



Learner Centric Advanced Manufacturing Platform

LCAMP ELKARLANEKO IKAS FABRIKAREN MORFOLOGIA

WP6 4.0 industriaren teknologia xurgatzea
Elkarlaneko Ikas-Fabrikaren bitartez



Co-funded by
the European Union

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Co-funded by
the European Union

Argitalpen hau sortzeko Europako Batzordearen aldetik jasotako laguntzak ez du esan nahi bertako edukiak onartzen dituenik; autoreen iritzia baino ez dituzte jasotzen, eta Batzordeak ez du bere gain hartzen bertan jasotako informazioaren erabilera.



LCAMP aliantzak Creative Commons Aitortu-EzKomertziala 4.0 Nazioartekoa lizentziaren pean erregistratu du lan hau.

LCAMPeko bazkideak:

TKNIKA, Euskadiko LHren ikerketa aplikatuko zentroa; MIGUEL ALTUNA LHII Lanbide Heziketako zentro integrala; DHBW Heilbronn, Duale Hochschule, Baden-Württemberg; Curt Nicolin High School; Da Vinci College; AFM, makina-erreminta fabrikatzaileen Espainiako elkarteak; EARLALL, etengabeko ikaskuntzarako eskualde- eta toki-agintarien Europako elkarteak; FORCAM; CMQE: Association campus des métiers et des qualifications industrie du future; MV: Mecanic Vallée, KIC: Knowledge Innovation Center; MADE Competence Center Industria 4.0; AFIL: Associazione Fabbrica Intelligente Lombardia; SIMUMATIK AB; Association HVC, Association of Slovene Higher Vocational Colleges; TSCMB: Tehniški šolski center Maribor; KPDoNE: Kocaeli Directorate of National Education; GEBKİM OIZ eta CAMOSUN college.



Dokumentuaren atarikoak

Dokumentu-mota:	Txosten publikoa
Izenburua	LCAMP elkarlaneko ikas-fabrikaren morfologia
Autoreak	Unai Ziarsolo, Esther Trebolazabala Liher Errasti, Irati Zabaleta, Josu Etcheverry Mateo Barbarossa, Chiara Bonelli, Maria Rossetti Klaus Dieter Rupp, Lea Schmitt, Jan Stenzel Alexander Schliessmann, Marc Fröschl Camile Leonard Samo Cretnik Arvid Carlsson Daniel Eriksson, Mikel Ayani Richard Gale, Misha Handman, Imtehaze Heerah Abdullah Goceer, Volkan Alparslan, Firat Arslan, Hasan Burcin Mentis
Gainbegiratzailea	Iñigo Araiztegui
Data	2023ko abendua
Dokumentuaren fasea	0.8
Dokumentuaren maila	Konfidentziala argitaratzen den arte
Dokumentuaren deskribapena	Dokumentu honek Elkarlaneko Ikas Fabrikaren ezaugarri nagusiak azaltzen ditu.
Aipatu entregagai hau honela:	LCAMP (2023). LCAMP elkarlaneko ikas-fabrikaren morfologia (LCAMP entregagaia D6.1 part 2. 2023ko abendua)
Dokumentuaren maila	LCAMP elkarlaneko ikas-fabrikaren morfologia

Bertsioen kudeaketa

Bertsioa	Data	Ekintza
0.1	2023-06-15	Zirriborro-bertsioa, definitutako diseinua
0.5	2023-09-15	Zirriborro-bertsioa, bazkideen ekarpenekin
0.8	2023-10-30	Barne-berrikuspenerako azken bertsioa
0.9	2023-11-14	Berrikuspen-prozesurako azken bertsioa
0.96	2023-12-05	Plagioagatik aldaketak
1	2023-12-12	EBko atarian kargatuko den bertsioa



GLOSARIOA ETA AKRONIMOAK

AKRONIMOAK

AGV (Automated Guided Vehicles): Ibilgailu autogidatuak

AR (Augmented Reality): Errealitate areagotua

CLF (Collaborative Learning Factory): Elkarlaneko ikas-fabrika

CoVE (Centres of Vocational Excellence): Lanbide Heziketako bikaintasun-zentroak

DFMA (Design Failure Mode & Effect Analysis): Akats eta efektuen analisi modalaren diseinua

EXAM4.0 (Excellence Advanced Manufacturing 4.0): Fabrikazio aurreratuaren bikaintasuna 4.0

