

“Industria 4.0”, industriaren goraldi berri baten promesa dela diote. Lan honek, horren atzean dauden kontzeptu eta osagaiak deskribatzen ditu: makro joera orokorrak, enpresen estrategia ereduak eta guztia sustatzen duten teknologiak. Elementu hauek gizarteak sortzen dituen beharrei erantzun nahian nola uztartzen diren azaltzen da eta industria goraldi honi lotuak agertzen diren teknologien errepasoa egiten da ere: Digitalizazioa, Fabrikazio gehigarria, Robotika eta Adimen artifiziala, besteak beste.

Giltza-Hitzak: Industria 4.0. Fabrikazioa. Teknologia. Digitalizazioa. Sistema ziberfisikoak. Gauzen Interneta. Adimen artifiziala. Robotika.

Se dice que la “Industria 4.0” es la promesa de un nuevo auge industrial. Este trabajo describe los conceptos y elementos que subyacen a esta idea: las macro tendencias generales, los modelos de estrategia empresarial y las tecnologías que promueven todo esto. Se explica cómo estos elementos se acoplan para dar respuesta a las necesidades que crea la sociedad y se da un repaso a las tecnologías que aparecen relacionadas con este auge industrial, como son la digitalización, la fabricación aditiva, la robótica y la inteligencia artificial, entre otras.

Palabras Clave: Industria 4.0. Fabricación. Tecnología. Digitalización. Sistemas ciberfísicos. Internet de las cosas. Inteligencia artificial. Robótica.

D’aucuns affirment que l’ « Industrie 4.0 » est la promesse d’une nouvelle splendeur industrielle. Ce travail décrit les concepts et les éléments qui sous-tendent cette idée : les macro-tendances générales, les modèles de stratégie d’entreprise et les technologies qui les encouragent. Il explique comment ces éléments s’accouplent pour répondre aux besoins créés par la société et il passe en revue les technologies liées à cette splendeur industrielle, telles que la numérisation, la fabrication additive, la robotique et l’intelligence artificielle, entre d’autres

Mots-Clés : Industrie 4.0. Fabrication. Technologie. Numérisation. Systèmes cyberphysiques. Internet des objets. Intelligence artificielle. Robotique.

# Eraldaketa indarra, industria behar sozialen paisaia

(Transformation force, the  
industry in the social needs  
landscape)

**Susperregi Zabalo, Loreto**

IK4-Tekniker, Iñaki Goenaga 5, 20600 Eibar  
loreto.susperregi@gmail.com

BIBLID [0212-7016 (2018), 63: 1-2; 134-175]

Jaso: 2019.04.08  
Onartu: 2019.06.21

## 1. Sarrera

Eraldaketa indarra du izenburua lan honek nahiz eta Industria 4.0 terminoa iraultza hitzarekin gehiago lotzen den, eta benetan zaila da adostea iraultza ala aurretik ereindakoaren uzta besterik ez ote den; eraldaketa dakarren uzta eta eraldaketak sortutako uzta berria.

Industria berri hau, Industria 4.0 alegia, “laugarren industria iraultza” deiturikoa, goraldi berri baten **promesa** bezala azaltzen da, fabrikazioa baino haratago doana. **Sistema adimendun** eta **txertatuen** garapenak, haien **konektagarritasunak** eta mundu fisikoaren eta birtualaren bateratzeak ekarri duen eboluzio teknologikoaren adierazpena da. Izan ere, laugarren industria iraultza honek eskaintzen dituen konpromiso garrantzitsuenak bizi-kalitatea hobetzea eta diru-sarrerak handitzea dira. Helburu nagusia **fabrikazioa** bultzatzea da, azkarra, eraginkorra eta bezeroak kontuan hartzen dituen, baina betiere, **negozio eredu** berriak eskaini ditzakeena.

Industria 4.0k **errealitate digital** baten isla bezala agertzen da, eta honek, produktu eta prozesuen bizi-ziklo osoan, alegia, diseinuan, ekoizpenean, erabileran eta mantentzean, du eragina. Azken hamarkadetako industria, elektronika, informazio eta komunikazio teknologiatan oinarritutako tresnez baliatu da, gero eta konplexuagoak diren prozesuak kudeatzeko. Teknologia horiek gizartean ere eraldaketa garrantzitsuak ekarri dituzte, eta horrek, aldi berean, industriari betebeharrak berriak sortu dizkio, horrela etengabeko eraldaketa zikloa eraikiaz.

Hurrengo lerroetan industria kontzeptu berri hau sustatzen duten zutabeen inguruan azterketa egiten da; lehena, egungo gizarteak dauzkan beharrak eta hauen eragina industrian; bigarrena, enpresek beharrezko dituzten eredu eta estrategiak aipatu diren premiei egokitzeko; eta hirugarrena, guztia ahalbidetu behar duten eta aldi berean aukera berriak ematen dituzten teknologiak.

## 2. Industria 4.0an nondik norakoak

Ingurune globalizatu batetan lehiakor izateko fabrikazio enpresek beren produkzio sistemak etengabe egokitu behar izan dituzte, merkatuen eskakizun aldakorretara moldatzeko. Industria 4.0ren helburu nagusia **lehiakortasunean, eraginkortasunean, prozesuen malgutasunean, kostuetan** eta sistemen **ergonomian** hobekuntzak lortzea da. Iraultza deituriko hau testuinguruan jartzeko, merezi du gogoraraztea zer goraldi izan diren industriaren garapenean.

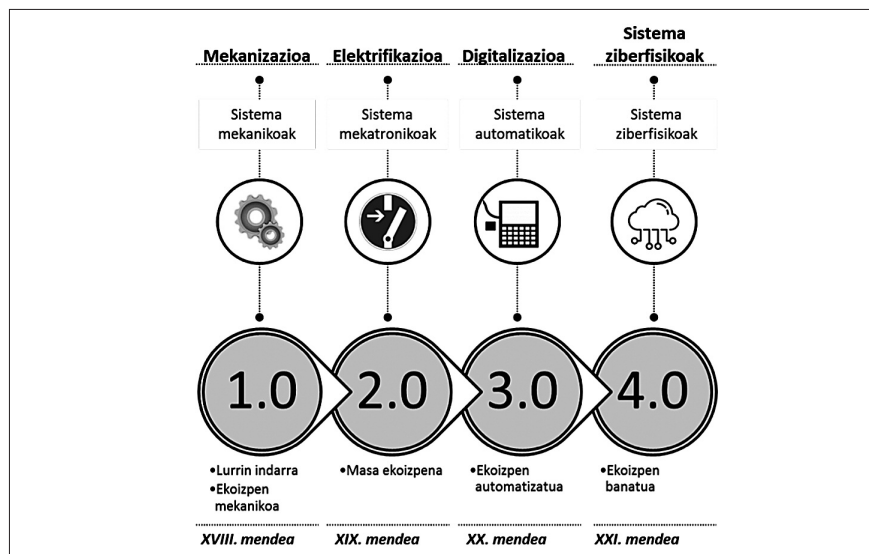
### 2.1. Garapen historikoa

**Lehen** industri iraultza Ingalaterran eman zen XVIII. mendearen erdialdean eta **lurrun motorren** asmakuntzak bultzatu zuen. Nekazaritza eta eskulanari lotutako industriak, ura eta lurrun energiaz baliatzen zen ekoizpen mekanikoak ordezkatu zituen. 1. irudian *Industria 1.0* bezala agertzen da.

XIX. mendearen bigarren erdian, **bigarren** industria-iraultza eman zen Europan eta Amerikako Estatu Batuetan. Iraultza honen ezaugarri nagusiak, **ekoizpen masiboa** lortzea eta energia kimikoa eta elektrizitatea erabiliz lurruna ordezkatzea izan ziren, 1. irudian agertzen den moduan, sistema mekatronikoen hastapenak izan ziren.

1960ko hamarkadaren amaieran, informatika eta elektronikaren aurrerapenak, **hirugarren** iraultza deiturikoa ekarri zuen; ekoizpen optimizatuagoa eta automatizatuagoa lortu zuen, logika kontrol programagarrian oinarritutako sistemak garatuz. **Sistema automatikoak** agertzen dira eta digitalizazioaren lehen pausuak dira. 1. irudian *Industria 3.0* bezala agertzen da.

#### 1. irudia. Industrian eman diren goraldien ezaugarri nagusiak



**Laugarren** iraultza **industria digitalean** datza. Elektronika, Informazio eta Komunikazio Teknologiak (EIKT) honen oinarri dira. Industria 4.0, “*Smart Factory*”, “*Digital Factory*”, Fabrika adimenduna, Fabrika aurreratua eta beste hainbeste terminok ideia amankomunak partekatzen dituzte: prozesuak sistema adimendunekin kontrolatzea, sarean dauden ekoizpen sistemak garatzea, Internet-ek baliatzen dituen medioak erabiliz, “sistema ziberfisikoak” izenarekin ezagutzen diren osagaiez eraikiak.

**EIKT teknologiek** hainbat goraldi izan dituzte ere ekoizpen industrialean. **Lehenengo** goraldian, 80ko hamarkadan eta 90eko hamarkadaren hasieran, prozesuen **eraginkortasuna** bilatzen zen. “*Computer Aided Design*” (CAD), “*Computer Aided Manufacturing*” (CAM), “*Computer Integrated Manufacturing*” (CIM), “*Flexible Manufacturing System*” (FMS) eta antzekoak sartu zireneko garaia izan zen. Gaur egun bezala, fabrikazio sistemen integrazioa eta malgutasuna ziren helburu nagusiak. Garai hartan, ordea, mugatuagoak zeuden eskura zegoen teknologiatatik.

**Bigarren** goraldian, 90eko hamarkadan, **Internet** eta hari lotutako teknologiak agertu ziren, hala nola Interneteko atariak, lankidetzak (“*Customer Relationship Management*”, CRM) eta balio-katearen integrazioa (“*Supply chain management*”, SCM) bere kontzepturik zabalenean errazten zituzten soluzioak landu ziren.

**Taula 1. Fabrikatzaileen ikuspuntua Industria 4.0z.**  
**Iturria: EEF The Manufacturers Organisation [1]**

| Industry 4.0 fabrikatzaileen hitzetan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ez bakarrik teknologiarik buruz, baizik eta teknologiarekin bat egitea hobeto lan egiteko –emankorrako, eraginkorrako, sen eta informazio gehiagorekin (“<i>Not just about tech but how you join up the tech to work better– more productive, efficient, more insights and information</i>”)</li> <li>• Komunikazioa eta datuen analisia (“<i>Communication and data analysis</i>”)</li> <li>• Eraginkortasunaren hobekuntzarako optimizazioa, lan egiteko modu azkarragoa (“<i>Optimization for efficiency gains – smarter ways of working</i>”)</li> <li>• Datuak erabili erantzunak garaiak emateko (“<i>Use data to provide answers more quickly</i>”)</li> <li>• Hurrengo urratsa optimizazioan eta eraginkortasunean (“<i>Next step in optimization and efficiency</i>”)</li> <li>• Fabrikazio lehiakorrenak funtsezko bihurtuko da (“<i>Will become essential for competitive manufacturing</i>”)</li> <li>• “Datuak erabilgarritasuna eta informazioa denbora errealean (“<i>Real time data availability and information</i>”)</li> <li>• Bezeroentzako soluzio hobeak eskaintzea (“<i>Provide better solutions for customers</i>”)</li> <li>• Zerbitzua eta produktua bateratzeko laguntza (“<i>Help to integrate service and product</i>”)</li> <li>• Produktu/prozesu/horikuntza-katea –arloan arteko lanerako aukerak eta hobekuntzak (“<i>Product/process/supply chain– joining up and smarter ways of working between areas</i>”)</li> <li>• Zerbitzuaren homidura hobetzea (“<i>Enhancing service provision</i>”)</li> </ul> |

Mende berriaren hasierarekin batera, **konektagarritasuna** makinetara zabaldu zen, eta “*Machine to Machine*” (M2M) kontzeptuak hedatu ziren. Eta pixka bat geroago, **Gauzen Internet** kontzeptua sortu zen, indartsu, IPv6ren garapenari lotuta. Gailu mugikorrek eta haien konektatzeko gaitasuna asko garatu ziren mende berriaren lehenengo hamarkadaren amaieran. Mugimendu hori guztia EIKTen erabileraren hirugarren goraldia da, eta **laugarren iraultza deiturikoaren aitzindaritzat jo daiteke**.

Eta honetan, Industria 4.0 kontzeptuaren ezaugarri nagusienak honako hauek dira: produkzioaren **digitalizatzea** eta **pertsonalizatzea**; automatizazioa eta egokitzapena; giza-makina elkarrekintza eta sistema ziberfisikoak. Orokorrean, ideia asko bateratzen ditu Industria 4.0k eta kontzeptu hauetaz gain, interesgarria da “*Industry 4.0: Are we Ready?*” [1] lanak nola jasotzen duen Industria 4.Ori buruzko fabrikatzaileen ikuspuntua hainbat esaldietan (Taula 1).

## 2.2. Testuinguru soziala eta joerak

Lehen aipatu den moduan, Industry 4.0 enpresen estrategia eta teknologiarik lotua dagoen arren, makro joerei erantzuten dien planteamendua da. Beste modu batera, enpresen negozioan eragin handia izan dezaketen joerekin lotuta edo haiekin batera doa, eta hauek, gizartearen beharren eta nahien adierazgarri dira, besteak beste:

1. Pertsonalizazioa, bezeroen eskakizunetara egokitzapena: “Konektatutako kontsumitzaileak, pertsonalizatutako esperientziak”.
2. Produktuaren merkataturatze laburragoak, berehalakotasuna.
3. Produktua ez bezela, zerbitzu eskeintza.
4. Jasagarritasunaren inguruan kontzientzia handiagoa eta irtenbide iraunkorrak bilatzeko beharra.
5. Biztanleriaren zahartzaroa.

### 1. Pertsonalizazioa, bezeroen eskakizunetara egokitzapena: “Konektatutako kontsumitzaileak, pertsonalizatutako esperientziak”

Ziurrenik, joera aldaketa handienetako bat **produktu eta bezeroen arteko harremanean** egon da. Atzera geratu dira milioika kontsumitzaileentzako ekoizten diren produktuak. Egungo ekoizpenaren erronka ez da bolumen handiak sortzea baliabide gutxiarekin merkatu kuota handiagoa lortzeko. Zikloa ez da jada diseinu-produkzio-salmenta; produktu jakin bat fabrikatu aurretik enpresak etorkizuneko erabiltzaileekin harremanetan jartzen dira. Kontsumitzaileak sare sozial, datuen analitika eta bezero harremanen bidez lotzen dira industriara.

Adibide argiena merkataritza elektronikoko plataformetan ikus daiteke; fabrikatzaileen eta kontsumitzaileen arteko distantzia laburragoa egin da elkarriketa kanal berriak irekiaz. Bezeroak erdigunean daude, produktuak gero eta modu pertsonalizatuagoan eskaintzen dira. Beste sektoreetan joera hau ere argi ikusten da, ibilgailu berri baten erosketan adibidez, fabrikatzaile askok neurrira egindako aukera ugari sortu dituzte; kanpoaldeko koloreez gain, barne-koloreak, teknologiak

eta osagaiak egokitu daitezke. Fabrikatzaileak beraien bezeroen nahiei erantzuten saiatzen dira produkzio bolumen txikietan ere.

Pertsonalizazio erronka honi erantzuna ekoizpen sistemen **integrazio bertikalaren** eskutik dator. Datuen integrazio bertikalak enpresako alderdi guztien arteko integrazioa eskatzen du: erosketa, hornikuntza katea, diseinua, produkzioa, logistika, operazio eta kalitatea, besteak beste. Hau da, fabrika adimendunek edo aurreratuek ekoizpen sistemak bezeroen beharretara egokitzen dituzte, eskaeren aldaketei berehala erantzunez. Baliabide eta produktuak sarean daude. **Sistema ziberfisikoak** integrazio bertikal honen oinarri dira, lantegiak eta instalazioak eskaera edo stock aldaketei eta aurreikusi ez diren gertaerei modu egokian erantzuteko.

## 2. Produktuaren merakaturatze laburragoak, berehalakotasuna

Aurreko lerroetan azaldu den moduan, bezeroen nahiei erantzuteko produkzioa oso espezializatua eta pertsonalizatua izan behar du. Baina bada beste alderdi bat kontuan hartzekoa ere: azkartasuna. Alde batetik, bezeroek produktua “berehala” edukitzeko beharra adierazten dute. Bestetik, enpresa bezala lehiakor izateko, merkatuan ematen diren aldaketei berehalako erantzuna eman behar zaie. Guzti hau bermatzeko **integrazio horizontalaren** kontzeptua agertzen da eta hornikuntza kate osoari eragiten dio: hornitzaileak, bezeroak eta bazkideak.

