai normalizatuak dira eta ibilgailuen transmisio sistemaren osagaiak fabrikatzen dituen Spicer katalogotik dira, beren aukeraketa transmisio ardatz kritikoaren funtzionamendu baldintzen eta pare nominalaren, 5039,063 N·m, arabera egiten dela (kalkuluen eranskineko 3.7.2 atalean).

Fabrikantearen irizpideei eta egindako kalkuluei jarraituz, 1610 serieko kardan junta hautatu da, bere dimentsio nagusiak 2.9 taulan agertzen direla.

U-JOINT KITS - BEARING PLATE



| Series | Cross Length | Cross Trunnion Diameter | CL to CL Bearing Bolt Hole | Bearing Diameter | Yoke Dimension |
|--------|--------------|-------------------------|----------------------------|------------------|----------------|
| 1610 | 4.877" | 1.269" | 2.312" | 1.875" | 5.31" |

2.9 taula: 1610 serieko kardan giltzaduraren dimentsio nagusiak

Hori jakinda, kruzeta komertziala hartu eta transmisio sistemari egokitzen zaizkion uztarriak diseinatu dira. Aipatu bezala, uztarriek beren barnean kruzetak ahokatuta izateaz batera, transferentzia kaxarekin, transmisio ardatzekin edota eraso ardatzarekin elkartuta egon behar dira. Hala ere, transferentzia kaxak berezkoak dituen serie desberdinetarako uztarriak ditu.

Transmisio ardatzetako uztarriak soldatuta dauden bitartean, diferentzialen eraso ardatzekoak ildaskatuta daude eta horrek biraketa transmititu dezan, 52 mm-ko diametroa eta 4 mm-ko modulua duen DIN 5480 ildaskatua baliatu da.

Uztarriaren eta eraso ardatzaren ildaskatu horretan desplazamendurik edo lasaierarik egon behar ez denez, behartua den eta mailuzko muntaketa duen H7/k9 perdoia jarri da.

Kruzetak orrazdun errodamenduen gain muntatzen badira ere, uztarriak 16MnCr5 altzairu aleazio zementatu eta tenplatukoak dira, kargen eta higaduraren kontrako erresistentzia handia duena.

Transmisio ardatzen eta eraso ardatzaren uztarriak 2.9 taulako dimentsioetan oinarrituta diseinu dira. Uztarrien dimentsio eta perdoi guztiak M-04-IIBTD-P29 eta M-04-IIBTD-P31 planoetan erakusten dira hurrenez hurren.



2.64 irudia: Kardan giltzadura

2.7.7 Diferentzialak

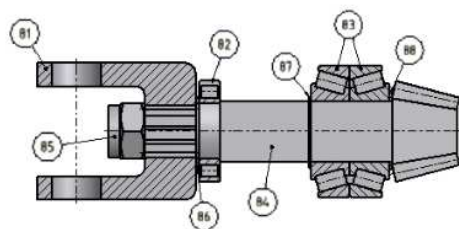
Transmisio sistema honen bi ardatzetan blokeo manuala duten diferentzial mekanikoak erabili dira, izan ere, pare handien eraginpean funtzionatzeko ahalmena dute eta gidariak nahieran edo beharren arabera akzionatu dezakeen blokeoa dute, eremu ezegonkor eta labainkorretan potentzia galerak ekidin eta ibilgailua higitu daitekeela.

Esan bezala, diferentzialak transmisio ardatzetik heldutako biraketa erreduzitu eta palierren bitartez gupil eragileetara transmititzen du, gupil horien (palierren) artean abiadura diferentzialak egotea onartzen duela.