EQF (European Qualifications Framework): Kualifikazioen Europako esparrua

ERP (Enterprise resource planning): Enpresa-baliabideen plangintza

ETE (Higher Vocational Education and Training): Enpresa txiki eta ertainak

HVET (Higher Vocational Education and Training): Goi-mailako Lanbide Heziketa

I4.0 (Industry 4.0): 4.0 industria

I5.0 (Industry 5.0): 5.0 industria

IALF (International Association of Learning Factories): Ikas Fabriken Nazioarteko Elkarte

IKT: Informazioaren eta Komunikazioaren Teknologia

IoT (Internet of Things): Gauzen Internet

IT (Information Technologies): Informazioaren Teknologia

JBS (Job Breakdown Sheet): Lan-banakapenaren orria

KPI (Key Performance Indicators): Errendimenduaren funtsezko adierazleak

LCA (Life Cycle Assessment): Bizi-zikloaren ebaluazioa

LCAMP (Learner Centric Advanced Manufacturing Platform): Ikaslea ardatz duen fabrikazio aurreratuko plataforma

LF (Learning Factory): Ikas Fabrika

LH: Lanbide Heziketa

MES (Manufacturing Execution System): Fabrikazioa gauzatzeko sistema

MS (Maintenance Sheet): Mantentze-lanen orria

PCB (Printed circuit board): Zirkuitu inprimatuko plaka

PCP (Process Control Plan): Prozesuak kontrolatzeko plana

PFD (Process flow diagram): Prozesuaren fluxu-diagrama

PFMA (Process failure mode and effect analysis tool): Prozesuaren akats eta efektuen analisi modalaren tresna

PLC (Programmable Logic Controller): Kontrolagailu logiko programagarria

PLM (Product lifecycle management): Produktuaren bizi-zikloaren kudeaketa

PPE (Personal protective equipment): Norbera babesteko ekipamendua

QFD (Quality function deployment): Kalitate-funtzioaren hedapena

QR (Quick Response): Erantzun azkarra

RFID (Radio Frequency Identification): Irrati-maiztasun identifikazioa

ROS (Robot Operating System): Robotikako sistema eragilea

SBC (Single-board computer): Plaka bakarreko ordenagailua

SIM (Short Interval Management): Denbora-tarte laburrerako kudeaketa

SS (Safety Sheet): Segurtasun-orria

STEM (Stands for science, technology, engineering, and math): Zientzia, teknologia, ingeniari eta matematika

SWOT (Strengths, weaknesses, opportunities, and threats): Indarguneak, ahuleziak, aukerak eta mehatxuak



VPN (Virtual Private Network): Sare pribatu birtuala
VR (Virtual Reality): Errealitate birtuala
WP (Work package): Lan-paketea



Glosarioa

Fabrikazio aurreratuko teknologiak Europako Batzordeak zehazten duenez:

berrikuntza bultzatzen duten produktuak edo prozesuak hobetzeko erabiltzen du teknologia berritzailea. Bi teknologia-mota biltzen ditu: bata, prozesu- teknologia beste teknologia aurreratu batzuk ekoizteko erabilia, eta bestea, prozesu-teknologia robotikan, automatizazio-teknologian edo konputagailu bidezko fabrikazio integratuan oinarritua. Lehenengoen kasuan, material eta osagai espezifikoak fabrikatzeko produkzio-aparatu, -ekipo eta -prozedurekin lotu ohi da prozesu-teknologia hori. Bigarren kasuan, berriz, prozesu-teknologiak neurketa, kontrol eta probetarako gailuak hartzen ditu barnean, makinetarako, makina-erremintarako eta ITn oinarritutako edo automatizatutako fabrikazio-teknologiako hainbat arlotarako (European Commission, n.d.).

Material aurreratuek Europako Batzordeak zehazten duenez:

erabiltzen dira, batetik, lehendik dauden materialen kostu gutxiagoko ordeko berrietarako, eta bestetik, balio erantsi handiagoko produktu eta zerbitzu berrietarako. Material aurreratuek hobekuntza nabarmenak eskaintzen dituzte hainbat arlotan, besteak beste sektore aeroespazialean, garraioan, eraikuntzan eta osasun-arretan. Birziklatzea errazten dute, karbono-aztarna eta energia-eskaria murrizten dituzte, eta European urriak diren lehengaien beharra mugatzen dute (European Commission, n.d.).

