

**P**rozesua progresiboki garatzen da, horretarako prentsa-ilarak erabiltzen direlako. Hasierako prentsatan enbutizio sakonak burutzen dira; azkenengoetan berriz, ebaketa eta bukaerako eragiketak. Prentsa batetik bestera piezak garraiatzeko sistemak aldatuz joan dira denboran zehar: hasieran langileek burutzen zuten lan hori eta gerora, sistema automatizatuak egin dute, langileak alboratuz. Garapen horren azken urratsa transfer prentsa dugu. Transfer prentsa prentsa bakar bat dela esan dezakegu eta ho-

egin gabe, behar duen uneetan energia ematen dio. Bere neurriak direla eta, motorea eta gurpila prentsaren goiko aldean kokatzen dira. Bestalde, prentsaren orga-higidurarekin elikatze-sistema erraz sintonizatzeko eta segurtasun-neurriak gauzatzeko, inertzia-gurpilaren energiaren hornitzeko erabiltzen den balazta-enbragera konektatzen da transfer mekanismoa. Modu horretara, gurpilaren energiaren baliatzea aukera dago eta ez da beste motore baten beharrik izaten.

Transfer mekanismoaren eskema sinplifikatua ikus daiteke 1. irudian. Bertan, gurpilaren biraketa-higidura erreduktorearen segidan dauden kardan-lotura dituzten bi ardatzetatik espeka-ardatz nagusira transmititzen dela ikusten da. Mekanismoak dituen hiru higiduren (aurrera/atzera, gora/behera eta zabadu/itxi) legeak dagozkion espekak finkatuko ditu. Espeka-jarraitzaile bakoitzean lortzen den translazio-higidura, lau barretako mekanismoan handitu egiten da eta segidan, prentsaren mahaira iristen da.

Merkatuak eskatzen dituen produktibitate- eta fabrikazio-perdoiak betetzeko berriz, transfer mekanismoaren higidurek oso azkarrak eta zehatzak izan behar dute. Ezaugarri horiek espekaren profila definitzen ditu nagusiki: sarrerak eta irteerak leunak izan behar dute eta higidurek abiadura handikoak. Gehienetan transferak luzeak izaten direnez, prentsek altuera handia izaten dutelako, malgutasuna eta jokoa txiki mantentzen zailtasun handiak izaten dira. Ondorioz, lortzen diren higidurek dardara sortzen dute fabrikazio-perdoien kalterako. Dardarak abiaduraren funtzio konplexuen ondorio badiara ere, abiadurarekin batera hazteko joera nagusia agertzen dute eta beraz, makina osoaren produktibitatea mugatzen dute. Eragozpen horiei guztiei aurre egiteko asmoz ari da hedatzen

## Enbutizio-prentsa elikatze mekanismoak eta bere simulazio mekatronikoa

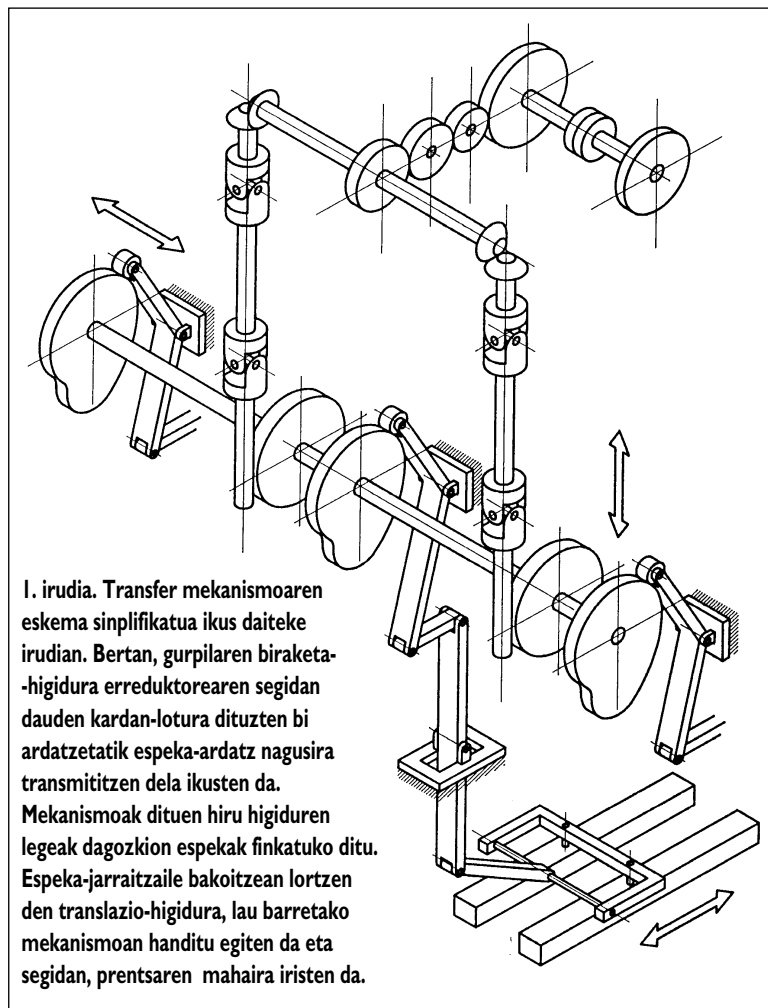
Iñaki Aranburu, Xasio Amasorrain<sup>1</sup>  
& Ramon Domaika<sup>2</sup>