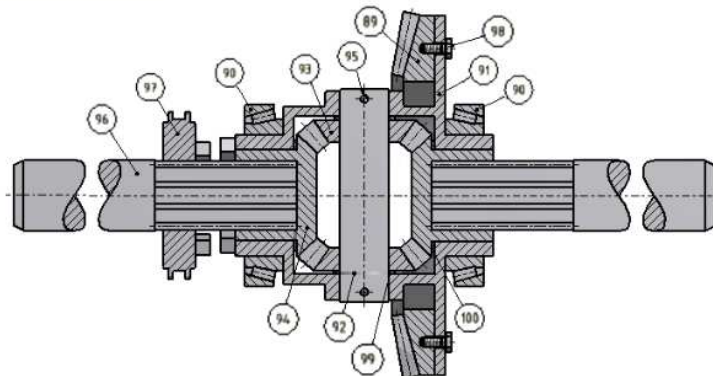
Diferentziala multzo konikoaz (eraso pinoia eta koroa) eta sistema diferentzialaz (planetarioak eta sateliteak) osatzen da eta hauek biraketa erreduzitu zeharkako norabidean jarri eta ardatz bereko gupilek abiadura ezberdinak izatea ahalbidetzen dute hurrenez hurren. Azken funtzio honek bihurguneetan barneko gupilak irristatzea saihesten du, baina blokeoaren bidez efektu hori ezereztu daiteke adherentzia gutxiko eremuetan potentzia galerak ekidinez.

Hori aintzat izanda, diferentzialaren analisi eta dimentsionaketa egiteko, berau osatzen duten atal nagusiak aztertu dira.

MULTZO KONIKOA



SISTEMA DIFERENTZIALA



- 81. Uztarria
- 82. Arrabol zilindrikodun errodamenduak
- 83,90. Arrabol konikodun errodamenduak
- 84. Eraso ardatza
- 85. Azkoin autoblokantea
- 86,88,99,100. Zirrindolak
- 87. Segurtasun eraztuna
- 89. Koroa
- 91. Karkasa
- 92. Sateliteen ardatza
- 93. Sateliteak
- 94. Planetarioak
- 95. Finkapen ziria
- 96. Palierrak
- 97. Blokeoa
- 98. Torloju hexagonala

2.65 irudia: Diferentzialen osagaiak

2.7.7.1 Eraso ardatza eta koroa

Eraso ardatza eta koroa transmisio ardatzetatik biraketa jaso eta erreduzituz, zeharkako norabidean (gurpilekin lerrokatuta) jartzen duen multzo konikoa da.

Multzo koniko honek eraso pinoiak (19. gurpila) eta koroak (20. gurpila) osatzen duten engranaje koniko helikoidala du, pinoia eraso ardatzean mekanizaturik dagoela. Transmisio ardatzen biraketa eraso ardatzera ildaskatutako uztarriaren bidez ailegatu eta ardatzaren beste muturrean dagoen eraso pinoira heltzen da. Modu horretan, engranaje konikoak biraketa erreduzitu eta aldi berean bere zeharkako norabidean jartzen du ibilgailuaren gurpilekin (palierrekin) lerrokatuta egon dadin. Era berean, koroa karkasarekin lotzen da eta kanpoaldean horren zulo hariztatuak ditu.

Eraso pinoia eta koroa uneoro engranaturik daude eta atzeko diferentzialekoek etengabe biraketa transmititzen dute. Gurpil hauek hortz helikoidalekoak dira eta horrek engrane luzeagoa eta transmisioak erresistentzia eta karga ahalmen handiagoa izatea eragiten du.

Engranaje koniko honek diferentzialaren guztizko erredukzioa burutzen du, zeren eta sistema diferentzialaren engranajeek (planetarioek eta sateliteek) ez dute erredukziorik eragiten. Engranaje koniko honen transmisio erlazioa, engranaje zilindrikoetan bezala, kamioiaren 2.1 taulako datuetan definitzen da eta bere balioa 4,5-ekoa da.

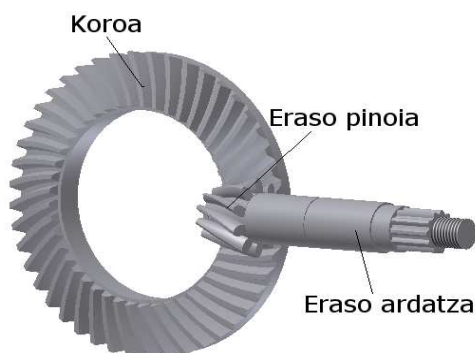
Beste engranajeak bezala, hauek ere moduluaren bidez aztertzen dira eta eraso pinoiak lan gehiago egiten duenez, bere modulua koroari ere jarri zaio (kalkuluaren eranskineko 3.8.1.2 atalean). Eraso pinoiaren eta koroaren dimentsio nagusiak 2.10 taulan biltzen dira.