Adimen artifiziala (AI) Europako Batzordeak zehazten duenez:

gizakien antzeko funtzio kognitiboak (adibidez, ikastea, ulertzea, arrazoitzea edo elkarreragitea) betetzen dituzten makinak deskribatzeko erabiltzen den terminoa da. Hainbat modu ditu ezagutu eta ulertzeko, bai esanahiak (adibidez, ahotsa ezagutzea, hizkuntza naturala prozesatzea) bai giza interakzioa (adibidez, seinaleak detektatzea, kontrol adimenduna, simulagailuak). Bere oinarri teknologikoari dagokionez, AI oso eremu heterogeneoa da. Nahiz eta alderdi batzuk (besteak beste sentsoreak, txipak, robotak) eta aplikazio jakin batzuk (besteak beste gidatze autonomoa, logistika edo tresna medikoak) hardwarearen osagaiekin lotuta egon, AI algoritmoetan eta softwarean dago oinarritua neurri handi batean (European Commission, n.d.).

Errealitate areagotua Europako Batzordeak zehazten duenez:

gailuek teilakatu egiten dituzte informazio edo objektu digitalak pertsona batek errealitateaz duen unean uneko ikuspegiarekin. Beraz, erabiltzaileak bere ingurunea ikus dezake eta, aldi berean, AR edukia ere. Errealitate birtualeko gailuek errealitate erabat berrian jartzen dituzte azken erabiltzaileak, eta nahastu egiten dute haiek dauden errealitatearen ikuspegia. Modalitate sentsorial, bisual eta auditibo ugarietaz baliatuta ordenagailuak pertzepzioen inguruan sortutako informazioak errealitate areagotua indartzen du. Erabiltzailearen esperientzia oso lotuta dago mundu fisikoarekin, eta ingurune errealean murgiltzen duen alderditzat hartzen da (European commission, n.d.).

Elkarlaneko Ikas Fabrika: VET/HVET LHren hornitzaileen nazioarteko sarea da, beren eskualdeko LFak edo fabrikazio-laboretegiak lotzen dituen, lankidetzan oinarrituta produktuak fabrikatzeko eta prestakuntza emateko azpiegitura komun bat ezartzea xede hartuta. Berrikuntza irekiaren printzipioak oinarritzat hartuta, Elkarlaneko Ikas Fabrika, produktu komuna azpiproduktuetan banatzen da. Azpiproduktu bakoitza garatzeko, fabrikatzeko eta muntatzeko prozesuaren buru LF independente bat da, eta sarearekin partekatzen da. Azpiproduktu guztien azken muntaketa bazkide baten fabrika kokatutako



azken muntaketa-lerroan egiten da. Egitura horretan mota desberdinetako parte-hartzaileak egon daitezke, eta balio-katearen etapa desberdinetan lankidetzan aritzeko aukera ematen du, hauetan besteak beste:

- Produktu(ar)en baterako diseinua
- Fabrikazio-prozesuen baterako definizioa
- Lan-eremu digitalen baterako sorkuntza
- LFen konfigurazioa eta zabalkuntza, I4.0 teknologiak lehendik dauden LFetan integratzea
- Material didaktikoen eta prestakuntza-edukien sorkuntza
- Ikasleen parte-hartzea LFetatik edozein inplikatzen duten baterako proiektuetan: piezak ekoiztea, prozesuak aldatzea, produktuaren ezaugarriak egokitzea, datuak partekatzea
- Elkarlaneko mugikortasun-ekintzen inplikazioa aukera gisa

Lanbide Heziketako bikaintasun-zentroa (CoVE): Lanbide Heziketako funtzio anitzeko zentroa da, eta prestakuntzaz gain, eragina du beste eragile batzuekiko interakzioan eta eskualdearen lehiakortasunean (lehiakortasuna BPGtik haratago kontuan hartuta) eskualdeari dagokion sistemaren barruan (bereziki, tokian tokikoa).

Konektagarritasuna Europako Batzordeak zehazten duenez:

azken erabiltzaileei komunikazio-sare batera konektatzeko aukera ematen dieten teknologia eta zerbitzu guztiak hartzen ditu barnean. Datuen eta protokolo eta estandar hari gabeen eta haridunen gero eta bolumen handiagoa hartzen du, baita gero eta konbinazio gehiago ere, erabilera edo kokapen kasu bakar baten barruan. *Konektagarritasun-estandarrik* Ahots Finkoko eta Ahots Mugikorreko telekomunikazio-zerbitzuak biltzen ditu, ahots-komunikazio finakoak edo mugikorrak ahalbidetzeko, baina baita Datu Finkoen eta Datu Mugikorren zerbitzuak ere, sare baten bidez datuak eskuratu eta transferitzeko. LCAMP proiektuaren fokuan dagoen *konektagarritasun aurreratua* gauzen Interneteko eszenatokiak handitzeko da, non konektagarritasun-teknologiaren mugak zerbitzu haridunetatik eta mugikorretatik (adibidez, 4G, 5G) zabaltzen diren hedadura zabaleko eta potentzia baxuko sareetara (LPWAN), sateliteetara, eta irismen laburreko hari gabeko teknologietara (adibidez, Bluetooth, ZigBee) baino gehiago hedatzen diren (European Commission, n.d.).