Enbutizioa xafla deformatuz piezak fabrikatzeko prozesu industrial da. Enbutizioa hainbat sektoretako produktuak egiteko erabiltzen da eta esate baterako, kotxe-karrozeriaren zati gehienak horrela fabrikatzen dira gaur egun.

rrek hainbat urratsetan enbutizio progresiboa egiten du, piezak urrats batetik bestera garraiatzeko transfer mekanismoa erabiliz. Produktibitatea gutxienez bikoiztu egiten dute horrelako prentsek. Ondorioz, transfer mekanismoak pisu astunak azkar eta zehaztasunez higitu behar ditu. Eta funtzio horiek betetzeko transfer mekanikoak edo elektrikoak erabil daitezke.

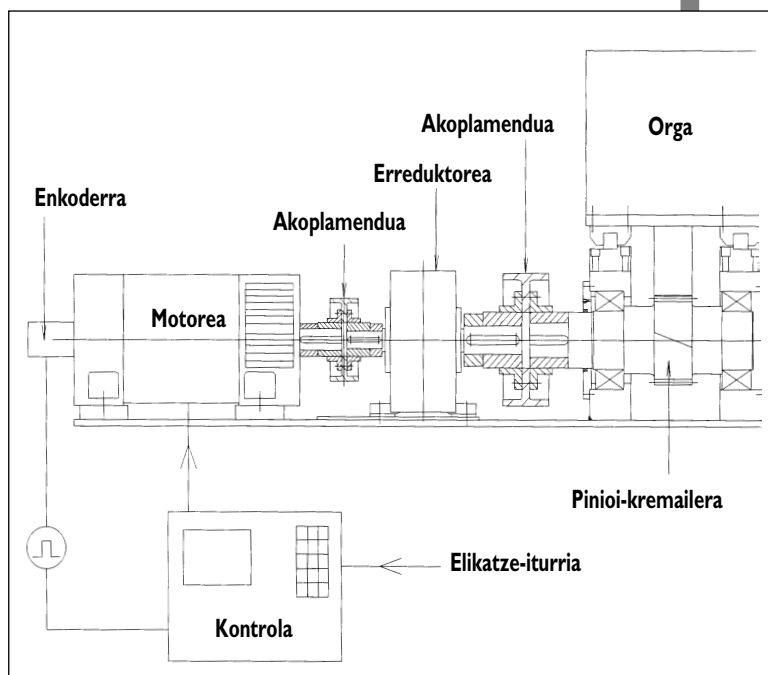
### Transfer mekanikoa

Prentsa mekanikoek duten motore elektrikoa inertzia handiko gurpil bati lotuta dago eta horrek, bere abiadura ia aldatu ere



1. irudia. Transfer mekanismoaren eskema sinplifikatua ikus daiteke irudian. Bertan, gurpilaren biraketa-higidura erreduktorearen segidan dauden kardan-lotura dituzten bi ardatzetatik espeka-ardatz nagusira transmititzen dela ikusten da. Mekanismoak dituen hiru higiduren legeak dagozkion espekak finkatuko ditu. Espeka-jarraitzaile bakoitzean lortzen den translazio-higidura, lau barretako mekanismoan handitu egiten da eta segidan, prentsaren mahaira iristen da.