| Gurpila | z | m_r [mm] | α_r [°] | β_a [°] | θ [°] | G [mm] | b [mm] | d [mm] | d_k [mm] | d_b [mm] |
|---------|----|---------------|----------------|---------------|--------------|-----------|-----------|-----------|---------------|---------------|
| 19 | 10 | 8 | 20 | 20 | 12,529 | 196,225 | 63,85 | 85,134 | 100,753 | 65,610 |
| 20 | 45 | 8 | 20 | 20 | 77,471 | 196,225 | 14,19 | 383,104 | 386,575 | 378,765 |

2.10 taula: Eraso pinoiaren eta koroaren dimentsio nagusiak

Eraso ardatza, beste ardatzak bezala, 14NiCrMo13-4 altzairu aleazio zementatukoa eta tenplatukoa den bitartean, kororako engranajeetan erabilitako 18CrNi8 altzairu aleazio zementatu eta tenplatu baliatu da, engranajearen gainazala akabera kalitatea N7 dela.

Eraso ardatzak transmisio ardatzak koroa elkartzen ditu eta 343,85 mm-ko luzera du. Ardatz honen eta koroaren xehetasunak M-03-IIBTD-P30 eta M-03-IIBTD-P32 planoetan agertzen dira hurrenez hurren.



2.66 irudia: Eraso ardatza eta koroa

2.7.7.2 Sateliteak eta planetarioak

Sateliteak eta planetarioak biraketa palierretara transmititzen duten eta beren arteko abiadura diferentziak ahalbidetzen dituzten engranaje koniko bikoteak dira.

Engranaje hauek karkasaren barnean kokatzen dira eta planetarioak eta sateliteak aurpegiak aurrez aurre dituzte, engranaje itxia osatzen dutela. Sateliteak karkasan landatuta dagoen sateliteen ardatzean muntatzen dira eta engranaje koniko osoak karkasarekin batera biratzen du. Aldi berean, planetarioek beren irtengunean palierrak ildaskatuta dituzte eta hauen bitartez biraketa gurpil eragileetara igarotzen da.

Bihurguneetan bi palierren (gurpilen) artean abiadura diferentzia bat egon behar da, zeren eta barneko gurpilak bira gutxiago eman behar ditu. Kasu horretan sateliteek orekatzaile lana eginez, palierren artean biraketa erlatiboak egotea uzten du. Zehazki, planetario bakoitzak sateliteekiko independenteki biratzen du beren gurpiletik jasotzen duen erresistentziaren arabera eta sateliteek abiadura diferentzia horiek xurgatzen dituzte.

Satelite eta planetario bikoteak uneoro engranatuta daude eta ibilgailuaren gurpiletan abiadura ezberdintasuna dagoenean jarduten dute. Gurpil hauek hortz zuzenekoak dira abiadura diferentziak bi noranzkotan gertatu ahal izateko.

Lerro zuzenean higitzean sistema diferentzialaren multzo osoak batera biratu eta bere engranajeek ez dute erreduziorik eragiten. Edonola ere, normalean planetario eta sateliteen arteko transmisio erlazioa 1,2-1,8 bitartekoa izan ohi da.

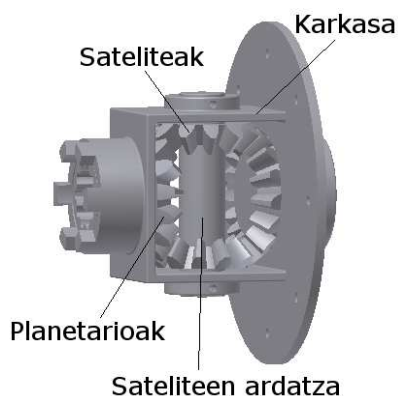
Engranaje hauek ere moduluan oinarrituta aztertzen dira eta sateliteek gehiago sufritzen dute, beren modulua engranaje osoari esleitzen zaiola (kalkuluen eranskineko 3.8.1.2 atalean). Sateliteen eta planetarioen dimentsio nagusiak 2.11 taulan jasotzen dira.