Integrazio horizontalak, hornikuntza katearen eraginkortasun operatiboa eta malgutasuna bermatu behar ditu. Balio kateko kideen artean informazio truke arinagoa ahalbidetuz, prozesuak bizkortzea, kalitate kontrolak hobetzea eta merkatuaren eskaeretan aldaketak azkarrago egokitzea lortuko du.

## 3. Produktua ez bezela, zerbitzu eskaintza

Produktu batek ematen duen **zerbitzua** produktu horren **jabetza bera baino garrantzitsuagoa** bihurtu da. Produktuaz gain, produktuaren erabilerak sortutako baliolan dago gakoa. Zerbitzua bermatzen duten produktu adimendunak ekoizteko joera gero eta zabalagoa da. “Zerbitzuetaratzea”, produktu ekoizle izatetik produktuaren zerbitzua eskaintzera eramaten duen prozesua da eta enpresaren **negozio ereduaren** eraldaketa ekartzen du.

Fabrikazio enpresek eskaintzen dituzten hiru zerbitzu maila deskribatzen dira normalean:

- Oinarrizko zerbitzuak, produktua hornitzera bideratuta daudenak, adibidez, ordezko piezen kudeaketaren bidez.
- Bitarteko zerbitzuak, produktuen erabilera eta baldintzak hobetzera bideratuak, adibidez: piezen konponketa, laguntza zerbitzuak edo produktuaren egoeraren jarraipena egiten duten zerbitzuak.
- Zerbitzu aurreratuak, produktuaren errendimendua bermatzen dutenak, adibide ezberdinak topatu daitezke: erabiltzeagatik ordaindu “*Pay per use*”, flota kudeaketa “*Power by the Hour*”, Rolls Royce bezalako enpresek eskaintzen duten zerbitzua [2]).

**Gauzen Interneta** (*“Internet of Things”, IoT*) agertzen da **teknologia gaitzaile** gisa zentzu honetan. IoT-k, produktuak modu teknologikoan areagotzeko aukera ematen die fabrikatzaileei, horrela zerbitzuak bermatzeko, bezeroentzat balio erantsia eskainiz. Aukerak anitzak dira: etxerako produktu adimendunak, kontratuean dauden makina areagotuak eta kamera digitalen bidez hobetutako kamioiak, adibidez. Bezeroek ez dute soilik produktu bat erosten, zerbitzu bat erosten ari dira. IoT erabiltzeak eragin garbia du enpresen ekoizpenean; datuak prozesatzeko, gordetzeko eta komunikatzeko gaitasuna duten gailuak enpresaren prozesu fisikoak konektatzea ahalbidetzen dute. Fabrikatzaile gisa, zerbitzuak eskaintzea lehiakideengandik bereizteko aukera ematen du, baita ere produktuak modu azkarrago batean eta prezio baxuagoetan eskaintzen dituztenengandik.

#### **4. Jasangarritasunaren inguruan kontzientzia handiagoa eta irtenbide iraunkorrak bilatzeko beharra**

Klima aldaketak, kutsadurak eta naturaren baliabideen eskasiak, munduko biztanleriaren gorakadarekin batera, **iraunkortasuna** erronka garrantzitsuan bihurtu du. Nazio Batuetako Ingurumen eta Garapenaren Munduko Batzordeak iraunkortasun kontzeptua 1987an lehen aldiz adierazi zuen: *“Gaur egungo belaunaldiko beharrak bete, etorkizuneko beharrak asetzeko gaitasuna arriskuan jarri gabe”*

Erakundeek modu iraunkorrean jarduten dutela esaten da jasangarritasunaren oinarritzko dimentsio guztiak aldi berean bermatzen dituztenean, alegia, ekologikoa, soziala eta ekonomikoa. Industria 4.0n oinarritzekoak diren teknologiak aukera paregabe bezala agertzen dira dimentsio hauen garapenerako, batez ere ekoizpen eta energia erabileraren eraginkortasunean zuzenean eragiten dutelako eta pertsonak ahalmentzen dituztelako.

#### **5. Biztanleriaren zahartzaroa**

Orokorrean biztanleria zahartzen ari da [3], horrela adierazten dute datu demografikoek 2. irudian ikus daitekeen bezala. 1950ean, mundu osoan 50 urtetik gorakoak 398 milioi lagun ziren. 2015ean berriz, haien kopurua 1.600 milioi baino gehiagokoa zen, lau aldiz handiagoa. Hala eta guztiz ere, egoera asko aldatzen da herrialde ezberdinen artean. European zahartzea oso azkarra da, nahiz eta 25 eta 49 urte bitarteko kopurua oraindik ere nahiko handia izan (biztanleriaren %35), laster jaisten hasiko da.

**European** biztanleriaren zahartzeak erronka ugari eragiten ditu enplegua, lan baldintzak, bizi-maila eta ongizaterako. Bestalde, zahartzen ari diren langileentzako enplegu aukerak sustatzeko ideia berriak eskatzen ditu. Pentsio sistemen iraunkortasuna eta lan eskaintza kezka handia dira ere.

Gizarte Eskubideen Europako Pilarrak **lan-merkatuak erronka** berrietara egokitze marko bat finkatzen du, belaunaldien arteko zuzentasuna eta elkartasuna sustatuz. Langile baten behar profesionaleri egokituak lan ingurune aproposa edukitzeko eskubidea azpimarratzen du, lan merkatuan parte hartzeko aukera bermatzen baitu honek.



## 2. irudia. Goian, munduko biztanleria eta behean, Europako biztanleria alderatuta



Industria 4.0rantz doan bidean, giza faktorea, aldaketa prozesuaren funtsezko osagai gisa agertzen da. Lanpostuak eta konpetentzia profilak goitik behera aldatuko dira, horregatik beharrezkoa da prestakuntza eta birziklatze planak abian jartzea, langileak bere lan inguruneke beharretara egokitzen direla ziurtatzeko, eta, horrela, negozioaren helburu estrategikoak lortzeaz gain abiarazitako bilakaeren onuradun sentitzen direla bermatuko dutenak.

Aipatu diren joera guzti hauek, eragin handia dute gizartean eta noski, industria arloan ere bai. Makro-joera horiei erantzun nahian, paradigma industrialaren aldaketak, ekoizpen eredu malguagoak, birkonfiguragarriagoak, konektagarriak eta adimendunak eskaintzea ahalbidetzen du. Pertsonen integrazioa fabrikarekin eta ekoizpen sistemekin handiagoa da ere paradigma aldaketa honekin. Aldi berean, lehiakortasuna, produktibitatea, kalitatea, kostuak eta eraginkortasuna bermatzen jarraitu behar da; **serie ekoizpeneko** irizpideak eredu izaten jarraitzen dute neurri handi batean. Gaur egun, fabrikak edo ekoizpen bideak, teknologia berrien eta berrikuntzen integrazioan oinarritzen dira, kalitatezko produktuak modu merkeago eta azkarrago batean sortzeko. **Digitalizazioa** eta **sistema adimendunen integrazioa** lehiatzeko modu berria da; horrela ikusten dute mundu mailan bide honi ekin dioten herrialde askok, hurrengo atalean erakusten den bezala.

### 2.3. Europa eta beste herrialdeak, tren bat abian

Azken urteotan, industriak Barne Produktu Gordinean (BPG) pisu esanguratsua duten herrialde guztiek lehiakortasuna mantendu edo areagotzeko estrategiak finkatu dituzte. Euskadin manufaktura industriak bere BPGren %23,5eko pisua du, BPGren %2,03ko I+G+Bri eskaintzen dio eta ez da puntako herrialdeetan gertatzen ari den joera honetatik kanpo geratzen.

Hastapenak Alemanian izan ziren, “*Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*” [4] dokumentuaren bidez aurkeztu zen Industria 4.0 terminoa, ACATECH<sup>1</sup>ek argitaratu zuen 2013ko apirilean. Alemaniaren **estrategia duala** izenekoari erantzuten dio; estrategia horrek epe ertain eta luzerako ikerketa eta garapen teknologikorako baldintzak eta ekintzak identifikatzen ditu. Alemaniak ekoizpen industrialerako ekipoen eta soluzioen eskaintzaren buru izaten jarraitu nahi du; soluzio horiek herrialdeko ekoizpen instalazioetan aplikatuz, balio-kateak integratuz eta ekoizpen prozesu osoa digitalizatuz. Estrategia honen ezarpena Alemaniako industriari 2013an hasi zen, gobernua osatzen zuten alderdi ezberdinen akordioa lortu ondoren.

Ekimen hau mundu osoan sortutakoen artean eraginik handiena izan duena da, **Alemaniak** fabrikazio teknologietan duen **lidergoa** kontutan harturik. Ordutik Alemaniako industriaren eragina handituz joan da BPGan: %23.1 2014an, %25.7 2016an eta %29.1 2018an.

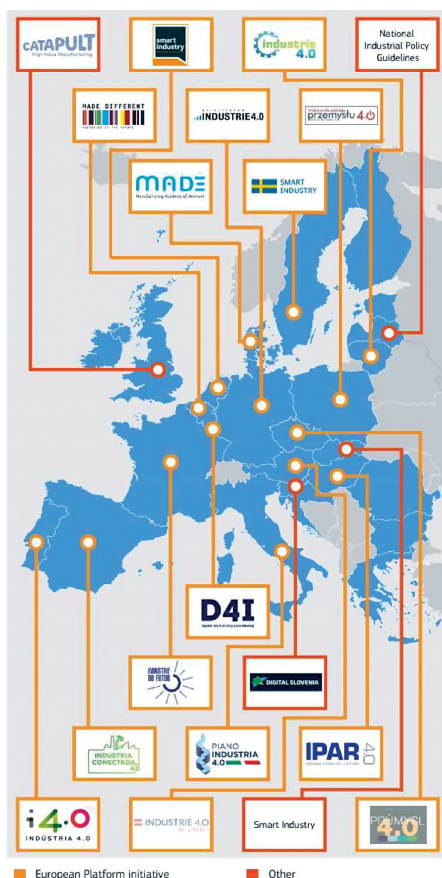
Aldi berean eta mugimendu horrekin lotuta, ez da ahaztu behar fabrikazioaren alorrean “Etorkizuneko fabrikak” izeneko ekimena. EFFRA<sup>2</sup> erakundearen birtatez sustatzen ari da, alor horretako proiektu berritzaileak garatzeko lankidetzak publiko-pribatu gisa. 2008an jarri zen martxan ekimen hori.

Une horretatik aurrera, herrialde eta eskualde askok, besteak beste, Euskadik, ahaleginak eta politikak bat eginez lan egin zuten, egoera berri horrek eskaintzen zituen aukerak aprobetxatzeko. Industria 4.0 iraultza mundu osoan eta aldi berean gertatzen ari da. Alemanian esan den bezala “*Industrie 4.0*”, Frantzian

1. National Academy of Science and Engineering

2. European Academy of the Future Research Association

### 3. irudia. Industry 4.0 Programak European, Europako Batzordea, jatorria: [32]



“The Nouvelle France Industrielle”, Suedian “Produktion 2030”, Italian “Fabbrica Intelligente”, Belgika/ Holandan “Made Different”, Españan “Industria Conectada 4.0” eta Austrian “Produktion der Zukunft”, besteak beste, 3. irudian erakusten den bezala. Euskadik “Basque Industry 4.0” estrategia espezifikoa garatu du, RIS3 Euskadi estrategiaren barruan Fabrikazio Aurreratuaren arloan. 2014ean Basque Industry 4.0 kongresuaren lehen edizioa egin zen. Urtero bertaratutakoen kopurua goraka doa, bertan jorratzen diren gaien interesaren adierazle garbia.

**Estatu Batuek** (industria BPGren %15,9) etorkizuneko fabrikazioa sustatzeko hainbat ekimena martxan jarri dituzte. 2011. urtean, “Advanced Manufacturing Society” [5] talde ekimena abian jarri zen presidentetzarako aholkularitza gisa. Aholkularitza honek fabrikazio aurreratuarekin lotutako arlo guztiak landu zi-

tuen (prozesuak, materialak, adimena, eta abar) eta ikuspuntu asko hartzen ditu kontutan: zientzia, teknologia eta berrikuntza. Ondoren, 2014an “*Interneteko Industria Partzuergoa*”<sup>3</sup> sortu zuten, sektore pribatuko hainbat entitatek osatua (energia, osasuna, fabrikazioa, sektore publikoa eta garraioa). 2014an ere, “*Manufacturing USA*”<sup>4</sup> ekimena jarri zen abian, fabrikazioaren berrikuntzarako sare nazionala osatuz. Punta-puntako fabrikazio teknologien garapena eta adopzioa azkartzeko asmoa du, eskualdeko zentroek sare bat osatzen dutelarik horretarako, mundu osorako produktu lehiakor berriak ekoizteko.

“*Industrie 4.0*” alemaniarrek eta “*Industriako Internet*” amerikarrak ez dihardute elkarren artean lehiari, nolabait osagarriak dira. Bi planteamenduek produkzio bideen eta produktuen arteko loturaz arduratzen dira eta biak “*Internet of Things*” kontzeptuaren aurrean gogo bizia agertzen dute. Alemaniar kasua fabrikazioan murgilduagoa dago, eta konektibitatea baino haratago doa eta amerikarra berriz, beste arlotara irekiagoa da baina konektibitatea aipagarria da.

**Erresuma Batuan** “*Catapult: High Value Manufacturing*”<sup>5</sup> programa martxan jarri zen 2011ko urrian. Katapulta estrategiak, guztira 10 daudelarik, industria eta ikerketa akademikoaren arteko arraila gainditzeko diseinatuta daude. Mundu mailan aurrerakoiak diren ikerketa eta garapen instalazioetara sarbidea eskaintzea dute helburu, beste modu batera Erresuma Batuko enpresa askoren eskura ez daudenak. Erresuma Batuko Gobernuaren xedea 2030. urtean 30 katapulta sortzea da. Fabrikazio katapultaren kasuan, gaitasun eta eskumen desberdinak dituzten 7 zentro garatu dira.

“*Made in China 2025*” [6], fabrikazio teknologia berritzaileen laguntzarekin mundu osoko ekonomia aurreratuena eta lehiakorrena garatzeko hamar urteko plana da. Industria politika honek munduko industria-ekonomia nagusiak gainditzeko du helburu. Estrategiak goi mailako teknologia garatzen duten industriei begiratzen die, esate baterako, automobilgintza, aeronautika, makineria, robotika, itsas eta trenbide ekipamendua, gailu medikoak eta informazioaren teknologiak. Asmoa enpresen lehiakortasuna hobetzea da, prozesu industrialak indartuz, lehenik etxeko merkatuetan eta, ondoren, era global batean.

**Japoniak** fabrikazio aurreratuan duen posizio globalari eusteko eta sektore berrien hazkundea azkartzeko urratsak ere eman ditu. 2010ean, “*Japonia Berrizteko Estrategia*” [7] izeneko hazkunde ekonomikorako estrategia onartu zuen, 2020rako **helburu sozialak eta ekonomikoak** ezartzen zituelarik. Estrategia honek Japoniak fabrikazioan eta teknologian dituen indarguneak aprobetxatu nahi ditu, 1.3 bilioi dolar inbertituz industria berrietan eta horrela 4.7 milioi lanpostu sortzeko asmoarekin. Fabrikazio aurreratuak (automobilgintza, makineria eta elektronika) Japoniako industria gaitasunen abangoardia irudikatzen du eta bere esportazio iturri nagusia da.

Dena den, azken 15 urteotan, Japoniako merkatu kuota pixkanaka jaisten joan da. Garai batean, **eraginkortasun eta kalitatearen** munduko liderra zen,

3. <http://www.iiconsortium.org/about-us.htm>

4. <https://www.manufacturing.gov/nnmi/>

5. <https://hvm.catapult.org.uk/>

baina gaur egun, produktibitatea Estatu Batuetakoa baino %29 txikiagoa da eta Alemaniakoa baino %32 txikiagoa. Ezberdintasuna esanguratsua izateaz gain, azpimarragarria da ere hau handitzen ari dela. Japoniako auto fabrikatzaileen emaitza bikainak izan dira, baina ekoizpenaren zati handi bat Japoniatik kanpo eraman da. Elektronika industrian, Samsung, LG, Xiaomi, Huawei edo Lenovo bezalako enpresen sarrera sendoak merkatuan nabarmen murriztu du Japoniako enpresen kuota.