2. irudia. Transfer elektronikoaren eskema sinplifikatua.



transfer elektronikoaren erabilpena, asko gainera.

## Transfer elektronikoak

Aukera horren abantaila nagusia mekanismoaren sinplifikazioan eta fabrikaziorako eskaintzen duen malgutasunean datza.

Alderdi txarra berriz, motore elektronikoaren konplexutasunean dago. 2. irudian ikus daitekeen bezala, beste motore elektrikoa erabili behar da prentsaren mahaiaren inguruan. Beraz, mekanismoaren luzera, eta ondorioz malgutasunak eta jokoak, asko murrizten dira. Espekak eta lau barretako mekanismoak desagertu egiten dira eta beraien funtzioak motorearen erregulazio elektronikoak beteko ditu. Orain erreduktorearen ondoren ageri diren osagaiak, akoplamentu malgua eta kremailera eta pinioia dira.

Hala ere, transfer elektronikoak, kontrol-arazoez gain, baditu sinkronismoa eta segurtasun-neurririk ziurtatzeko beste arazo batzuk ere.

## Simulazio mekatronikoa

Aurrez aipatu den bezala, elikatze-mekanismoaren portaera erabakiorra da transfer prentsaren funtzionamendu egokirako. Bestalde, sistema horiek bezeroaren beharrei erantzuteko egokitzten direnez, "ad hoc" diseinu exigitzen dute eta, transfer prentsaren kostu altua kontutan hartuz, edozein akatsek eragin ekonomiko handia izaten du.

Hori dela eta, diseinu berriak garatzerakoan simulazioaren egokitasuna eta beharra nagusitzen da. Burututako produktuetan ordea, arazoak aurkitzera eta hobekuntzak aurrez berrestera heda daiteke bere erabilgarritasuna.

Simulazioak ereduetan oinarritzen dira. Mekanika, Elektronika

# TEKNOLOGIA



**FAGOR ARRASATE** prentsa-egileak Bond Graph ereduko simulazio-metodoak bereganatu ditu IKERLANen eskutik, Europako Batasunak bultzatu duen OLMECO proiektu europarrari eta CICYT eta Eusko Jaurlaritzak elkarrekin finantziatutako "Makina Erremintako Sistema Mekatronikoen Simulaketa" proiektuari esker.

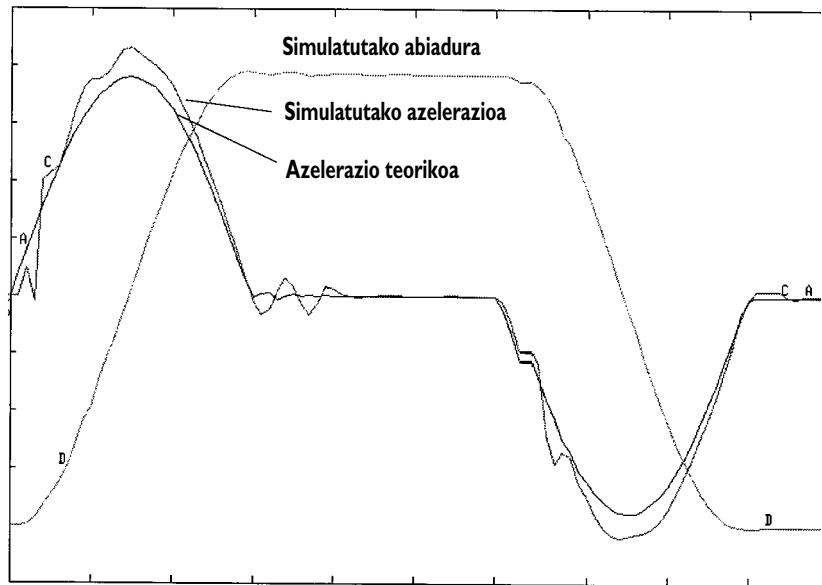
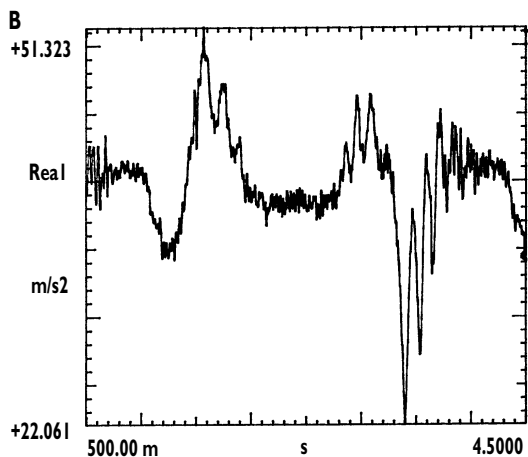
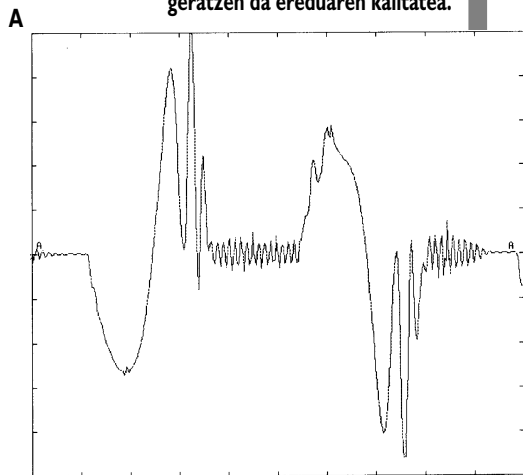