| Gurpila | z | m [mm] | α [°] | θ [°] | G [mm] | b [mm] | d [mm] | d_k [mm] | d_b [mm] |
|---------|----|--------|--------------|--------------|--------|--------|--------|------------|------------|
| 21 | 13 | 9 | 20 | 40,914 | 89,322 | 22,5 | 117 | 130,602 | 99,997 |
| 22 | 15 | 9 | 20 | 49,086 | 89,322 | 19,5 | 135 | 146,789 | 120,264 |

2.11 taula: Sateliteen eta planetarioen dimentsio nagusiak

Planetarioak palierrak ildaskatzeko irtengune bat duenez, ardatzetan erabilitako 14NiCrMo13-4 altzairu aleazio zementatu eta tenplatukoa hartu da eta sateliteetarako, berriz, 18CrNi8 altzairu aleazio zementatu eta tenplatua aukeratu da, engranaje osoaren amaiera kalitatea N7 dela.

Sateliteen eta planetarioen espezifikazioak M-03-IIBTD-P34 eta M-03-IIBTD-P35 planoetan biltzen dira hurrenez hurren.



2.67 irudia: Sateliteak eta planetarioak

2.7.7.3 Karkasa

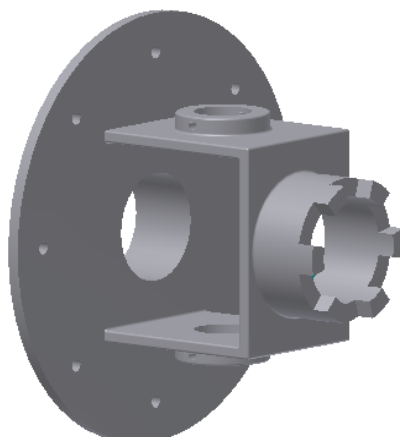
Karkasa koroarekin batera biratzen duen eta bere barnean sateliteak eta planetarioak dituen pieza da.

Honek koroaren biraketa sateliteen ardatzera eta aldi berean sateliteetara eta planetarioetara transmititzen du, zeren eta sateliteen ardatza bertan landatuta dago finkapen zirien bitartez. Berez karkasak sistema diferentzialaren gorputza edo egitura osatzen du eta diferentzialaren blokeoa bere gain gertatzen da, blokeoaren piezak karkasa eta palierra bateratu eta sistema diferentzialaren efektua baliogabetzen duela.

Karkasak diskoaren kanpoaldean zuloak ditu torloju bidez korora elkartu eta berarekin batera biratzeko, eta horretarako DIN 933 torloju hexagonalak erabiltzen dira. Horrekin batera, sateliteen ardatza kokatzen deneko eta karkasa osoa zeharkatzen duen aldenik aldeneko zulo bertikala du. Horren norabide elkarzutean planetarioentzako aldenik aldeneko zuloak daude eta planetarioek karkasaren abiadura desberdina izan dezaketenez, elkarren artean lasaiera nahikoa egon eta birakariak izan behar dira. Horregatik, karkasaren eta planetarioen irtenguneen artean H7/f7 perdoia ezarri da.

Karkasa karga eta higadura handiaren eraginpean dagoenez, 16MnCr5 altzairu aleazio zementatu eta tenplatua baliatu da.

Karkasaren dimentsioak koroaren eta sistema diferentzialaren menpekoak dira eta bere disko formako partea koroarekin bat etorri behar denez, 378 mm-ko kanpo diametroa du. Gainera, norabide elkarzutean planetarioak eta zeharkakoan sateliteen ardatza sartzeko 48 mm-ko diametroko eta 90 mm-ko diametroko aldenik aldeneko zuloak ditu hurrenez hurren. Karkasaren zehaztapen guztiak M-03-IIBTD-P33 planoan adierazten dira.



2.68 irudia: Karkasa

2.7.7.4 Sateliteen ardatza

Sateliteen ardatza bi muturretan finkapen zirien bidez karkasari landatuta dagoen eta sateliteak eusten dituen ardatz betea da.

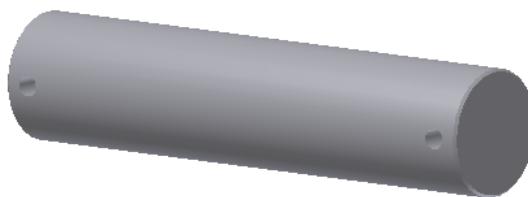
Ardatz hau karkasan landatuta egonik, berarekin batera biratzen du eta aldi berean sateliteak birarazten ditu, sistema diferentzialera biraketa transmitituz. Sateliteek ardatzaren gain aske biratzen dute, izan ere, planetarioen (paliarren) arteko abiadura diferentziak xurgatzerakoan libreki biratu behar dute.