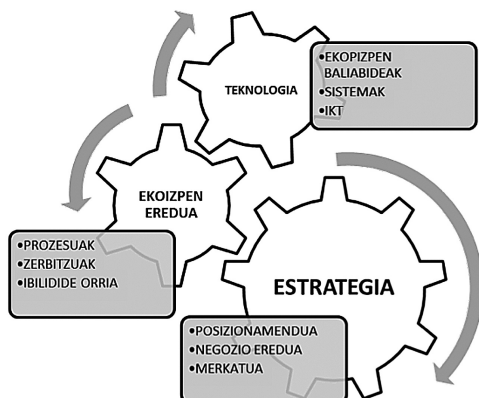
Gure ingurune hurbilean, **Basque Industry 4.0** estrategiak mundu mailako liderren joera jarraitzearen aldeko konpromiso argia da, gure tamaina txikiak dauzkan abantaila eta desabantailaekin. Beste herrialdeetan garatu diren estrategiekin gai amankomunak ditu: Alemaniako estrategiaren antzekoa da, Catapult estrategiak garatzen duten antzera “Fabrikako Aurreratuko” zentroen konpromisoa bilatu da. Azkenik, “Fabrikazio Aurreratuko Aktibo Konektatuen Sarea” sortzea du xede, “Europako Konpetentzia Zentroen” (“*Competence Centers*”) eta horien inguruan sortzen diren “*Innovation Hubs*”-en [8] sarean sartzeko ahalegina eginaz, azpiegitura eta teknologien hornitzaile gisa enpresen eraldaketa sustatzeko.

Maila internazionalen garatzen ari diren planteamendu eta ekintza hauek enpresetara ekartzeko estrategia eta erreferentzia ereduak garatzea beharrezkoa da. Hurrengo atalean ereduak osatzen duten elementu nagusien inguruan lanketa egiten da.

### 3. Estrategia eta erreferentzia ereduak

Galdera irekia da gaur egun enpresen negozioari nola eragingo dioten Industry 4.0 inguruan dauden mugimendu guztiak. Honen baitan enpresek beren estrategiak finkatu behar dituzte; **defentsa estrategia**, mehatxu moduan ikusten badute ala **estrategia proaktiboa** egoera berri horrek eskaintzen dituen aukera aztertzeko. Nolanahi dela ere, gogoeta hiru mailatan egiten da, 4. irudiak jasotzen duen moduan:

#### 4. irudia. Gogoetaren gida gisa erreferentzia ereduak



- Lehenengoa eta funtsezkoa, **maila estrategikoan**. Balio-proposamena eta/edo negozio eredu aldatzeko, hauek nola hobetu analizatu beharra dago. Aukerak ezberdinak dira, ez da gauza bera teknologia berriak produktuari balioa eransteko erabiltzea edo makinaren eraginkortasun operatiboan eragiteko tresna gisa baliatzea.
- Behin estrategia eta hari lotutako erronkak zehaztutakoan, haiek **ekoizpen prozesura edo produktura** nola bideratu pentsatu behar da, enpresak eskaintzen duen produktuan, ingurunean edo ekoizpen sisteman eraginez. Hau da, estrategia horri erantzungo dion **ekoizpen eredu** bat zehaztu behar da, eta, ildo horretan, ibilbide orri bat zehaztu.
- Ibilbide orri horretan, garrantzitsua da oinarri izango diren funtsezko **teknologiak identifikatzea** eta nola integratuko diren erabakitzea: haiek eskuratuz edo garatuz, eta, hala badagokio, norekin. Oinarrizko teknologia gakoa izango bada negozioan, gaitasunak barnean garatuko dira, eta, horrela komeni bada, bizkorrago joateko aukera emango duten kanpoko eragileak laguntzarekin.

Industria 4.0 **estrategia** bat zehazteko eta zabaltzeko orduan, komeni da erreferentzia eredu bat erabiltzea. Adibidez, modu sinplifikatu batean, eskema honetan adierazitakoa izan daiteke (4. irudia) non Industria 4.0 fabrikazio aurreratuaren ekoizpen ereduak ezaugarri hauek izango dituen:

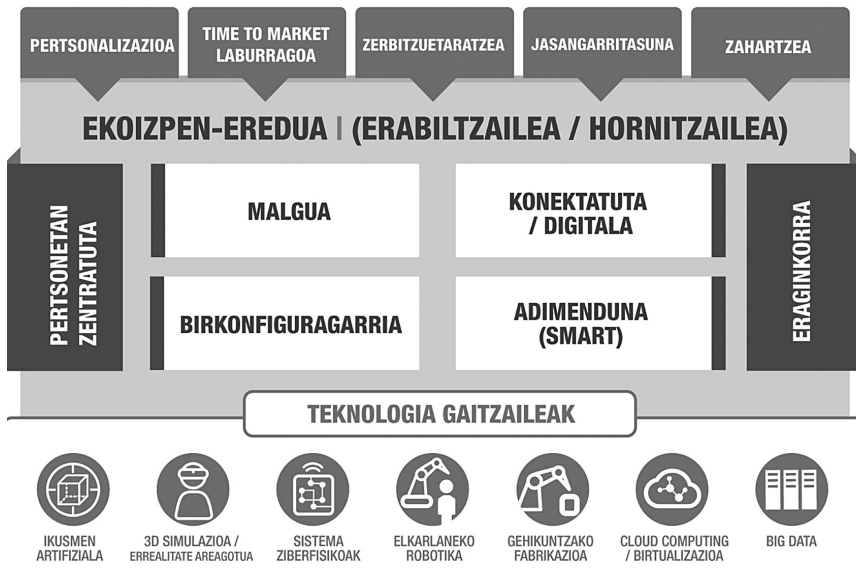
- **Malgutasuna**, azken batean, modu pertsonalizatuan ekoizteko gaitasun gisa, aurreko atalean azaldu diren bezeroen eskaerei erantzuteko (pertsonalizazioa).
- **Birkonfiguragarritasuna**, produktuaren aldaketetara bizkor eta merke egokitzeko gaitasun gisa “*time to market*” laburragoen joerari erantzun nahian.
- Prozesuen **digitalizazioa**, ekoizpen prozesuaren faseak eta baliabideak konektatuz eta integratuz. Fabrikaren **integrazio horizontala** eta **bertikala** ahalbidetuz.
- Prozesuen eta baliabideen “*smartizazioa*”, modu **adimentsuan** erantzuteko. Horrek esan nahi du, besteak beste, aurreko esperientzietatik ikaszea, eta ezusteko egoerei modu autonomoan erantzutea.

Ezaugarri horiek ekoizpen ereduaren izango duten garrantzia erantzun nahi diegun joeren arabera izango da.

Bestetik, ekoizpen eredu osoan oso garrantzitsuak diren zeharkako beste bi ezaugarri daude, bere alderdietan (ekonomikoan, sozialean eta ingurumenekoan) **jasangarritasun** joerarekin bat datozenak:

- **Pertsonetan** zentratuta egotea, automatizazio maila edozein delarik ere. Pertsonak funtsezkoak izango dira ekoizpen sistemak ondo funtzionatzeko.
- **Eraginkorrak** izatea, hondakinak ezabatuz, ahalik eta beharrezko material gutxien erabiliz baliorik handiena bermatzeko.

5. irudia. Erreferentzia-eredu adibidea, hiru maila daude: bat joerekin edo “driver”ekin lotutakoa; bestea, ekoizpen-ereduarekin lotutakoa, eta, hirugarrena, teknologia gaitzaileekin lotutakoa



Azkenik, normalean Industria 4.0 fabrikazio aurreratuarekin lotzen diren teknologia gaitzaileen multzoa dago 5. irudiaren azpialdean. Bi multzotan bildu daitezke:

- Sistema ziberfisikoak, “Big Data” analitika prediktiboa eta “Cloud Computing”: teknologia horiek ezinbestekoak izan daitezke Industry 4.0 ekimen batean, bere izaera integratzaileagatik.
- Elkarlaneko robotika, Simulazioa, Errealitate areagotua, Ikusmen artifiziala, Gehikuntzako fabrikazioa; teknologiek, kasu eta ezaugarri jakinen arabera, garrantzi gehiago edo gutxiago izango dute.

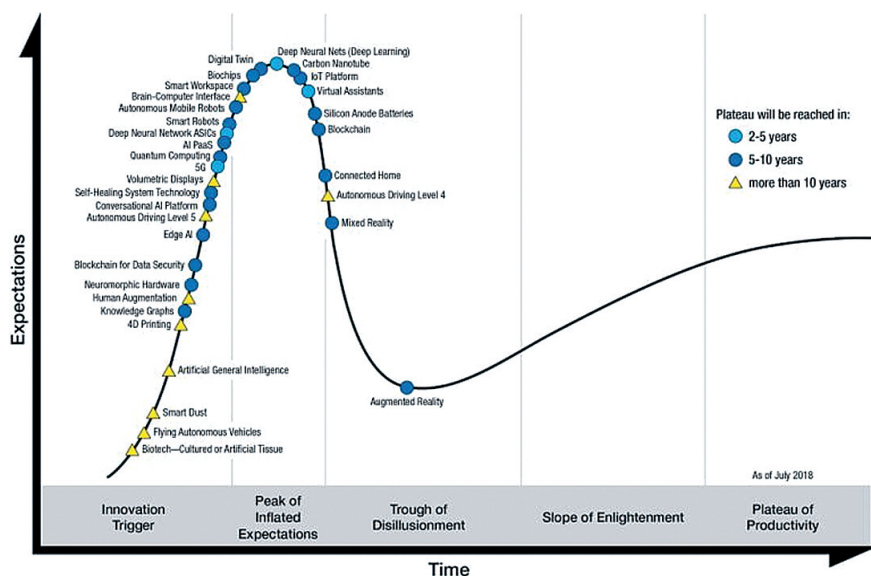
Ekoizpen eredua erabiltzailearen eta ekipo, sistema edo soluzio hornitzailearen ikuspegitik ikusten da beti. Ikuspegi horrekin, azpimarratu behar da zer aukera ematen duten makina edo sistema adimendun eta konektatuek, ekipamendu hornitzaileak ekipoarekin erabiltzailearekin lankidetzan erraz jardun baitezake, haren funtzionamendua eta mantentze lanak optimizatzeke.



#### 4. Industria 4.0 teknologiai, eraldaketaren sustatzaile

Eraldaketaren oinarri gisa hainbat **teknologia** aipatu dira: Sistema ziberfisikoak, Gauzen Internet, Robotika, *Big Data*, *Cloud Computing*, Errealitate areagotua, Adimen artifiziala, Simulazioa eta Gehikuntzako fabrikazioa. Teknologia horien erabilera, bakarka edo elkarrekin, funtsezkoa da fabrikazio prozesu adimendunen garapenean eta sektore industrial guztietan eragina edukitzea espero da, herrialde oso industrializatuetatik hasi (Alemania eredu hartuta) industria-ekonomia nagusietaraino (Txina).

#### 6. irudia. Hype zikloa etorkizuneko teknologiatan



Iturria: mro-network.com

Dena den, Industria 4.0 ahalbidetzen duten teknologiai ere aldakorrek dira. Une bakoitzean, enpresa bakoitzarentzat egokienak finkatu behar dira, bere estrategia eta ekoizpen ereduaren oinarrituta. Sortzen ari diren teknologia berrien **Gartnerren Hype grafikoak** industria 2023ra arte eragin eta eraldatuko dituzten joerak nabarmentzen ditu: etorkizunean zerbitzu digitalak eskaintzen dituzten gailu adimendunek sare digital adimenduna osatuko dutela azpimarratzen dute. Biki digitala, Robot adimendunak eta mugikorak eta Adimen artifiziala oraindik itxaropena sortzen duten teknologien artean kokatuak daude, 6. irudian ikusten den bezala, kurbaren hazkunde aldean daude eta.



Aurreko hamarkadetan ordenagailu, automatizazio eta robotak berrikuntzak izan ziren arren, Internetek eskaintzen dituen aukerak, hauen erabilera erabat zabaltzen du. Aldi berean, soluzio teknologikoen merkatzeak, makinak, materialak, langileen, prozesuen eta produktuen funtzionamendua kontrolatzea ahalbidetzen du. Baita denbora errealean erabakiak hartzeko datuak biltzea, aztertzea eta erabiltzea faktore lehiakorra bihurtu da ere. Laugarren industri iraultza hau **datuetan** oinarritzen da.

Laburbilduz, adimena, digitalizazioa eta sareak dira teknologia berria eta gaitzaileak bateratzen dituzten ezaugarri nagusiak:

- **Adimena:** Adimen artifiziala, teknologia eragile bezala, beste teknologia guztietan barneratua agertzen delako.
- **Digitalizazioa:** alor fisikoa eta birtuala gehiago integratzen dituelako.
- **Sarea:** elementu guztiak konektagarritasuna bermatua edukitzeko.

Ondorengo sailetan teknologia hauen garapena eta ezaugarri nagusiak aztertzen dira.

#### **4.1. Adimena, autonomia eta malgutasunaren ardatza**

Adimen Artifiziala eta Robotika, besteak beste, fabrika edo ekoizpen sistemen autonomia eta malgutasuna bermatzeko aukera eskaintzen dute.

##### **4.1.1. Adimen artifiziala**

Adimen artifiziala ("*Artificial Intelligence*", AI), kontzeptu zabala da benetan, teknologia eta errealtate ugari biltzen dituena. Konputazio zientzien eremuan kokatzen da eta **giza kognizioak** egin ditzakeen atazak gauzatzea du helburu: patrioiak eza-gutu, kontzeptu orokorrak ulertu, ziurgabetasuna egon arren datuak ondorioztatu, ikasteko gaitasuna barneratu eta erabaki konplexuak hartu. Modu orokor batean gizakiak bezala funtzionatzen eta erreakzionatzen duten **makina adimendunak** sortzeko irrika dauka.

Egun, Adimen artifiziala duten makinak gaitasun intelektualaren osagai bezeko batzuk errepikatu ditzakete. Adimen artifizialak bere bilakaeran hainbat teknika sortu ditu beste hainbeste aplikazioekin. Ezagunak dira esate baterako osasun alorrean, diagnostiko azkarragoa eta zehatzagoa egiteko dauden sistemak, odol-laginen bidez minbizia detektatzeko erabiliak. Beste adibideak, smartphoneen aplikazioetan topa daitezke: ahots errekonozimenduko sistemak ("*Siri*"), denbora errealeko itzultzaileak, asistente birtualak ("*Alexa*"), besteak beste.

Adimen artifizialaren eginkizuna Industria 4.0 eremuan ulertzeko garrantzitsua da honekin lotuta dauden teknologiak aztertzea. Era berean, egokia da eraldaketa digitalaren testuinguruan ipintzea.

**Teknologien garapenaren** ikuspuntutik, hiru uhin edo olatu aipatzen dira batik bat, 7. irudian erakusten direnak. **Lehena**, irudian "**Deskribatu**" bezala agertzen da, ingurunea deskribatzeko **arrazoinamendu sinbolikoa** erabiltzen den garaia jasotzen du, adituek, eskuz garatutako logikarekin (erregelekin) funtzionatzen duten sistemak. Arlo zehatz batzuetan erabili dira eta adibiderik ezagunena xakean jokatzeko duten ordenagailuak dira. Eredu zehatz horietatik kanpo,

ziurgabetasuna kudeatzeko, orokortzeko eta ikasteko gaitasun mugatua dute sistema hauek.

**Bigarrena** berriz, “Iragarri” bidez adierazten da irudian, **ikasketa estatistikoan** oinarritzen da, jasotako datuekin ereduak sortzen dira ondorioak iragartzeko, oso emaitza onak eman dituzte aurpegiaren edo karaktereen errekonozimenduan adibidez. Dena den, horrelako sistemek ez dute gaitasunik esleitzen dituzten iragarpenen inguruan arrazoitzeko edo azalpenak emateko.

**Hirugarrena**, “Azaldu” bezala irudikatua dago, **arkitektura kognitiboak** deiturikoan sustatzen dira. Ikasketa gaitasuna bameratzen dute eta egoera ezberdinak kudeatzeko gaitasuna erakutsi ere. Sistema hauek makina autonomoak sortzeko bideratuak daude, erabakiak hartu eta modu logiko batetan azaldu ditzakete. Pertsonarekin interakzio naturala bilatzen da eta hartutako erabakien inguruan azalpenak eman ditzakete.