eta Hidraulika arloei dagozkien ereduak garatzeko, espezializatutako teknikak aukeran daude aspaldian. Hala ere, horrelako arlo bateko eredu batean xehetasunezko portaera simulatu nahi bada, edo arlo ezberdinetako osagaiak eginiko sistemaren ereduak burutu nahi bada, hau da, eredu mekatronikoen garapena egin nahi bada, arazo bihurtzen da.

**Bond Graph** ereduak garatzeko metodoak arazo horiek gainditzeko aukera eskaintzen du. Eredu horren adierazpena energia-trukaketan oinarritzen da eta beraz, edozein arlorako "hizkuntza" bera erabiltzen da. Bestalde, ereduaren errepresentazio grafikoak bat-batean ulertzeko eta begi-bistako aldaketa-proposamenak egiteko aukera eskaintzen die arlo desberdinetako adituei. Horrez gain, merkatuan dauden softwareek, **Bond Graph** ereduak zuzena dela ziurtatu ondoren, sistemaren portaera dinamikoa adierazten duten ekuazioak automatikoki sortzen dituzte eta azken finean, simulazioa burutzeko horiek integratzen dira.

3. irudia. **Bond Graph** ereduaren oinarritutako adibide hau (A) transfer mekaniko baten ereduari dagokio eta espeken kontaktuak, malgutasunak eta jokoak hartu dira kontutan emaitza hori lortzeko unean. Neurtu den azelerazioarekin alderatuz gero (B), agerian geratzen da ereduaren kalitatea.



4. irudia. Transfer elektronikoaren simulazioa.

Transfer elektronikoan, **Bond Graph** ereduak oreka-puntuaren inguruan lerrotatu ondoren, Kontrol Diseinua egiteko aukeran dauden beste tresnak (Matlab, Matrix-x, etab.) erabiltzen dira kontrolaren parametroak sintonizatzeke. Ondoren, finkatutako parametroak **Bond Graph** ereduaren sartu eta sistema osoko simulazio zehatzak lortzeko aukera izango da. Prozesu honen ondorioak 4. irudian ikus daitezke. Transfer elektronikoko

batentzat egin da eta desplazamenduak eta azelerazioak simulatu dira malgutasunak, jokoak eta kontrola batera simulatuz.

### Ondorioak

Badira gaur egun produktu konplexuak edota mekatronikoak "ondo eta lehenengoan" gauzatzeko aukera ematen duten ereduak, baita horiek garatzeko metodoak eta simulazioak aurrera ateratzeko bideak ere. Adierazitako transfer simulazioek agerian utzi dute **Bond Graph** ereduaren garapen-metodoak horrelako sistematan duen indarra. FAGOR ARRASATE prentsa-egileak simulazio-metodo horiek bereganatu ditu IKERLANen eskutik, Europako Batasunak bultzatu duen OLMECO proiektu europarrari eta CICYT eta Eusko Jaurlaritzak elkarrekin finantziatutako "Makina Erremintako Sistema Mekatronikoen Simulaketa" proiektuari esker.

I Ikerlaneko Injinerutza Departamentu-koak eta 2 Fagor Arrasateko kidea