Ardatzak bere gainean muntatuta doazen satelite bikotearen esfortzuak eusteko, 48 mm-ko diametroa ardatz osoari ezarri zaio (kalkuluen eranskineko 3.8.2.2 atalean), sekzioa konstantea izan behar delako sateliteak kokatzeko.

Ardatz honek bere landapenerako finkapen zirien zuloak ditu eta lotura hori finkoa eta lasaierarik gabekoa izan behar denez, behartua den mailuz muntatzen den H7/k9 perdoia eta N7 gainazal akabera kalitatea jarri da. Bestalde, sateliteen ardatza karkasaren aldenik aldeneko zuloan ahokutzen da, hau oso behartua eta finkoa izan behar da biraketa transmititzeko, ondorioz, N5 akabera kalitatea eta N9/h7 perdoia erabili da.

Ardatz honetarako ere 14NiCrMo13-4 altzairu aleazio zementatu eta tenplatu hartu da.

Sateliteen ardatzaren neurriak sateliteen kokapenaren eta karkasaren dimentsioen arabera dira eta 211 mm-ko luzera du. Ardatz honen dimentsio eta perdoi guztiak M-03-IIBTD-P36 planoan jasotzen dira.



2.69 irudia: Sateliteen ardatza

2.7.7.5 Palierrak

Palierrak planetarioetatik gurril eragileetara biraketa transmititzen duten ardatz beteak dira.

Ardatz hauek planetarioen irtenguneetan ildaskatuta daude eta beren biraketa jasotzen dute, beraz, karkasaren bidez planetarioetara biraketa heltzen denean hauek palierra birarazi eta ibilgailuaren gurril eragileek biratzen dute. Horrez gain, palierrarako batek bere ildaskatuan blokeoa mihizatuta du eta horrekin karkasa eta

palierrak elkarri akoplatzen dira, gidatze beharren arabera sistema diferentzialaren efektua ezereztu daitekeela.

Palierrek ildaskatu bidez planetarioetatik biraketa jasotzeko eta ibilgailuaren gurpil eragileetara helarazteko, 70 mm-ko diametroko sekzio konstantea eta muturrean 70 mm-ko diametroko eta 6 mm-ko moduluko DIN 5480 ildaskatua du (kalkuluen eranskinetako 3.8.2.2 eta 3.8.2.3 ataletan).

Palierren eta planetarioen ildaskatua finkoa izan behar da, zeren eta bere posizio eta funtzioagatik beste elementuek baino esfortzu handiagoren eraginpean dago, hortaz, oso behartua den N9/h7 perdoia ezarri da. Ildaskatu honek aldi berean palierraren eta blokeoaren arteko lotura birakorra eta labainkorra izatea utzi behar du blokeo gauzatu ahal izateko, beraz, H7/h7 perdoia baliatu da.

Transmisio sistemaren amaieran egonagatik palierrek pare, talka eta bibrazio handiak jasaten dituzte eta 14NiCrMo13-4 altzairu aleazio zementatu eta tenplatua erabili da, bereziki kasu honetarako beharrezkoak diren erresistentzia, gogortasun eta plastikotasuna uztartzen dituelako.

Palierren dimentsioak diferentzialen planetarioetatik ibilgailuaren gurpiletara dagoen distantziaren menpekoak dira eta palier bakoitzak 858,42 mm-ko luzera du. Palierren zehaztasun guztiak M-03-IIBTD-P36 planoan azaltzen dira.



2.70 irudia: Palierra

2.7.7.6 Blokeo sistema

Blokeo sistema ibilgailuaren gurpil batek trakzioa galtzean diferentzialaren funtzio ezereztu eta bertatik potentzia galtzea eragozten duen mekanismoa da.