## 7. irudia. Adimen artifizialean garapen olatuak

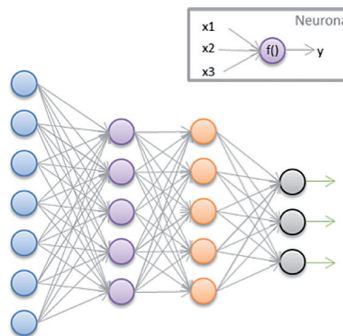
| 1 DESKRIBATU                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2 IRAGARRI                                                                                                                                                                                                                                                  | 3 AZALDU                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eskuz garatutako ezagutza</li> <li>• Erregeletan oinarritutakoa</li> <li>• Arrazonamendu sinbolikoa</li> <li>• Arlo zehaztuak</li> <li>• Ikasteko gaitasun eza</li> <li>• Ziurgabetasuna kudeatu ez</li> <li>• Orokortzeko gaitasunik ez</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ikasketa estatistikoa</li> <li>• Ereduak sortu</li> <li>• Datuetan oinarrituak</li> <li>• Testuingururik ez</li> <li>• Arrazonamendurik ez</li> </ul>                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Testuingurura egokitzapena</li> <li>• Perzepzioan oinarritutakoa</li> <li>• Arkitektura kognitiboak</li> <li>• Ikasteko eta arrazonatzeko gaitasuna</li> <li>• Interakzioa</li> <li>• Erabakiak azaltzeko gaitasuna</li> </ul> |
| ✓ <i>Xakea</i>                                                                                                                                                                                                                                                                               | ✓ <i>Irudi errekonozimendua</i>                                                                                                                                                                                                                             | ✓ <i>Kotxe autonomoa</i>                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                                                                                                        |    |               |



Puntu honetan, interesgarria da aipatzea **Ikasketa automatikoa** edo “*Machine Learning*” bezala ezagutzen den diziplina, Adimen artifizialeko teknologien azpimultzo bat. Programatu gabe funtzionatzeko gai diren ordenagailuak diseinatzea du helburu. Hau da, oinarrizko premisa batzuetatik abiatuta, ordenagailuaren portaera gidatzen duen programa baten bidez ikasteko gai diren makinak sortzea. “*Deep Learning*” edo **ikasketa sakoneko sare neuronalak** Ikasketa automatikoa implementatzeko modu posibleetako bat dira. Duela hamarkada bat aurrerapauso azpimarragarria eman zuten ikasketa sakoneko sare neuronal hauek.

### Sare neuronal bidezko ikasketa sakona ("Deep learning")

Sare hauek giza garunean dauden neuronak irudikatzen dituzte. Neuronak, jasotzen duten sarrera batzuen aurrean ( $x_1, x_2, x_3$ ) aktibatzen dira, funtzio baten baitan ( $f(x_1, x_2, x_3)$ ) irteera bat emanez ( $y$ ). Beraien artean konexioen bidez elkartzen dira eta neurona baten irteera beste baten sarreretako bat bihurtzen da. Sare sako- nek milaka milioi konexio izan ditzakete. Giza ga- runekoak bezala, sare horiek trebatuak daude. Hau da aldez aurretik sailkatuak dauden datuak erakutsiz sareak bere parametroak finkatzen di- tuzte; parametro hauek konexioen pisuan eta aktibazio-funtzioan aurkitzen dira; gero, "Ikasi- takoa" matematikoki aukeratzeko eta beste datu-multzoetan patroi ezezagunak topatzeko erabiltzen dira.



Datu sarrera edozein gauza digital izan daiteke, adibidez, irudi bat, soinu segmentua edo kreditu txartela duen erosketa bat. Irteera, berriz, egin daitekeen edozein galderari buruzko erabakia edo iragarpena da: nor da irudian agertzen den aurpegia? Zein hitz entzuten dira soinuaren segmentuan? Iruzurrezko erosketa al da?

Trebaketa prozesuan sare neuronalak emandako erantzunak errealitatearekin alde- ratzen dira. Demagun irudi batetan pertsonak dauden bereizteko 100 irudi erakusten zaiz- kiola sareari eta sareak hasiera batean, 50 pertsona bezala sailkatzen dituela eta 50 ez pertsona bezala. Ondoren konexioak berrantolatzen dira eta berriro errealitatearekin kon- trastatu (70 zuzenak emanez eta 30 oker), eta eragiketa hau behin eta berriro errepikatuz, iragarpenen eta errealitatearen arteko arraila ahalik eta txikiena izan arte. Puntu horretara iritsi ondoren, sistema prest dago irudiak jaso eta erantzun zuzena emateko. Noski, sistema honek jasotzen dituen datu kopurua zenbat eta handiagoa izan, orduan eta hobeagoa izango da aurreikusteko gaitasuna.

Giza garuneko zati ezberdinak funtzio ezberdinetan espezializatuta dauden bezala (ikusmena, hizkuntza, etab.), badaude sare artifizial espezializatuak ere, non portaera hobe- a erakusten duten zenbait atazetan, ikusmen artifizialeko problemetan adibidez.

Garapen teknologikoek beste hainbeste aplikazio ekarri dituzte alor askotan. Aplikazioen ikuspuntutik lau **olaturak** egituratzen da garapena 7. irudian ikus dai- tekeen bezala:

1. **Internet-eko Adimen artifiziala:** Webaren erabiltzaileek sortzen dituzten datu kopuru handiak automatikoki etiketatzea bermatzen dute (erosi vs. ez erosi, egin klik vs ez da klik egin, etab.). Etiketatutako datu hauetatik erabiltzaileen ohiturak, eskakizunak eta desirak zehazten dituzte algorit- moek, eta ondorioz neurri- ra egindako edukiak ebatzi daitezke Adimen ar- tifizialak eskaintzen dituen teknikak erabiliz. Google eta Amazon teknologia hau erabiltzen duten enpresen adibide argia dira.

2. **Negozioen Adimen artifiziala:** Oinarria jabetza pribatuko datu multzoak dira, bezeroen erosketak, makinen mantentze erregistroak, etab. Algoritmoak datu multzoetan trebatu eta erabakiak hartzeko orduan erreminta egokiak eskaintzen dituzte. Hainbat adibide aurkitu daitezke Industry 4.0 ingurunean: produktuen kalitatea bermatzeko, mantentze prediktiboa egiteko edo eskarien aurreikuspena egiteko.
3. Adimen artifizialaren hirugarren olatuak **pertzepzio** sistemak berritzea lor-tzen du. Sentsoreak eta gailu adimendunak lan eremutan, etxeetan eta hirietan ugaritzen ari dira. Hauek jasotzen dituzten datuen ustiapena “*Deep Learning*” bidez patroien errekonozimendua ahalbidetzen du. Beste adibideak: interfaze aurreratuak *Alexa* eta *Siri* etorkizuneko laguntzaile modukoak, edo *Netflix* edukien egokitzapena, mota honetako aplikazio adibide gisa agertzen dira.
4. Laugarrenaren uhina, zailena, “**A.A. autonomoa**”, kotxe autonomoak honen adibide ezaguna, ingurunea “ikusi” dezakete kameraren pixeletan ereduak iragarritz (errepideko seinaleak adibidez); eta, ondoren, informazio hori erabakiak hartzeko erabili, demagun abiadura murrizteko. Robotika arloan ere, algoritmoak aplikazio industrialetara eraman daitezke muntaketa lerro automatiko berriak egiteko, besteak beste. *Uber*, *Tesla* edo *Google*-eko *DeepMind* bezalako enpresak aldi honetan oinarritutako aplikazioak eskaintzen dituzte.

Adimen artifiziala arlo askotan txertatzen da, Interneten bilaketak, entretenimendua, merkataritza aplikazioak, edukien optimizazioa eta robotika. Epe luzera joera hau gero eta nabarmenagoa izango da. Era berean, Industria 4.0ren oinarri diren teknologiatan, erabakiak modu autonomoan hartu ahal izango dituzte ekoizpen prozesuko arlo ezberdinetan, prozesu, produktu eta zerbitzuen bidez zuzenean edo zeharka. Adibide gisa honako hauek aipatu daitezke:

- **Mantentze** prediktiboan, mantentze lanak aurrez zehaztutako egutegi baten arabera egin beharrean, une egokienean egiteko. Adimen artifizialeko algoritmoak osagai, makina edo sistema baten hurrengo egoera iragartzeko erabiltzen dira eta, horren baitan, langileei prozedurak burutzea gomendatzen diete. Mantentze sistema gehienek makina ikasketa teknika oinarritzat hartzen dute iragarpenak egiteko. Horrelako sistemen abantailak ugari dira eta kostuak nabarmen murrizten dituzte.
- **Kalitatea 4.0**, kalitateari lotuak dauden arazoei diru galera handiak zor ditzakete enpresatan. Ikasketa automatikoaren bidez garatutako algoritmoen erabilerekin, fabrikatzaileek, hasiera batean, kalitate jaitsiera eragiten duten arazoei buruzko alertak jaso ditzakete, mantentze lanetarako alertak sortzen diren antzera.
- **Robotika** ekoizpenean duen garrantzia handitu ahala, Adimen artifizialak ere eragin garrantzitsua izango du. Alde batetik, langileen segurtasuna bermatzeko, eta, bestetik, ekoizpenean denbora errealean bildutako datuak oinarritzat hartuta, prozesuak optimizatzeko.

- Adimen artifizialak 4.0 Industriaren ekosistema osoan murgilduko da eta ez da soilik ekoizpenera mugatuko. Horren adibide da algoritmoen erabilera hornidura katea optimizatzeko eta merkatuko aldagetak hobeto erantzuteko.

Adituen esanetan, konputazio kognitiboa berrikuntza azeleragailuetako bat da. International Data Corporation-ek (IDC) [10] dioenez Adimen artifizialeko sistemetan **gastu orokorra** 77,6ra milioi dolarrera iritsiko da 2022. urtean. Erabilera arloak ondorengoak dira batez ere: bezeroaren zerbitzuen eragile automatikoak, mehatxu prebentzio sistema adimendun eta automatizatuak, salmenten prozesu automatizazioa, prebentziozko mantentze automatizatuak. Iragarpenek diotenez, Adimen artifizialak berak bakarrik 15,7 milioi dolarretan igoko du munduko BPGa 2030ean. Horietatik 6,6 milioi (%42) produktibitatearen gorakadak berak sortuko ditu, eta beste 9,1 milioi kontsumoaren ondorioz izango dira. Munduko ekonomia %14 handiagoa izango da 2030ean Adimen artifizialaren eraginaren ondorioz. Horixe jasotzen du PwC konpainiaren “*Sizing the price. What is the real value of AI for your business and how can you capitalize*” txostenak.

Europako Komisioak “*Artificial Intelligence for Europe*” [11] komunikazioan hiru zutabetan oinarritutzen den Europako ikuspegia proposatzen du,:

- Garapen **teknologikoen** aitzindari izatea eta sektore publiko eta pribatuetan hauen harrera sustatzea.
- Adimen Artifizialak ekarriko dituen aldageta **sozioekonomikoen** aurrean prestatzea.
- Esparru **etiko eta juridiko** egokiak ziurtatzea.

#### 4.1.2. Robotika aurreratua eta elkarlaneko robotika

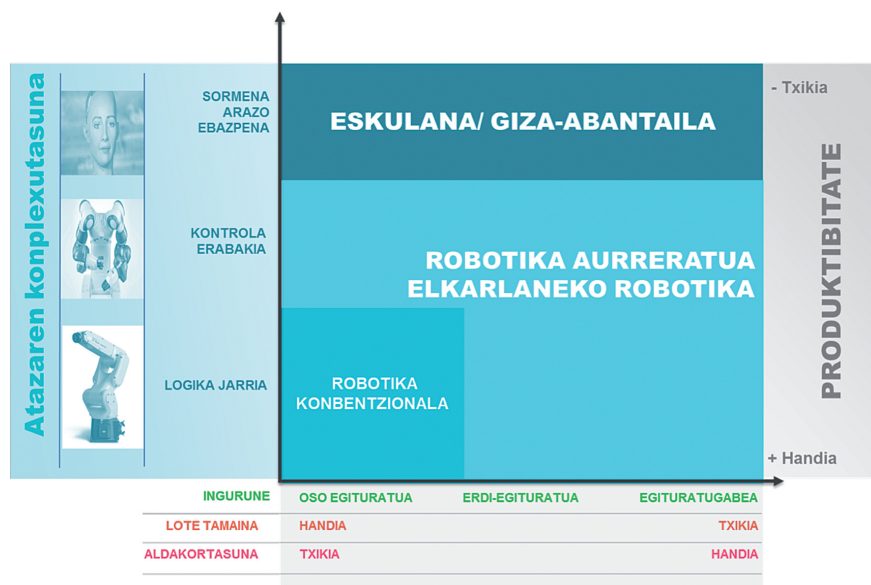
Automatizazioaren irudi ezagunena dira robotak. Robotika aurreratuak edo elkarlaneko robotikak, industrialak ez bezala, gaur egun aldakorrak diren eta bizi-ziklo laburragoa duten prozesuak automatizatzea ahalbidetu nahi du.

Robot industrialen bidez eginiko automatizazioa, eta modu orokorrago batean makineriarekin bezala, **ekoizpen masiboari** zuzenduta dago, operazio finakoak eta errepikakorrak egiteko programatutako robotekin. Robotak eraginkorrak, zehatzak eta fidagarriak dira horretarako. 8. irudian agertzen den bezala, robotika konbentzionalak oso modu egokian erantzuten dio konplexuak diren eta **aldakortasun txikia** duten prozesuen automatizazioari, logika jakin batekin ebatzi daitezkeen atazekin, ingurune finko batean; **produktibitate altua** eskatzen duten ekoizpen prozesuetan. Errepikakorrak diren zereginen artean soldadura, materialen manipulazioa, makina elikatzea, pintura, paketatzea, etab. aurkitzen dira. Gaur egun hainbat sektoretan heldua den merkatu bat da, automobilgintzan eta elektronikan, batzuk aipatzeko.

“*International Federation of Robotics*” IFRko [12] azken datuek erakusten dutenez, 2017an, robot salmenta %30 hazi da, bosgarren urtez jarraian. Hazkunderaren eragile diren sektore nagusiak metal-industria (+%55) eta industria elektronikoa / elektronikoak (+%33) izan dira. Automobilaren sektorean roboten salmenta %22 hazi da eta robot industrialen bezero nagusia bezala mantentzen da horni-

kuntzaren % 33ko kuotarekin. Industria elektrikoa / elektronikoa horniduraren %32 kuota lortu du, non bere bezero garrantzitsuena Asiako merkatua (Txina, Japonia, Koreako Errepublika) izan da. Salmenta globalaren bolumen osoaren %73a bost merkatu nagusik jasotzen dute: Txina, Japonia, Koreako Errepublika, Estatu Batuak eta Alemania. 2013tik Txina izan da robot merkatu handiena bere hazkunde dinamikoa jarraituz. 2018 eta 2021 artean mundu osoko fabriketan ia 2.1 milioi robot industrial berri jarriko direla iragartzen da.

## 8. irudia. Robotika aurreratuaren ezaugarri nagusiak



Asia agertzen da hazkunde aldetik merkatu nagusia bezala, jarraian Europa eta Estatu Batuak. Oro har, eskualde guztietan hazkundeak daude nahiz eta Txinan hazkunde hori nabarmenagoa izan, 137.900 industria-robot Txinara saldu ziren, 2016an baino %59 gehiago; Europa eta Amerika elkarrekin hartuz gero egindako salmenten bolumena baino handiagoa (112.400 unitate).

Robotika ez da fabrikazioan soilik funtsezko teknologia, beste hainbat sektoretan ere, hala nola nekazaritza, kontsumo ondasunak, energia eta meatzaritza, osasuna, azpiegiturak, segurtasuna eta logistika besteak beste. Sektore hauetako beharrei erantzuten dieten robotak **zerbitzu profesionaleko robotak** bezala sailkatzen dira. Hauen salmenta ere hazten ari da, 2018an, robot hauen salmenta % 32ko hazi da, 165.000 unitate inguru. 2019tik 2021era, ia 736.600 unitate saltea espero da.

Robot industrialak lurrean tinko finkatzen dira, produkzio lanak burutzeko beharrezko zehaztasuna bermatzeko. Robotak, definizioz, programagarriak dira, eta, ondorioz, **egokigarriak**. Automatizazio instalazioak berriz ez dira horrelakoak; beraz, malgutasun terminoa galdu egiten da ohiko instalazioetan. Gainera, lantegi kontzeptu horretan, langileak eta robotak eremu fisiko ezberdinetan daude.