Hau ardatzaren palierretako baten ildaskatuan muntatu eta palierraren solidarioa da. Modu horretan, kontaktu positiboko engrane positiboko enbragea bailitzan, bere hortzek karkasakoekin engranatzean palierrak eta karkasak batera biratzen dute, ardatzen artean abiadura diferentziak egon ezin daitezkeela. Blokeo honen akzionamendua manuala da eta erreduktorean bezala, akoplamendua

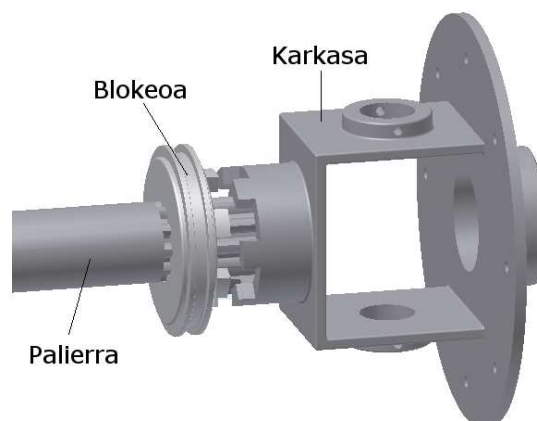
ibilgailua pausagunean edo abiadura txikian dagoenean burutu behar da engranea errazteko eta talkak murrizteko.

Gauzak horrela, ibilgailuaren gurpiletako batek adherentzia galdu eta irristatzen duenean, blokeo sistemari esker diferentzialaren eginkizuna baliogabetu eta potentzia gurpil horretatik galtzea ekiditen da.

Blokeoak 6 hertz ditu, zeinetan hortzen angelua 24° eta hutsuneena 36° den, eta beren barne diametroa 90 mm-koa eta kanpokoa 120 mm-koa da, hortz bakoitzaren altuera 15 mm-koa dela.

Blokeoko eta karkasako hortzen artean agertzen diren esfortzu handiak eta higadura direla medio, 16MnCr5 altzairu aleazio zementatu eta tenplatu erabili da baldintza horietan aritzeko propietate mekaniko aproposak dituelako.

Blokeoa palierren ildaskatuan muntatuta egonik, bere guztizko luzera 47 mm-koa da. Blokeoaren dimentsio eta xehetasun guztiak M-04-IIBTD-P37 planoan adierazten dira.



2.71 irudia: Blokeo sistema

2.7.7.7 Errodamenduak

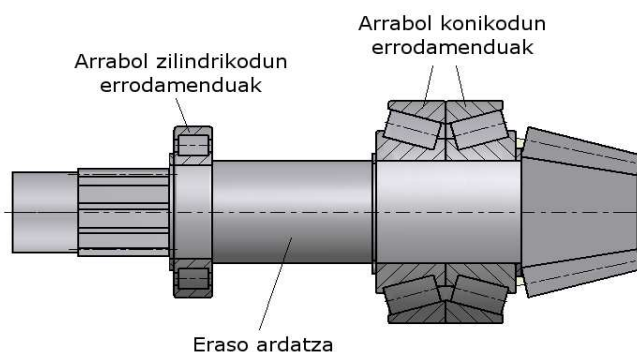
Errodamenduak eraso ardatza eta karkasa eutsi eta beren kargak xurgatzen dituzten elementuak dira.

Errodamenduak SKF-ren katalogotik hartu dira eta indar eta espazio baldintzen arabera kasu bakoitzerako aiposenak diren errodamenduak aukeratu dira (kalkuluen eranskineko 3.8.3 atalean).

Eraso ardatzean pinoitik hurbilen dagoen euskarriak, J euskarriak, esfortzu oso altuak jasaten ditu, horregatik errodamendu handiegi bat ez jartzearen, bizkarrak elkarren kontra dituzten ilara bakarreko arrabol konikodun bi errodamendu hautatu

dira, bakoitzak karga gaitasun erradiala eta noranzko batean karga gaitasun axiala duela. I euskarrian, aldiz, karga gaitasun erradiala soilik duen arrabol zilindrikodun errodamendua jarri da.