Ilido horretan, Industria 4.0ko kontzeptuekin bat doan joera berria automatizazio eta robotika soluzio **malguagoak** eskaintzea da, ekoizpenaren baldintza aldakorretara egokitu daitezkeenak. Ikuspegi horrekin, robot kolaboratibo edo **elkarlaneko robotak** ("cobot"), **robot mugikorak** eta orotara **robotika aurreratua** kontzeptua agertzen da 8. irudian agertzen den moduan.

Robotika aurreratua ingurune **erdi-egituratuta** mugitzen da, non prozesuak aldakorrek diren eta erabakitze maila altuagoa eskatzen duten. Maila eboluzionatuagoa da, sentsoreen integrazioa eta prozesatzea eskatzen ditu. Ataza konplexuagoak (erabakiak hartzeko ikuspuntutik), aldakortasuna eta ingurune ez egituratuak kudeatu behar dira.

Pertsona robota kolaborazioa sartuko litzateke maila honetan ere, non malgutasuna pertsona eta robotaren arteko lankidetzarekin bermatzen den, lankidetzaz ereginak garatzeko lantoki seguruak eskainiz, osagai muntaketa bezalako atazak ebatzeko besteak beste.

Elkarlaneko robotak jendearekin lan egiteko diseinatuak daude. Segurtasuna bermatzen duten ezaugarriekin eraikiak daude, hala nola, mekanikoki kanpoko indar baten aurrean atzera egiteko eta gainkarga antzemateko sentsoreekin. Sentsoreek kanpoko indarra antzemateko aukera ematen dute eta, oso handia bada, robotak bere mugimendua gelditu egiten du. Osagai mekanikoen segurtasun pasiboa sortzen dute, talka eginez gero robota kontrako noranzkoan mugituko da edo erabat geldituko da lesioak ekiditeko.

Elkarlaneko robotikan helburu nagusia pertsonen trebetasuna eta malgutasuna, roboten indarra, iraunkortasuna eta errepikakortasunarekin uztartzea da (9. irudia). Normalean, elkarlaneko robotikaren bidez lantzen diren aplikazioak eskuz egiten diren atazak dira, **enpresa txikien** ezaugarri diren prozesuak, aldakorrek direnak eta ziklo laburrak dituztenak: muntaia, mihizatzea, linea amaierako atazak eta ergonomikoki gogorrek diren lanak. Azken urteotan elkarlaneko roboten eskaintza asko handitu da, ia robot fabrikatzaile guztiek beraien modelo kolaboratiboa dute. Merkatu emergente bat da.

**Robotika mugikorak** berriz malgutasun maila areagotzen du fabrian. Logistikaren munduan, AGV ("*Autonomous Guided Vehicle*") tradizionalak baino harago doazen robot mugikorak aukera paregabea eskaintzen dute. Fabrikazioan, robot mugikorren gainean beso robotikoak jartzea ikerketa lan lerroa oso aktiboa da gaur egun. Malgutasuna bermatzeko nabi-



9. irudia. Elkarlaneko robotika adibidea UR (Universal Robot) fabrikatzailearen robot batekin



gazio naturaleko teknologiak erabiltzen dira, non ingurune ezezagunetan sentso-reen bidez jasotako informazioarekin robotaren kokapena ezagutu eta mugimen-duen plangintza lantzen den. Azken urteotan robotika mugikorrarekin lotutako teknologietan aurrerapen handia egon da, ingurune-ko mapa sortzeko tresnak eskaintzen dira, ibilbidearen plangintza eraginkorragoak egiteko. Era berean, robot mugikorrak eskaintzen dituzten enpresak gero eta ugariagoak dira. Aplikazioak asko dira, logistika eta mantentzean batzuk aipatzeko, **zerbitzuko robotika** bezala eza- gutzen dira.

Orotara, robotika aurrerratuak hainbat alor biltzen ditu, hala nola, Konputazio Zientziak eta Adimen artifiziala, Mekanika, Elektronika eta Kontrola. Hauen inte- grazioa irudikatzeko, 10. irudian, robot aurrerratu batek eduki ditzakeen elementu nagusien erradiografia erakusten da. Robotikaren ezaugarri nagusia elementu hardware eta softwarearen uztartzea da. Robot baten gaitasunak bere mekanikak, kontrolak eta sentso-reek baldintzatzen ditu. Baita ere konputazio sistemetan in- plementatu diren prozesuak.

#### Robotika aurrerratuaren irudikapena

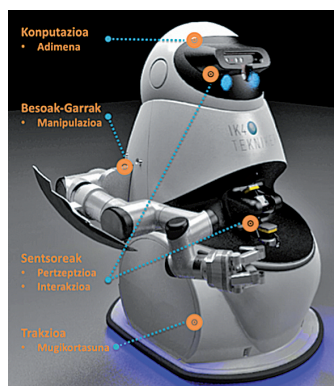
**Adimena**, robotaren konputazio sistemek ahalbi- detzen dute, eta robota osatzen duten elementu guztiekin lotua dago: sentso-reak, motorrak,... Sistemei autonomia eta egokitzapen gaitasuna ematen dizkie. Arrazoiketa, lanen plangintza eta ikasketa gaitasunak jorratzen ditu.

**Pertzepzioak**, objektuen errekonozimen- dua, ingurunean gertatzen ari denaren ulermena eta sentso-reek ematen duten informazioaren in- terpretazioa ebazten du. Pertzepzioa oinarritzkoa da ekintzak era autonomo batean aurrera eram- teko, batez ere portaera adimentsuak eraiki nahi direnean.

**Manipulazioak**, pertzepzioak emandako informazioarekin mugimenduen plangintza lantzen du: mugimenduak finakoak izan beharrean, egoe- ren arabera, adibidez, hartu behar den objektuaren arabera, modu automatikoan egokitzen dira.

**Mugikortasunak** azkenik, robota edonora iristeko gaitasuna eskaintzen du, alde ba- tetik bestera modu autonomoan mugi daiteke plantako ekoizpen puntura iristeko, logistika edo mantenu lanak egitera.

Gaitasun hauek elkarrekin edo banaka ager daitezke sistemen konfigurazio ezberdi- netan.



10. irudia. Robotika aurrerratuaren ele- mentu nagusiak robot mugikor batetan irudikatuak



Gaur egun, robotika malguagoa lortzeko helburua **lkerketa eta Garapenean** (I+G) egiten ari den inbertsio handiak sostengatzen dute. Interesa orokorra da mundu mailan eta enpresa teknologiko handiek, Google eta Amazon horien adibide, Robotika bere I+G lerroen artean jasotzen dute.

- **Europa**, teknologia robotikoan inbertsio handia egiten ari da H2020ko programen bidez, SPARC<sup>6</sup> plataformak bultzatua. Europako Batzordeak robotikako I+G hainbat programen bidez babesten du, esate baterako, “*Information and Communication Technologies*” (ICT), “*Nanotechnologies, Advanced Materials, Biotechnology, Advanced Manufacturing & Processing*” (NMP), “*Future and Emerging Technologies*” (FET).
- **Estatu Batuetan**, Gobernuak garrantzi handiko inbertsioak egin ditu ere, honen atzean dagoen asmo politikoa: automatizazioa areagotuz lanpostuak berriz ere herrira bueltan ekartzea. “*DARPA Robotics Challenge*” programa martxan jarri diren ekimenen adibide da.
- **Txinak** ere interes handia agertu du robotikan, Japonia gainditu du robot industrialen kontsumitzaile gisa.
- **Japonia** robotikako bultzatzaile handienetako bat izaten jarraitzen du 2015ean, bere “*Robot Revolution Initiative*” [13] proiektuaren ekimena aurkeztu zuen, makina adimentsuen erabilera fabrikazioan, hornikuntzan, eraikuntzan eta osasunean aurrera bultzatzeko 5 urteko plana.

Ekipamenduan eta teknologian inbertitzea da, hainbat txostenen arabera [14], produktibitatea hobetzeko faktore nagusienetako bat. Produktibitatea hobetzen laguntzen duten hainbat onura ekar ditzake robotika aurreratuak:

- Malgutasuna, sistema tradizionalak ez bezala, prozesua era auto-moldagarrian egokitu daiteke jasotzen diren beharretara. Hobekuntza honek asko lagundu dezake ekoizpen baliabide birkonfiguragarriak jorratzen.
- Diseinu, programazio, plangintza eta integrazio esfortzuen murriztea. Ondorioz, honek automatizazio instalazioak modu azkarrago batean martxan jartzea ahalbidetuko luke eta mantentze lanen murriztea ekar lezake.
- Azken produktuaren kalitatea bermatzea, ekoizpen errefusen arrisku baxuagoa lortuz eta trazabilitatea, kalitatearen estandarizazioa handitzea.

Hobekuntza hauek ezin dira adierazle bakar baten bidez neurtu. Oro har, ezarritako erreferentzi baten aurka neurtzen dira: ziklo denbora (sekuentzia bat osatzeko denbora), osatutako zikloak (osatu diren sekuentzia kopurua, prozesuaren errendimenduarekin eta txatarraren kostuei lotzen da), erabilera denbora (denbora inaktiboaren aurrean, robotaren iraungipena ebaluatzeko erabili daiteke), eragin-kortasuna, itxaron denbora, etab.

---

6. <https://eu-robotics.net/sparc/>

## 4.2. Ekoizpen digitala, integrazio bertikala eta horizontalaren oinarri

Aurreko ataletan aipatu den fabrika digitalaren **integrazio bertikala** hainbat teknologiak sostengatzen dute, enpresaren irudi digitala eta errealitate fisikoa uztartzen dituztenak. Integrazio bertikala maila hierarkiko desberdinetako Informazio Teknologien (IT) integrazioa da. Sistema ziberfisikoak, Errealitate areagotua, simulazioa (biki digitala deiturikoa), besteak beste, dira teknologia hauen adierazle. Fabrika batek hainbat azpisistema fisiko ditu, hala nola, eragingailu eta sentsoreak, ekoizpenaren kudeaketa sistemak, fabrikazioa eta plangintza korporatiboa.

Biki digitala bizitza errealeko objektu, prozesu edo sistemen irudikapen digitala da. Fabrikazio prozesuak digitalak diren heinean, biki digitala eskuragarri dago. Produktu edo prozesuen azterna digitala sortzeak, produktuaren bizi-zikloan zehar lehen arazo fisikoak detektatzeko, emaitzak zehaztasun handiagoz aurreikusteko eta produktu hobeak sortzeko aukera ematen du. Produktuaren edo prozesuaren mundu digital eta errealean arteko elkarreragin horri esker, biki digitalak neurketa errealistagoak eman ditzaketen eredu aberatsagoak eskaini ditzake.

### 4.2.1. Sistema ziberfisikoak

2006an “*Cyber-Physical Systems*” (CPS) terminoa proposatu zen Estatu Batuetan. CPSen aplikazio eta garapena zabala izanik, bere definizioa ez da hain argia eta bateratua. Industria 4.0n oinarritzko blokeak dira eta bere ezaugarri nagusia **fabrikazio sistemen konektibitatearen** aldaketa sakonean dago. Sistema ziberfisikoak elkarrekintzaren sare gisa ulertu behar dira, sarrera eta irteera fisikoak duten elementuaz osatuak daude, elementu fisikoak kontrolatzen dituen konputazio kolaboratzailea duen sistema osatuz. Elkar komunikatu daitezke eta modu bakarrean identifikatu, *Internet Protocol* (IP) helbide bat dute eta ondorioz Interneteko sarearekin uztartuak daude. Horretaz gain, kontrol sistema adimenduna da. Adibide moduan, CPS bat fabrikazio linea adimendun bat da, non makina batek hainbat prozesu egin ditzake lineako beste osagaiekin komunikatuz.

CPSen inguruan ikerketak eta aplikazioen garapenak bizirik egon dira hainbat alorretan: garraioa, etxe adimenduna, kirurgia robotikoa, hegazkingintza, defentsa, azpiegitura kritikoak, batzuk aipatzeko. CPSek, era berean, ekoizpenean eragina izan du prozesuen automatizazioan eta kontrolean, Ekoizpen Sistema Ziberfisikoak (“*Cyber-Physical Production Systems*”, CPPS) deitzen direlarik. Europar Batasuna eta beste herrialde batzuk, Txina eta Korea, esaterako, CPSen ikerketaren garrantziaz konturatuta hainbat proiektu bultzatu dituzte: European “*Artemis Industry Association*” [15] bidez. Gainera, Estatu Batuetako Gobernuak CPSa garapen estrategia berri gisa izendatu zuen.

Sistema ziberfisikoak, Gauzen Internet-a (“*Internet of Things*”, IoT) edo, bere aldaera industrialean (“*Industrial Internet of Things*”, IIoT), dute oinarri. CPS eta IoT inguruan, “*Cloud Computing*” eta “*Big Data*” **teknologia gaitzaileak** eginkizun garrantzitsua dute euskarri gisa.

CPSen oinarriko elementu gisa Haririk Gabeko sentsoreen (“*Wireless Sensor Networks*”) esparru honetan aurrerapen esanguratsuak egin dira. **Haririk gabeko sare** hauek **sentsoreei** buruzko datuak emateko bereziki diseinaturik daude. Es-

kualde bateko ingurumeneko datuak jasotzeko elkarrekin lanean aritzen diren sentsore nodoak osatzen dituzte. Sentsore nodo horiek ingurumeneko informazioa neurtu eta bildu dezakete, tokian tokiko hartutako erabakian oinarrituta, eta jasotako datuak erabiltzaileari transmititu diezaiokeste komunikazio protokolo baten bidez.

#### **4.2.2. “Cloud Computing”**

“Cloud Computing”a **eskala handiko konputazio paradigma** bati egiten dio erreferentzia, abiadura eta bolumena handitan kalkuluak egiteko arazoari aurre egiteko erabiltzen da. Datu bolumena handiek kudeatu eta denbora errealeko zerbitzua bermatzen duten metodo azkarrak eskaintzeko sortua da. “Cloud computing” enpresako ordenagailua eta zerbitzariak **hodeian** edukitzearen baliokidea da. Beste modu batera esanda, enpresan fisikoki eduki beharrean, konputazio eta biltegitratze zerbitzuak, Internet saretik jasotzen dira; bertan, potentzia handiko biltegiak, plataformak eta zerbitzuak, kudeatuak direlarik. Abstrakzio edo birtualizazio bidez kanpoko bezeroei eskaintzen zaizkie. Horrelako zerbitzuen eskaintza oso zabala da, eta oinarritzko zerbitzu ereduak honako hauek dira:

- 1. Memoria:** hodeian biltegi moduan espazioa alokatzen da datuak eta dokumentuak gordetzeko, honen adibide Dropbox edo Google Drive dira.
- 2. Azpiegitura zerbitzu** gisa “Infrastructure as a Service” (IaaS), honen hornitzaile gisa Microsoft Azure, Equinix, Savvis, RackSpace, Amazon EC2 edo NaviSite daude.
- 3. Plataformak zerbitzu** bezala “Platform as a Service” (PaaS).
- 4. Softwarea zerbitzu** gisa “Software as a Service” (SaaS) adibidez Microsoft Office 365 edo Sugar CRM.

Zerbitzu hauek hardware baliabideak, hodeian dauden plataformak, sistema eragileak, programen exekuzio inguruneak eta datu-baseak barne hartzen dituzte, aplikazioen garatzaileek bere lanak garatu, probatu, zabaltu eta exekutatu ahal izateko.

Hodeian dauden zerbitzuak erabiltzeak zalantzarik gabe abantailak ditu. Ez da beharrezkoa azpiegitura handietan inbertitzea, behar direnean soilik alokatu daitezke eta kontsumitutakoa ordaindu. Segurtasun edo mantentze teknikarien kostuak zerbitzuak ematen dituen konpainiak ordaindu behar ditu, kanpoko erasoetatik babesteko beharrezko baliabideak jartzen dituelarik ere. Edozein gailutatik konektatzea ahalbidetzen dute eta dokumentuak eta informazioa parteka daiteke hirugarren batekin.

“Cloud Computing” inguruan enpresen gaur egungo egoera aztertzeko, EuroStat-en [16] eskuragarri dauden azken datuek ondokoak diote:

- Europa Batasuneko enpresen %26ak *Cloud*-a erabili zuten 2018an, batez ere e-posta sistemak eta fitxategiak modu elektronikoan gordetzeko.
- Enpresa horien %55ek *Cloud* zerbitzu aurreratuak erabili zituen, finantza eta kontabilitateko software aplikazioekin, bezeroekin harremana kudeatzeko edo negozio aplikazioak exekutatzeko konputazio ahalmena erabiliz.

- 2018an, enpresa askok hodei zerbitzari publikoak (%18) erabili zituzten hodei zerbitzari pribatuak (erabilera eskusiboa duten azpiegiturak) baino gehiago (%11).
- 2014arekin alderatuta, *Cloud computing*-en erabilera handitu egin da, batez ere, enpresa handietan (+21 puntu).

#### 4.2.3. “Big Data”

“Big Data”, datu bilkura handietan oinarritutako analisiari buruzkoa da. Konputazio, memoria eta sare gaitasunean aurrerapenak, aurrekaririk gabeko datu kopuruak biltzeko eta aztertzeko aukera ahalbidetu du. Teknologia honek interdependentsia handia dauka “Cloud Computing”ekin. Sentsore industrialak, irati frekuentzia bidez identifikatzeko sistemak, barra kodeak, automatizazio kontroleko sistemak, enpresako baliabideen plangintza sistemak, ordenagailuz lagundutako diseinua eta bestelako teknologiak gero eta handiagoa egiten dute industriako datu bolumena. Datu horien kopurua oso handia eta heterogeneoa izanik, hauen prozesatzea konplexua da. Horregatik, datuak garbitzeko eta datuen balio erantsia ateratzeko metodoak garatu dira; algoritmo profesionalak erabiltzen dira datu horiek aztertzeko eta informazio baliagarria aurkitzeko.

“Big data” proiektu batetan honako fase hauek aurkitzen dira normalean:

- **Jasotzea:** datuak iturri desberdinetatik etorri daitezke, hala nola, sare sozialak, IoT, makinak, erabiltzaileak enpresarekin duten harremanean, biometria, administrazioaren datu irekiak, batzuk aipatzeko, eta egokitzapenak egitea beharrezkoa da.
- **Eraldaketa:** datuen erauzketa prozesua, eraldaketa eta karga; fase honek proiektuen denboraren %60 eta %80 artean kontsumitzen du. Datuak lehendabizi iragazten dira, ondoren aberastu, zuzendu eta azkenik, proiektuaren helburuetarako datu garrantzitsuenak hautatzen dira.
- **Biltegitratzea:** erabilitako datu kopurua kontuan hartuta, biltegitratze sistema klasikoak ez dira nahikoak, beraz beharrezkoa da leku egokia topatzea, aukerak ezberdinak dira: datu zentro propioa izatea (datuak prozesatzeko zentroa), hodeia erabili edo ekipamendu desberdinen artean datuak banatu. Biltegitratze motari dagokionez, datu base egokiak erabiliko dira datuen egituraren arabera.
- **Analisia:** datu kopuru handia aztertzeko, informazioa ateratzen duten algoritmoak erabili behar dira. Zentzu horretan, ebatzi nahi den arazoaren arabera algoritmo egokia aukeratu behar da. Azterketa hau teknika aurreratuekin egiten da, makina-ikaskuntza eta adimen artifiziala lehenago azaldu den moduan.
- **Bistaratzeta:** datuetatik lortutako informazioa bezain garrantzitsua da hauek ikusteko eta ulertzeko formatu errazak jorratzea.

Datu handien erabileraren adibide ugari daude, bezeroak hobeto ezagutzeko aukera ematen dute, iruzurrak eta ereduak antzemateko, makinaren geldialdiak edo matxurak aurreratzea edo asegurdun baten arriskua ezagutzea. Beste adibide batzuk:

- Mantentze iragarlea: akatsak edo berrikuspen beharrak aurreikusi.
- Hiri bateko kudeaketa hobeto antolatu; larrialdi, energia-eraginkortasuna, hondakinak, etab. buruzko informazioa bilduz.
- Tratamenduak edo pazientearen arreta hobetzeko ereduak auresatea.
- Ikusleen interesen ezagutza denbora errealean eta edukien sorrera ikusleen gustuetan oinarrituta.
- Ikasle potentzialen erakarpena eta hautapena.

#### ***“Industrial Internet of Things, (IIoT)” gertaerak eta zifrak***

IIoT konektatutako aktibo adimendunak (gauzak) osatzen dute. “Gauzak” funtzionalitate adi-mendun maila desberdinak dituzte eta industrian sentsore sinpleetatik abiatuta, kontrola, edo funtzionamendu autonomia duten sistemetara doaz.

- IIoTren teknologien barneratzea fabriketan sentsore, eragingailu, komunikazio eta informatika sistemen eskutik dator.
- Industri sentsoreak, RFID etiketak, balizak, konektatutako fabrikazio makinak jada merkatuan daude. Konektatutako gailu hauek 2.5 milioitik 2017an 5,4 milioira 2020an igotzea espero da.
- Gauzen Internet-aren adiera industrialak sektore batzuk barne hartzen ditu, ohi-koak diren fabrikazio, logistika, petrolio eta gasa, garraioa, energia, meatzaritza eta metalak, abiazio etab. Industriako IIoT-ak erabilera kasu ugari biltzen ditu, eraginkortasuna, arrazionalizazioa, automatizazioa eta mantentzea optimizatzeko.
- IDC-k 2017an ateratako “*IoT spending forecast*” [17] txostenaren arabera, 2020ra arte IIoT-n gehien inbertitzeko asmoa duten hiru industriak fabrikazioa (178 milioi dolar 2016an), garraioa (78 milioi dolar) eta energia eta utilitateak (69.000 milioi dolar) dira.
- Gauzen Internet Industrialak nabarmen hazten ari den arren, oraindik ere erronkak daude. Datu industrialak konplexuak dira eta hauen integrazioa, lehen mailako erronka. Datu iturri mota ezberdinak, datu bolumen handiak, datuen arteko erlazio konplexuak eta maiztasun aldakorrak,...azken batean datuen “kaosa” kudeatu beharra desafio handia da.
- Internet Industria Partzuergoak (“*Industrial Internet Consortium*”, IIC) GE (General Electric) erraldoi industrialak sortu zuen eta Internet Industria terminoa asmatu. Hasieratik, GE-k, Cisco, IBM, Intel eta AT&T beste enpresa industrialekin batera estandardak sortzeko egitasmoa izan zuten objektuak, sentsoreak eta konputazio sistema handiak konektatu ahal izateko.
- McKinsey-ren analisi batek [18], IIoT adopzioaren potentzial handiena duen jardura ekoizpena dela balioesten du. Adopzio horrek 1.2 eta 3.7 trilioi dolar arteko eragina izan lezake 2025. urtean. Fabriketan, IIoT adopzioaren balioa batez ere produktibitatearen hobekuntzatik dator, %10-%20 energia aurreztean dago eta %10-%25 lan eraginkortasunean. Beste balio iturri batzuk mantentzean, inbentarioan, lan osasunean eta segurtasunean hobekuntzak dira.

Gaitasun digitalak fabrikazio eta hornikuntza kateko prozesuetan hobekuntza dakarren moduan, **ziber-arriku** berriak ere sortzen ditu. Segurtasuna bermatzeko oreka egokia topatzea beharrezkoa da. Alde batetik, datu batzuk modu garden batean eskaintzea eta bestetik, informazioaren babesa ziurtatzea. Zibersegurtasuna enpresaren estrategia eta operazioen zati garrantzitsu bat izan behar da. Industry 4.0n erabiltzen diren gailu xumeen ere segurtasuna bermatua eduki behar dute “*hackeatuak*” izatearen arriskuak saihesteko, batez ere gailuak sarean daudenean. Ziber-mehatxuen eraginak hainbat dira: segurtasun fisikoa, ekoizpen denborak moteltzea, produktuen hondatzea, ekipoetan kalteak, eta ondorioz finantza eta ospe galtzea. Ondorioak hain larriak izanik, gaur egun zibersegurtasunaren helburu garrantzitsuenak honakoak dira:

- Enpresaren ekoizpen prozesuen **konfidentzialtasuna** ziurtatzea.
- Komunikazio prozesuak osatuagoak egin eta fabrikako gailuen artean datu bilketa ziurra ahalbidetzea.
- Instalazioen, ekoizpen prozesuen eta sistema ziberfisikoen segurtasuna bermatzea.

#### 4.2.4. Errealitate areagotua

Errealitate areagotuak, mundu errealean informazio birtuala gainjartzen duen teknologia eskaintzen die erabiltzaileei. Horrela, erabiltzailea mundu errealararekin eta birtualarekin harremanetan egon daiteke, eta datuak edo estatistikak denbora errealean jaso ditzake. Industria 4.0 arloan honek abantailak ditu. Alde batetik, enpresako teknikariei informazioa aurkezteko modu egokia izan daiteke, denbora errealean informazioa ikus dezaketelarik; adibidez, teknologia egokia izan daiteke makina batek duen arazo baten aurrean makinaren gidaliburua ikusteko edo laguntza jasotzeko, aditu batekin zuzenean harremanetan egoteko besteak beste.

Bestetik, **Industria prestakuntza eta ikaskuntza** hobetzeko aukera beste abantaila garrantzitsu bat da, arriskuak eta kostuak murriztuz.



11. irudia. Errealitate areagotuko Vuzix blade botaurrekoak

Errealitate areagotua **errealitate birtualarekin** alderatuz, esperientzia desberdina da; mundu erreala eta digitala uztartzen ditu “*Computer Aided Design*” (CAD) eta “*Product Lifecycle Management*” (PLM) aplikazioetako datuak erabiliz. Ez da errealitate birtuala bezalako murgiltzea, benetako mundua ikusten da eta eduki digitalak gainjartzen dira. Eduki digitala testua,

3D grafikoak, soinua eta bideoa, konbinazio guztietan, dira. Informazioa gailu eramangarri, ordenagailu, tableta, smartphone batean aurkeztu daiteke, kameren bidez mundu birtuala errealean gainjartzen da.

Duela urte batzuk arte, gailuak garestiak ziren eta errealitate areagotuko aplikazioen adopzio zabalarentzat oztopo nagusia izan zen. Gaur egun, gailu mugikorren erabilera hedatuagoak muga hori gainditu du, smartphoneak eta tabletak errealitate areagotuko prozesuak garatzeko eta zabaltzeko beharrezkoak diren sensoreak eta prozesatzeko unitateak eramaten dituzte eta.

2022. urtean ingeniari-tza erreallitate areagotua eta erreallitate mistoaren hirugarren aplikazio eremua izango dela estimatzen da, merkatuaren balioaren %14 sortuz, 80.000€ milioira iritsi daitekeelarik.

Are gehiago, gailu mugikorrei eragiten dien teknologien berrikuntzak produktu berriak sor ditzakete, normalean “wearables” gisa aipatzen direnak. Industriak erreallitate areagotuko gailu eskaintza zabaltzen jarraitzen du, hala nola, Emacula ukipen lenteak [19], 11. irudian ikusten diren Vuzix Blade 3000 betaurrekoak [20], Meta 2 AR aurikularrak [21] aurki daitezke azken produktu berri bezala.

Oro har, industria domeinuan, erreallitate areagotuko **aplikazioek ingeniari-tza jarduerak eta ekoizpen inguruneak** barne hartzen dituzte, produktuen **diseinu-n** eta produkzioan **komunikazioa** hobetzen dutelarik. Garapen prozesuaren hasierako faseetan produktuen edo sistemen sormen prozesuan laguntzen dute: diseinuak arazteko prozesua erraztu, dauden diseinu akatsak identifikatu eta saihestu; prototipo fisiko kopurua murriztu eta enpresentzako denbora eta kostua gutxitzen da. Goldman Sachs-ek [22] teknologia horien oinarritzko erabiltzaile gisa Europako, Japoniako eta Estatu Batuetako 6 milioi ingeniari egongo direla kalkulatu du, gaur egun CAD / CAM tradizionalen erabiltzaile direnak.

**Mantentze** lanak, konponketak eta muntaketa-lanak erreallitate areagotuko aplikazioen ikerketa eremu bat dira, industriako kostu murrizketaren gakoa baitira. Zeregin hauen konplexutasuna dela eta, teknikariek, datu eta eskuliburuak eskura behar dituzte lanean ari diren bitartean esleitutako prozedurak osatzen. Prozeduran parte hartzen duen gailuaren eta eskuliburuaren arteko etengabeko arreta aldatketak teknikariengan karga kognitibo handia dauka. Gaur egun, mantentze eta konponketarako erreallitate areagotuko aplikazioak teknikariei oharrak, laguntzak edo iradokizunak eskaintzen dituen tresna birtual multzo bat da. Tresna ohikoenak jarraibideak ematen dituzten audioak, 3D eredu animatuak, zer egin behar duten azaltzeko eta zereginari buruz xehetasunak emateko testu etiketak. Eduki grafikoa gailuan ikusten den makinaren irudi errealarri gainjartzen zaio, teknikariak informazioa testuinguruan aprobetxatu ahal izateko prozedura gauzatzean. Gainera, aplikazioak sarritan tele-presentzia sistema batekin osatzen dira erreallitate areagotuko laguntza nahikoa ez denean, urruneko teknikariak interaktiboki etxeko mantentzaileei laguntzeko.

Erreallitate areagotuko teknologiak **trebakuntza** helburuetarako erabiltzea landu den beste arloa da, izan ere, industria domeinuko teknikariek ikasketa behar-beharrezkoa dute, eta mantentze, muntaketa eta konponketa lanekin oso lotuta dago. Formakuntza tradizionala hobetzeko erreallitate areagotuko teknikak sakon aztertu dira urte hauetan zehar, irakasleek, ikasleen trebakuntza esperientzia hobetzeko bide berritzaileak eskaintzeko asmoarekin.

Produkzio katearen amaieran, **kalitate** kontrolak altuak dira merkatuan azken erabiltzaileen nahiak hobeto asetzen dituzten produktuak kaleratzeko. Produktu askori azterketa egiten zaie akatsak jasotzen dituzten paperezko zerrendak erabiliz. Prozedura honi, ikuskapena deitzen zaio eta eremu ezberdinetan egin daiteke. Produktu aukerak eta haien aldaerak handitzen diren heinean, ikuskapen ataza konplexuagoa bihurtzen da eta ikuskatzaileen karga kognitiboa handitzearen ondorioz ataza honen eraginkortasuna gutxitzen da. Erreallitate areagotua ikuska-pen prozesua errazteko teknologia egokia bezala argi eta garbi ikusten da, bene-



tako objektuaren eta eredu idealaren arteko zuzeneko konparaketa ahalbidetzen baitu. Izan ere, gailu eramangarriak erabiliz, betaurrekoak adibidez, langileak ikuskatzen ari den produktuaren objektu idealaren 3D irudia gainjarria bistaratu dezake, konparaketa modu erraz batean egiteko.

Aurrekoan aipatutakoaz gain, beste arlo garrantzitsu bat pertsona robota lankidetzaren eremuan dago. Errealitate areagotua elkarrenergintzeko interfaze eraginkorrak sortzeko erabiltzen da. Robotak eta pertsonak elkarlanean aritzen diren lan eremu egokiak sortzeko, interfaze berriak garatu behar dira, erabiltzaileek modu naturalean elkarrenergintzeko. Horregatik, diziplina zientifiko berriak sortzen ari dira honen inguruan “*Human Robot Collaboration*” (HRC) bezala, non interfaze berritzaileen bidez giza robot lankidetzaren hobetzea du helburu. Errealitate areagotua tresna indartsua da arlo honetan, ingurune errealeko testuinguruan dagoen informazioa erakutsiz **sistemarekiko langileen kontzientzia hobetzen dute**.

Errealitate areagotutakoaren eraginkortasuna ez dago bistaratzeko prozesuan, datuak modu askotan ikus daitezke eta, datuak “**nola ikusten diren**” egiten du errealitate areagotutakoaren teknologia indartsu.

### **4.3. Azkartasuna eta egokitzapena, fabrikazio gehigarria eta 3D inprimaketa bidez**

Fabrikazio gehigarriko teknikak garatzea funtsezkoa da 4.0 Industrian, izan ere, osagaiak modu azkar, malgu eta zehatzagoan lortzen laguntzen dute zenbait arlotan.

“*Additive Manufacturing*” prozesua diseinu digitaleko fitxategi batean oinarritzen da materiala jalkitzeko, geruzaz geruza, 3D geometriak konplexuak osatuz. Industry 4.0n fabrikazio gehigarria diseinu prozesuaren zati erabakigarria bihurtu da, prototipoak azkar sortuz eta lur irabazi du oso pertsonalizatuak diren lote txikiak ekoizten.

Egun, enpresa mailan, ez da masa kritiko bat lortu azken erabilerako pieza eta produktuaren aplikazioetarako. Hori, neurri batean, eskalako ekonomien eragina da, ez da berdina diseinu fasean objektu bakar bat inprimatzea edo eskala handian piezen ekoizpen masiboa egitea.