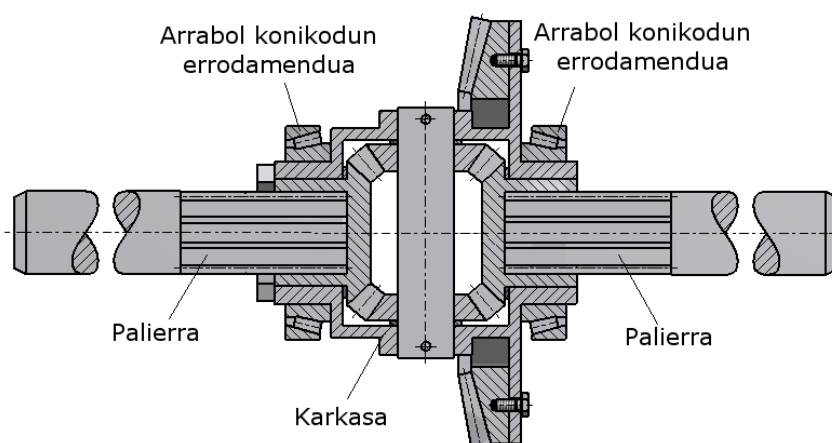
Euskarri bakoitzak izan behar duen karga gaitasun eta barne diametroa oinarritzat hartuz, I euskarriko NU 211 ECP arraboldun zilindrikodun errodamendua eta J euskarriko 32312 J2/Q bi arrabol konikodun errodamendu jarri dira bizkarrak elkarren kontra dituztela.



2.72 irudia: Eraso ardatzeko errodamenduak

Karkasan bi euskarriek, K eta L euskarriek, antzeko kargak jasaten dituzte eta aurpegiak aurrez aurre dituzten ilara bakarreko arraboldun errodamenduak aukeratu dira, bakoitzak karga gaitasun erradiala eta noranzko batean karga gaitasun axiala duela.

Euskarrien kargak eta barne diametroak aintzat hartuta, K eta L euskarrietarako NU 211 ECP arrabol zilindrikodun errodamendua hautatu da biek aurpegiak aurrez aurre dituztelarik.



2.73 irudia: Karkasako errodamenduak

2.8 PLANIFIKAZIOA

Proiektuaren gauzatzea planifikatzeko, Gantt-en diagramaren bitartez berau fabrikatzeko beharrezkoak diren denborazko ezaugarriak zehaztu dira. Horren bidez modu grafikoan fase edo ekintza bakoitzaren iraupena denboran zehar aztertzen da eta beren iraupenak eta epeak kontsideratuz, planifikazioa ezarri eta amaiera data aurreikusi daiteke.

Transmisio sistema egiteko hasierako data 2015eko irailaren 28an finkatu da, astelehena dena. Data horretatik abiatuta proiektuko transmisio sistemaren osagaien fabrikazioaren eta muntaketaren iraupenak definitu eta amaiera data determinatu daiteke. Hori horrela izanik, ondorengo zerrendan prozesu bakoitzaren iraupenak biltzen dira:

- Enbragearen mekanizaketa eta muntaketa: 3 egun
- Abiadura kaxaren mekanizaketa eta muntaketa: 7 egun
- Erreduktorearen mekanizaketa eta muntaketa: 4 egun
- Transmisio ardatzen mekanizaketa eta muntaketa (soldadura barne): 3 egun
- Diferentzialen mekanizaketa eta muntaketa: 6 egun
- Palierren mekanizaketa: 1 egun
- Transmisio sistema osoaren muntaketa: 3 egun
- Transmisio sistemaren amaierako entsegu eta frogapenak: 5 egun

Aipatzekoa da prozesu hauen barnean kasuan kasuko tratamenduak, kalitate kontrolak, frogapenak eta abar kontsideratu direla, fabrikazioaren eta muntaketaren egokitasuna konprobatzeko ezinbestekoak baitira.

Prozesu hauek burutzeko lanordu estandarra zehaztu da, zeinetan lanegunak astelehenetik ostiralera bitartekoak diren eta egun bakoitzean 8 orduz lan egiten den. Hori kontuan izanda, jarraian transmisio sistemaren eraketari dagokion Gantt-en diagrama azaltzen da.

2.9 PROIEKTUAREN KOSTUA

Aurrekontuan oinarrituta, proiektuaren kostua ondokoa da:

AURREKONTU OSOA: 11273,65 €

Proiektuaren kostu osoa 11273,65 €-koa da. Honi dagozkion xehetasun guztiak aurrekontuen dokumentuan adierazten dira.