Hala eta guztiz ere, plastikozko prototipoak egiteko erabili dira batez ere teknologia hauek; hori dela eta, sarritan “prototipo azkarra” deiturikoarekin lotzen da fabrikazio gehigarria. Kasu askotan, prozesu hauek fabrikazio aurreratuko egoera errealekora eraman ahal izateko, propietate mekaniko eta termiko egokiak dituzten materialak behar dira, hortaz, material metalikoak erabili behar dira. Gauzak horrela, pieza metalikoak lortzea erronka garrantzitsua da ekoizpen prozesuetan fabrikazio gehigarria erabiltzen hasteari begira.

Gaur egun, laser teknologiak fabrikazio gehigarriko bi metodo nagusiak ahalbidetzen ditu metalaren arloan: laser bidezko fusio selektiboa “*Selective Laser Melting*” (SLM) eta laser bidezko jalkitze zuzena “*Laser Metal Deposition*” (LMD).

Lehen kasuan, **geruzaz geruza sortzen da pieza**, hauts eran dagoen material metalikozko geruza baten gainean. Geruza bakoitzaren lodierak (normalean, mikrometro hamarrekotan) eta fusioan erabilitako laserraren parametroek finkatzen edo baldintzatzen dute piezen kalitatea.



LMD teknologiaren abantaila nagusia zera da: fabrikazio gehigarria ahalbidetzen du geometria konplexuko gainazalen gainean, eta batzuetan aurrez beste teknologien bitartez fabrikatutako piezen gainean ere bai.

Gainera, fabrikatutako piezen tamaina makinaren mugitzeko gaitasunak mugatzen du soilik, beraz, tamaina handiko piezak ( $>1\text{m}^3$ ) fabrikatu ahal dira jalkitze abiadura handian ( $>2\text{Kg/ordu}$ ). Oro har, gainazalaren akabera hobetua eskatzen den kasuetan, fabrikazio honek mekanizazioa behar du amaieran. Piezaren akabera ona eskatzen denean, LMD bidezko fabrikazioak beste tratamendu mekanizatu bat behar du gero; ez da oso konplexua eta denbora gutxi behar da.

Gaur egun, **hauts eta hari-injekzio** bidezko LMD teknologiak parekatuta daude industrian, horietako bakoitza kasu desberdinetan aplikatzen baita. Hautsa maizago erabiltzen da prozesuan eta teknologia garatuago dago, ez baita hain konplexua eta materialak lortzea errazagoa baita. Hori dela eta, sendotzeko prozesuetan eta konponketetan erabili ohi da.

Hala ere, diseinatutako laser buru berriek eta hari erako materialek abantaila ugari dituzte, besteak beste, jaulkitako materia ia-ia osorik erabiltzea, abiadura handiagoan jaulkitzea, prozesuak mekanizazio eta fabrikazio gehigarriko metodo hibridoetara moldatzeko duen gaitasuna eta lan giro osasuntsuagoa.

Horrez gain, azpimarratu behar da fabrikazio prozesu hauek kontrolatzea oso garrantzitsua dela, izan ere, horietan erabakitzen dira piezen egiturazko ezaugarriak eta ezaugarri mekanikoak. Era berean, karakterizazio sakona behar da (egiturazkoa, kimikoa, mekanikoa eta abar) prozesu osoan zehar, hasierako materialetik hasita pieza amaitu arte. Argi dago alderdi horiek guztiz garrantzitsuak direla teknologia hauen bidez fabrikatutako produktuak ziurtatzeko eta onartuak izateko.

Orain arte laser bidezko fabrikazioko prozesuei buruz aipatutakoaz gain, gero eta prozesu bizkor, fidagarri eta seguruagoak lortzen lagundu dezaketen iturriak, osagaiak eta ekipamenduak diseinatzeko eta fabrikatzeko joera dago. Ildo horretan, diseinu berriak prestatu eta osagai txikiak garatzeaz gain, ekipamendu konplexuak fabrikatu nahi dira.

Gartner Research-ek [23] estimatzen du 2019rako, urtero ia 5,7 milioi 3D inprimagailu salduko direla. 2016rako estimazioak 500.000 inprimagailu ziren. Handitze esponenzial honen arrazoia, 3D inprimaketak diseinu konplexuak erraztu egiten dituela ekoizpen sistema konbentzionalekin alderatuta. Teknologia azken urteotan izugarri heldu da eta kostuak ere asko jaitsi dira. Horrela, pieza konplexuen eta banakakoen ekoizpena 3D inprimaketa bidez ekonomikoki bideragarria izan daiteke.

Ekoizle industrialen artean PwC-k [24]egindako inkesta baten emaitzek diotenez bi heren ari dira dagoeneko 3D inprimaketa erabiltzen. Gehiengoek prototipo azkarrak edo esperimentuak egiteko erabiltzen dute. Beste aplikazio batzuk ere izan daitezke neurriari egindako produktuak, edo ekoizpen tradizionala erabiliz lortu ezin litezken produktuak.

## 5. Fabrikaziora ekarritako eraldaketak

Hurrengo lerroetan orain arte aztertutako teknologiek industriaren eraldaketari nola eragiten dioten analizatzen da.

Industria Europako ekonomiaren zutabeetako bat da, Europa Batasuneko manufaktura sektoreak 2 milioi enpresa ditu, 33 milioi enplegu barne hartzen ditu eta produktibitatearen hazkundearen %60a dagokio. Industria laugarren iraultzaren atalasean ez badago, bai, bilakaera sendo baten atalasean, non fabrikazio erreala eta birtualaren konbergentzia bilatzen den. Konbergentzia hori ez da berez helburua, baizik eta produkzio indibidualizatua, malgua, produktibitate handikoa, iraunkorra, merkaturatze denbora laburragoekin, negozio eredu berriei produktuak ez ezik zerbitzuak ere saltzeko garatua.

**Industria eraldaketa digitalean** murgilduta dago, automatizazioa baino haratago doa, prozesuen integrazioa eta hauek sortutako edo erabilitako datuak barne hartzen ditu. Europako industria indartsua da **sektore digitalean**, hala nola, automobilgintzari zuzendutako elektronikan, segurtasun eta energiaren merkatuetan, telekomunikazioan, negozioei lotutako softwarean, laser eta sentore teknologiatan. Hala ere, goi mailako teknologiko sektore hauek munduko beste leku batzuetatik datorren **lehia larria** jasaten dute. Eskualde artean ere digitalizazioan desberdintasun handiak daude. Azken azterlanen arabera produktu eta zerbitzuen digitalizazioak Europako ekonomiari 110 milioi euro baino gehiagoko diru sarrerak gehi diezaiokie hurrengo bost urteetan.

**Fabrikazioaren** kasuan, erabakiak hartzeko orduan makina eta prozesuak sentore bidez monitorizatzea lagungarria izan daiteke informazioa lortzeko, betiere, hau egitearen kostu ekonomikoa jasagarria bada. Informazio honek prozesuen simulazioa ahalbidetu dezake, eta horrela, prozesua optimizatzeko biki digitala atzigarri egon daiteke. Honi esker ekoizpen prozesuaren faseak modu orokor batean kudeatu daitezke eta enpresek ekoizpen eredu aurreratuak sor ditzakete.

Argitaratutako ekonomia **iragarpenak** asko dira eta oro har onartuta dago ekoizpen industriaren digitalizazioaren eragina izugarria izango dela arlo ekonomikoan eta antolakuntzan:

- Slama-k bere *“Enterprise IoT. Strategies and Best Practices for Connected Products and Services”* [25] lanean Gauzen Interneten balio ekonomikoa 2020. urterako 1.9 bilioi dolarretara iritsiko dela azaltzen du, eta, aldi berean, konputazio sistemen kostuak gutxituko direla.
- MacKinsey-n *“Disruptive Technologies: Advances that will Transform Life, Business, and the Global Economy”* [26] azterlanean, konektatutako gailuen erabilera produktibitatean %2,5 eta %5 arteko hobekuntzak eragingo duela estimatzen da; eta aldi berean, ekoizpen enpresen %60ak Industry 4.0k negozio eredu berriak ezartzeko aukera emango duela uste du. 2025ean ia ekoizpen planta guztiek, %80 eta %100 artean, konektatutako gailuak erabiliko dituzte eta 0,9 eta 2,3 trilioi dolarreko eragin ekonomikoa izango omen dute.

Eraldaketa digital hau **sustatzen duten teknologien** artean Adimen artifiziala, Big Data eta Cloud Computing-a agertzen dira oinarritzko. Google eta Amazon

bezalako enpresek hodeian eskaintzen dituzten zerbitzuen bidez, datu kopuru handien prozesamendu aurreratua ahalbidetzen dute, Adimen artifizialean oinarritutako algoritmoen bidez. Helburua ez da automatizatzea bakarrik, baizik eta datu guztiak atzigarri edukitzea eta prozesuak hobetzeko estrategia egokiak zehaztea, robot, makina eta inguruko sentsoreetatik jasotako informazioarekin.

Industry 4.0ren ikuspegian, digitalizazioak, automatizazioak eta sarean ematen diren prozesuak ekoizpen industrialeko atal guztiak barne hartzen ditu: sare konektatuak eta gardentasunak paradigma aldaketa bat ahalbidetzen du, **ekoizpen zentralizatutik tokikora**. Digitalizazioak **abantaila** ugari ekarri ditzake, besteak beste:

- Eskerak etengabe egokitzeko gaitasuna.
- Bezeroak modu pertsonalizatuagoan hornitzea.
- Salmenta zerbitzu zuzena bezeroarekin.
- Produktuak diseinatu, ekoiztu eta saldu denbora gutxiagoan.
- Produktu fisikoei zerbitzuak gehitu.
- Ekoizpen serie laburragoak eta errentagarriak sortu.
- Informazioaren analisia erabakiak denbora errealean hartzeko.

Fabrika digitalizazio munduan murgilduta, fabrika Adimenduna, “*Smart Factory*”, sistema guztiz konektatua eta malgua izateko helburua dauka. Denbora errealean datuak doitzeko eta ikasteko gaitasuna garatzen du, honek proaktiboa eta aurreikusgarria izatea ahalbidetzen du, eta erakundeei denbora galera eta beste produktibitate erronkak saihesteko aukera ematen die. Digitalizazioak **eraginkortasunean** eduki ditzakeen onurak modu ezberdinetan aurreikusten dira:

- Ekoizpen kostuen gutxitzea, robotika aurreratua, elkarlaneko robotika, ekiparen eraginkortasuna, langilearen malgutasuna bidez.
- Logistika kostuen gutxitzea, plantako logistikan sistema automatizatu gehiago erabiliz eta segurtasuneko inbentario gutxiago erabiliz.
- Kalitate kostuen murrizketa, denbora errealean egindako monitorizazioa erabiliz.
- Konplexutasunari lotutako kostuak murriztea, produktu eta osagai adi-mendunen bidez.
- Mantentzeko kostuen murrizketa.

Fabrikazio adimenduna Industria 4.0 estrategia dualaren zati bat da, bestea **zerbitzuen** eskaintza izanik. Interes handikoa da prozesuen integrazioa eta informazioaren prozesamendu integrala **sistema ziberfisikoen** bidez, eta erakusle praktikoa asko aurkitu daitezke azkeneko Basque Industry 4.0<sup>7</sup> kongresuan.

Fabrikazio merkatuan aktore berriak agertzeko aukera ematen du honek, bezeroei **produktuen orde zuzeneko zerbitzuak** eskainiz. Erabilgarritasunagatik, produktibitateagatik edo sistema ziberfisikoen bidez sortutako balioagatik ordaintzea, testuinguru honetan estandarra bihurtu daiteke. Adibideak jada existitzen dira eta fabrikatzaile askok aukera hori onartzen eta ustiatzen dute. Teslak [27]

7. <http://www.spri.eus/es/basque-industry/>

ibilgailu fabrikatzaileak, bere ibilgailuen hardware eta softwarearen eguneratzea eskaintzen du zerbitzu moduan; horrela bertsio berrituko autoak modu eraginkorrangoan erabili ditzakete sentsoreak eta softwareak adimen gehigarria eskainiko du, guztia Internet bidez kudeatua dago, bezeroak bertsio berritzeak ordaintzean Teslaren diru sarrerak gehituko dituzte.

### 5.1. Kasu praktikoa: Industria 4.0 eredua Euskadiko makina-erremintan

Produktuen eta prozesuen digitalizazioak oro har ekarri dituen askotariko aukeretatik eratorri da 4.0 industria iraultza deritzona, eta horren inguruan kokatzea da **makina-erremintaren** sektoreak orain daukan erronka nagusia.

Ikuspuntu teknologikotik begiratuta, aukerak ugariak dira, baina makinaren erosle potentzialek eta kontsumitzaileek galdera hau egiten diote bere buruari: nola aprobetxatu ditzaket? Erantzuna ez da erraza, eta, seguru asko, kasuan kasu ezberdina izango da. “Zerk egin dezake nire enpresa lehiakorragoa eta zein prestazio eskatu behar dizkiot makinari” analisia egituratzeko, komeni da erreferentziatzeko eredu bat edukitzea, 3. atalean erakusten denaren bezalakoa.

Makinaren eroslea eta erabiltzailea gidatu nahi ditu erreferentziatzeko eredu horrek, kasuaren arabera interesgarriagoak izan daitezkeen alderdi teknologikoak ebaluatzeko orduan. Erosketa irizpideak ez dira homogeneousak; kasu bakoitzeko negozio estrategiaren eta estrategia horri erantzuten dion ekoizpen ereduaren arabera aldatuko dira.

Abiapuntu gisa, enpresa lehiatzen den negozioko *driver*-ak, joerak edo faktoreak hartuko dira kontuan.

- Produktuak pertsonalizatzea edo azken erabiltzaileari produktua zehazteko premia.
- Bizi-ziklo laburragoak, produktu berriak epe gero eta laburragoetan abiarazteko beharrarekin lotuta egongo direnak.
- Ekoizpen bideen bizi-zikloen kostua: Enpresen kudeaketan, gero eta hedatuago dago inbertsioa eta eragiketaren kostuak elkarrekin balioesteko joera. Gero eta gehiago eskatzen dira “bizi-zikloaren kostua” bezalako kontzeptuak.
- Langileen baliabideak eta beren gaikuntza: Informazioaren teknologiak erabiltzera gero eta ohituago dauden baina, normalean, fabrikazio prozesuen gainera ezagutza gutxiago daukaten langileak.
- Ekoizpen bideen hornitzaileek makinaren mantentze lan igarlearekin zerikusia daukaten zerbitzu gehiago eskaintzen dituzte egunetik egunera; are gehiago, beren makinak ordaintzeko edo finantzatzeko formula berriak aztertzeko prest daude batzuetan.

Fabrikazio aurreratuaren eremuan kasu bakoitzean hartu behar den ekoizpen ereduak, oro har, ezaugarri hauek edukiko ditu:

- Malgutasuna (modu pertsonalizatuan ekoizteko gaitasuna) eta birkonfiguragarritasuna (produktuan gertatzen diren aldaketetara azkar eta merke egokitzeko gaitasuna).

- Funtzio aniztasuna edo makinan bertan piezaren gainean eragiketa kopuru handiena egiteko gaitasuna, eragiketa laguntzaileak (adibidez, piezen zama-lanak eta *in situ* egiten den neurketa) barne hartuta.
- Adimena makinara sartuta; bai modu autonomoan erantzuteko, prozesuak akatsik gabeko piezak ekoizten dituela gainbegiratzuz eta ziurtatuz, bai makinaren egoera ezagutzeko, bai osagairen batek huts egingo duela edo kalitatean arazoren bat sortuko duela aurreikusteko eta abar.
- Konexio eta elkarreragingarritasun gaitasuna: Enpresaren digitalizazio prozesuan erraz integratzen diren eta hirugarrenen tresnak sartzea ahalbidetzen duten makinak.
- Prozesuak optimizatuz lortuko den efizientzia. Horrekin, makinaren eskuragarritasun handia edukitzea eta “zero akatsekin” fabrikatzea lortzen da.
- Pertsonengan zentratua, pertsonak baitira lan egiten dutenak eta ekoizpen sistemek funtzionatzea eragiten dutenak.

Azkenik, eta gehien lagundu diezaguketen teknologiei dagokienez, hauek izan litezke garrantzitsuenak:

- Automatizazio malgua eta erraz birkonfigura daitekeena; esaterako, piezak makinan kargatzea eta deskargatzea ahalbidetzen du horrek, piezak askotan aldatu behar diren edo makinara edukiontzietan iristen diren piezen testuinguruetan.
- Makina prozesua modelizatzea eta simulatzea ahalbidetzen duen “makina birtuala”; horri esker, izugarri murriztu daiteke prozesu berrien doikuntza.
- Makinaren “health assesment” deiturikoa; karakterizazio test batzuetatik abiatuta, makinaren osagai kritikoen egoerari buruzko informazioa ia etengabe eta denbora errealean edukitzea ahalbidetzen du. Makina erremin-taren autokalibrazio mekanismoekin osa daiteke hori, minutu gutxi batzuetan eta autonomoki ahalbidetzen baitute makinaren akatsak egiaztatzea; gainera, tolerantziatik kanpo egonez gero, makina autokalibra daiteke, zehaztasun handienaz mekanizatzen jarraitu ahal izan dezan.
- Prozesua optimizatzea, makinaren kontrolarekin integratzen diren simulazio ereduetan oinarrituta, eta modu autonomo eta adimentsuan hartzea prozesuaren parametroei buruzko nahiz osagai mekanikoen baldintza dinamikoei buruzko erabakiak. Makinaren “*Overall Equipment Efficiency*” (OEEa) denbora errealean monitorizatzeko gaitasuna ere izango du; horrela, langileak/arduradunak une oro edukiko du gerta daitezkeen gertakizunen inguruan ohartarazten duten joera posibleei buruzko informazioa. Bestalde, erabiltzaileari efizientzia-galeren errotiko kausak bilatzen laguntzeko gaitasuna edukiko du. Horretarako, korrelazioak bilatuko ditu OEE-aren eta osagaiekin zerikusia eduki dezaketen askotariko aldagaien artean (efizientzia, eskuragarritasuna eta kalitatea), estatistika tresnen eta datu esplorazioaren bidez.
- Tokian monitorizatzen den osasun-egoera eta makinaren fabrikatzailearekin parteka daitezkeen datuak; horrela, balio erantsia duten zerbitzuak eskaini daitezke (adibidez, mantentze lan igarlea).

Teknologia horiek ekoizpen ereduaren ezaugarriei egiten dieten ekarpenaren azterketa egin dezakegu, eta, azken batean, ekoizpen ereduak negozioaren driver-ekin duen lerrokadura aztertu. Teknologia guztiek eragin bera ez dutela ikusi da.

Hala, adibidez, negozioa automobilgintzaren sektorean garatzen bada, autonomiak eta efizientziak edukiko dute lehentasuna; hortaz, autonomia eta esku-ragarritasun handia emango dituen sentso-re sistema egokiarekin hornitu beharko lirateke makinak. Beste alde batetik, prozesua optimizatzen lagunduko duen irten-bideren bat edukitzea alderdi diferentziala izango da.

Negozioa sektore aeronautikoan badaukat, ordea, lehenengo saiakeran piezak ondo egitea eta pieza horiek ateratzea ahalbidetuko didan ekoizpen irtenbideak beharko ditut.

“Makina birtuala” bezalako kontzeptuek asko lagundu dezakete. Bestetik, “automatizazio malgua” bezalako kontzeptuei esker, baliteke iraganean pentsatu ere ezin zitezkeen automatizazioak egingarriagoak izatea gaur egun.

Adierazi beharra dago bi ezaugarri daudela, edozein irtenbide teknologikotan nolabait aintzat hartu behar direnak. Honako hauek dira: “Elkarreragingarria/lekia” eta “Pertsonengan zentratua”.

Azkenik, **heldutasun teknologikoaren** kontzeptua ere kontuan hartu beharko litzateke; izan ere, eskaintza nahiz eskari teknologikoari eragiten die. Oraintxe bertan, eta hor daudela ematen duten aukera potentzialen aurrean, eskaintza tradizionalena osatzen duten askotariko agenteak ari dira sartzen, baina guztiek bizi-raungo ez dutela hartu behar da kontuan.

Beste alde batetik, eta makinaren eroslearen edo erabiltzailearen ikuspuntutik begiratuta, eskaintzen diren teknologia batzuei edo askori errendimendua ateratzeko prest egon behar du erakundeak.

## 5.2. Oztopoei eta erronkei begira

Enpresen inplikazioa industriaren erronka berri honetan oraindik ere bere **estrategiaren** baitan dago. Aurreko lerroetan aukerei buruz egin da azterketa baina badira ere oztopoak edo kontuan hartzeko elementuak.

Industria sektore jakin batzuetan lehiakor izateko, automobilgintzan edo elektronikan bereziki, eraldaketarekin aurrera egitea ezinbestekoa da eta **teknologien erabilera azkarra** ezin da saihestu. Hala ere, badira zenbait industria, bakarrik beste batzuek bide horri ekiten badiote egingo dutela ibilbidea, eta gainera duten teknologia merkea bada soilik, batez ere marjina txikia duten sektoreetan. **Teknologia berri eta ezezagunen** erabilera oztopoa izan daiteke enpresentzat, eta gaur egun garestia ere, nahiz eta etorkizuneko aurrezki handien promesa izan. 2016an PwC-k Industry 4.0i buruzko inkesta orokorra egin zuen [28], bertan 26 herrialdetako 2.000 adituri bere konpainiek digitalizazioaren aukerak nola aprobetxatu zitzaizketen galdetu zieten. Inkesta egindako konpainia gehienentzat (%52ak) industria 4.0 ezartzeko oztopo handiena alde batetik, prozesuetan balioa sortzeko **estrategia digital garbi baten falta** zen eta bestetik, teknologia digitala ezartzeko zuzendariei laguntza eskaintzea.

Bestalde, produktuarekin konektatuta dauden **zerbitzu digitalak** erosleak ordaintzeko prest daudenak izan behar dira. Datu batzuk erabilgarri egoteak ez du

esan nahi merkaturatzeko egokiak direnik. Beraz, eroslearentzat **balioa sortzen duena arretaz** aztertzea komeni da. Gainera, **lehiakide berriak** ager daitezke produktu adimendunen bidez bezeroei negozio eredu berriak eskainiz, eta seguru asko, industriaren mugak zabalduz. Fabrika konektatuak ekoizpeneko elementu guztien berri du eta ikuspegi orokorra eskaintzen die enpresei. Era berean produktua denbora errealean monitorizatu daiteke salmenta eta gero; honek **negozio eredu berriak** sortzen ditu. Adibidez, pieza hornitzaileek ez dute gailua bakarrik saltzen baizik eta bere zerbitzua. Analitika prediktiboa erabiliz, sentsoreek bezeroa uneoro informatu lezake makina apurtzeko arriskuan baldin badago adibidez. Honek zerbitzu berriak eta diru sarrera berrien aukera bermatzen du. Galdera nagusia eredu berri honetan **noiz murgildu** da. Enpresak luze itxaroten badu, lehiakideak edo lehiakide berriak merkaturatzea neurritik egokitu ahal izango dute eta abantaila lortuko dute ikasketa prozesuan.

**Datuen segurtasuna** garapenen puntu kritikoa da ere. Lehen aipatu den moduan, sarbidearen kontrola ziurtatu behar da eta informazioaren enkriptatze egokia bermatu, sarean, gailuen, sentsoreen eta abarren segurtasunaren gakoa da eta.

Fabrikaziotik haratago, **bizitzako beste alderdi** asko aldatu ditzakete Industry 4.0ko kontzeptuek: auto autonomoak, robot-kirurgia, eraikin adimendunak, sare elektriko adimentsuak, eta gailu medikoak adibide praktikoa batzuk dira.

**Enpleguan** ere eragina garbia da eta honi buruzko hainbat ikerketa daude. Funtsean, azterketa hauek, alde batetik, zein lanpostu **automatizatuko** diren eta zein ez, aztertzen saiatzen dira, eta bestetik, enplegu kuotan eragina zein izango den zehaztu nahi dute.

McKinsley&Company-ren txostenak [29] automatizazioaren eraginez lanbide batzuk guztiz desagertu eta beste batzuk berdin mantenduko direnaren ideia ukatzen du. Berriz, lanbideak ataza ezberdinez osatuak daudela eta lanbide guztiak automatizagarriak izan daitezken atazak dauzkatela azpimarratzen du, eta era berean, oraingoz behintzat, gaur egungo teknologiek automatizagarriak ez diren atazak dauzkatela. Horrela, analisiak dioenez lanbideen % 5a bakarrik izan daitezke guztiz automatizagarriak. Berriz, lanpostuen % 60ak bere atazen % 30 edo gehiago automatizatuak eduki ditzakete. Ondorioz, lanpostu gehienak, maila eta arlo guztietan, era batera edo bestera eraldatuak izango dira etorkizunean, soldata maila kontuan hartu gabe. Fabrikazio arloan, lan fisiko errepikakorrek atazen % 33a ematen duela estimatzen da, eta azterketak % 78a automatizatu daitekeela iragartzen du.

Fabrika adimendunek oraindik **langileen beharra** dute nahiz eta eskala handiko automatizazio eduki. Eraldaketa digitala ez du ekonomia soilik aldatzen, baizik lana eta lan merkatuen izaera ere.

Lanpostuak desberdinak izango dira, laguntza teknologiko handiagoa jasoko dute. Esate baterako langileek, errealitate areagotuko betaurrekoak erabiliz makinaren konponketari buruz argibideak edukiko dituzte lana burutzen duten bitartean. Teknologiaren garapena etengabea da, eta horrekin batera sektore jakinetan **espezializatutako langileen beharra** handiagoa izango da. Egungo nahiz etorkizuneko langileen **hezkuntza eta prestakuntza** da erronka garrantzitsuenetako bat. Profilek industriaren garapenera egokituz joan behar dute. Halere, industria 4.0k

dakarren eta ekarriko duen aldaketarekin, profil eta gaitasun anitzetako profesio-nalak beharko dira. Zalantzarik gabe, lanpostu batzuk zaharkituak geratuko dira, baina trebatu gabe dauden langileen hutsuneak murriztu behar dira eta teknolo-giatan inbertitzea beharrezkoa den bezala, langileen **hezkuntzarako etengabeko programak** eraiki behar dira.

Laburbilduz, esan daiteke Industria 4.0 ereduak habiarazteko erronka na-gusienak ondorengoak direla:

- **Estrategien** eta negozio eredu berrien definizioa, enpresen antolakuntza eta prozesuen birplanteamendua.
- Enpresak **ekintza egokiak** non garatu behar dituen erabaki eta pilotuak garatzea. Balio kate horizontala eta bertikalaren integrazioak, produktuak eta zerbitzuen inguruko digitalizatze hausnarketa sakona eskatzen du, eta ez fabrikaren puntu jakin baten digitalizatzea.
- Teknologiak **negozioen beharretara** egokitzea eta ez alderantziz.

Bukatzeko, Industria 4.0 oraindik bere hastapenean egonik ere Industria 5.0 inguruan marmarrak entzuten dira jadanik. Industria iraultzaren hurrengo olatu honek hainbat ideia dakartza: gizakia eta makina adimendunen elkarkidetzearen ideia batetik eta Adimen artifiziala bestetik, erabat inteligenteak eta autonomoak diren sistemak eraikiz. Honen inguruan hausnarketa berriak egin beharko dira: *“Urak egingen du bide”*.



## 6. Erreferentziak

- [1] B. Iusarczyk, «INDUSTRY 4.0 –ARE WE READY?», *POLISH JOURNAL OF MANAGEMENT STUDIES*, pp. 232-248, 2018.
- [2] «Power by the Hour», [Online]. Available: <https://www.rolls-royce.com/media/our-stories/discover/2017/discover-power-by-the-hour.aspx>.
- [3] «Demographics», [Online]. Available: <http://www.demographics.at/structure.html>.
- [4] P. D. H. Kagermann eta D. S. Dais, «Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0», National Academy of Science and Engineering, 2013.
- [5] «Advanced manufacturing partnership», [Online]. Available: <https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/2011/06/24/president-obama-launches-advanced-manufacturing-partnership>.
- [6] J. Wübbeke, M. Meissner, M. J. Zenglein, J. Ives eta B. Conrad, «MADE IN CHINA 2025», MERICS, 2016.
- [7] J. Cabinet Secretariat, «Rebirth of Japan: A Comprehensive Strategy», 2012.
- [8] R. o. D. E. I. W. G. 1, «Digital Innovation Hubs: Mainstreaming Digital Innovation Across All Sectors», 2016.
- [9] «Gartner identifica cinco tendencias tecnológicas emergentes que desdibujarán las líneas entre el ser humano y la máquina», [Online]. Available: <https://universoabierto.org/2018/08/24/gartner-identifica-cinco-tendencias-tecnologicas-emergentes-que-desdibujaran-las-lineas-entre-el-ser-humano-y-la-maquina/>.
- [10] M. FRAMINGHAM, «Worldwide Spending on Cognitive and Artificial Intelligence Systems Forecast», 19 09 2018. [Online]. Available: <https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS44291818>. [Atzitze-data: 03 2019].
- [11] «Artificial Intelligence», [Online]. Available: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/artificial-intelligence>.
- [12] «International Federation of Robotics», [Online]. Available: <https://ifr.org/>.
- [13] P. V. d. Weeën, «Robotics in Japan», EUbusinessinJapan, 2015.
- [14] E. M. organization, «PRODUCTIVITY: THE STATE OF THE MANUFACTURING NATION», Infor, 2016.
- [15] «Artemis Artificial Intelligence», [Online]. Available: <https://artemis-ia.eu/focus-areas.html>.
- [16] «Cloud Computing», [Online]. Available: [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Cloud\\_computing\\_-\\_statistics\\_on\\_the\\_use\\_by\\_enterprises](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Cloud_computing_-_statistics_on_the_use_by_enterprises). [Atzitze-data: 2019].
- [17] «Industrial Internet of Things», [Online]. Available: <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-guide/iot-spending-2020/>.
- [18] J. Manyika, M. Chui, J. W. Peter Bisson, R. Dobbs, J. Bughin eta D. Aharon, «THE INTERNET OF THINGS: MAPPING THE VALUE BEYOND THE HYPE», McKinsey & Company, JUNE 2015.
- [19] Emacula. [Online]. Available: <https://www.emacula.io/>.
- [20] «Vuzix Blade», [Online]. Available: <https://www.vuzix.com/products/blade-smart-glasses>.
- [21] M. 2. AR. [Online]. Available: <https://www.metavision.com/>.
- [22] H. Bellini, W. Chen, M. Sugiyama, M. Shin, S. Alam eta D. Takayama, «Virtual and Augmented Reality», The Goldman Sachs Group, 2016.
- [23] «Gartner Research», [Online]. Available: <https://blogs.gartner.com/pete-basiliere/2015/09/29/3d-printer-market-sales-will-exceed-14-6-billion-in-2019/>.
- [24] «PwC 3D printing», [Online]. Available: <https://3dprintingindustry.com/news/new-pwc-study-showcases-manufacturing-trends-3d-printing-technology-76826>.
- [25] F. P. J. M. R. M. B. Dirk Slama, Enterprise IoT: Strategies and Best Practices for Connected Products and Services, 2015.
- [26] J. Manyika, M. Chui, J. Bughin, R. Dobbs, P. Bisson eta A. Marrs, «Disruptive technologies: Advances that will transform

life, business, and the global economy,»  
McKinsey Global Institute, 2013.

[27] «Tesla,» [Online]. Available:  
<https://www.tesla.com/>.

[28] R. Geissbauer, J. Vedso eta S. Schrauf,  
«Industry 4.0: Building the digital enterprise,»  
PwC, 2016.

[29] J. Manyika, S. Lund, M. Chui, J. Bughin,  
J. Woetzel, P. Batra, R. Ko eta S. Sanghvi,  
«JOBS LOST, JOBS GAINED:WORKFORCE  
TRANSITIONS IN A TIME OF AUTOMATION,»  
McKinsey Global Institute, 2017.

[30] D. I. F. F. T. FUTURE, «Smart Industry  
Implementation Agenda 2018-2021»,  
2018.

[31] DIGIBYTE, «European countries join  
forces to digitise industry,» March 2017.  
[Online]. Available: [https://ec.europa.eu/  
digital-single-market/en/news/european-  
countries-join-forces-digitise-industry](https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/european-countries-join-forces-digitise-industry).

[32] L. Probst, V. Lefebvre, C. Martinez-Diaz,  
N. U. Bohn, P. a. D. Klitou eta J. Conrads,  
«Digital Transformation Scoreboard 2018 EU  
businesses go digital:Opportunities,  
outcomes and uptake,» European  
Commission, Directorate-General Internal  
Market, Industry, Entrepreneurship and  
SMEs; Directorate F: Innovation and, 2018.

[33] «Ageing Europe,» [Online]. Available:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Ageing\\_of\\_Europe](https://en.wikipedia.org/wiki/Ageing_of_Europe).