4.0 industria: digitalizazioa (adimen artifiziala, big data, gauzen Internet, makinen Internet, etab.) eta fabrikazio-garapen puntakoenak (3D inprimaketa, fabrikazio gehigarria, doitasun handiko mekanizazioa, etab.) fabrikazio-prozesuetan aplikatzea, malgutasuna, produktibitatea eta eraginkortasuna handitzeko helburuarekin.

5.0 industria Europako Batzordeak zehazten duenez:

5.0k onartzen du industriak boterea duela helburu sozialak lortzeko, enplegutik eta hazkundetik haratago, oparotasunaren hornitzaile erresiliente bihurtzeko, produkzioak gure planetaren mugak errespetatuz ditzan eta industriako langilearen ongizatea produkzioaren erdigunean jar dezan (European Commission, n.d.).

Gauzen Internet (IoT) Europako Batzordeak zehazten duenez:

eskaerak detektatzeko, baita entzuteko ere, gai diren gailu eta zerbitzu adimendunen eta elkar konektatuen sarea da. IoT azken puntuen metaketa bat da, sare baten bidez identifika daitezkeenak eta bi noranzkoan komunikatzen direnak, konektagarritasun automatizaturen bat erabilita. Gauzen Internet sareko sentoreetan oinarritzen da, produktuak, sistemak eta sareak urrunetik konektatzeko, arakatzeko eta kudeatzeko. Gauzen Internet industrial (IIoT) –gauzen Interneten azpimultzo zabalago bat– aplikazio industrialen (besteak beste fabrikazioa, petrolio



eta gasa, eta zerbitzu publikoak) betebeharrak espezializatueta zentratzen da (European Commission, n.d.).

Ezagutza: Lundvall sailkapenari jarraituko zaio, ekonomiaren ikuspegitik garrantzizkoak diren lau ezagutza-mota jasotzen dituenari (Lundvall, 2016):

- Know-what: "informazioetat" har daitekeen gertakariei buruzko ezagutza. Nahiz eta, orokorrean, *knowledge-what* garrantzia galdu duen esfortzuari eta diruari dagokienez guztiok dugun sarbide errazagatik Internet bidez informazio-kantitate handiak eskuratzeko, egia da ere *knowledge-what* oraindik garrantzitsua izan daitekeela profesional batzuentzat, esaterako medikuentzat edo abokatuentzat. *Know-what*en adibideak hauek izan daitezke: Frantziako lehen erregearen izena, urak irakiten duen tenperatura, hiri bateko biztanle-kopurua eta beste hainbat informazio.
- Know-why: fenomeno naturalen, sozialen eta giza fenomenoen printzipioei eta kausei buruzko ezagutza zientifikoa. Badira erakundeak, unibertsitateak adibidez, ezagutza-mota honen erreproduktioan espezializatuak. Egia bada ere, berrikuntza-eredu horien zientziari buruz hitz egitean adierazten den bezala, ezagutza-mota hau ez dela azken mendean uste bezain garrantzitsua, egia da ere oso garrantzitsua izan dela eta izaten jarraitzen duela industria batzuetan (industria kimikoa, industria elektrikoa, industria elektronikoa eta beste batzuk).
- Know-how: gauzak egiteko trebetasuna, hau da, ezagutza praktikoak. Ezagutza-mota hau tradizioz produktio-lanekin eta fabrikazioarekin lotu izan bada ere, egia da ekintzaitza orok *know-how* maila handia eskatzen duela, besteak beste kudeaketan, ikerketan, baita kontsumoan ere.
- Know-who (non eta noiz): giltzarri diren pertsonak ezagutzea eta sareekin konektatuta egotea. Hori da berrikuntzarako funtsezko elementuetako bat, sistemikotzat hartzen denean, eta sistema sozial gisa ulertuta, non elementu desberdinek elkarrengaitan duten ezagutzaren inguruan.

Ikas Fabrika (LF): Ikas Fabrikaren Nazioarteko Elkartea ikaskuntzako ingurune gisa definitzen du ikas-fabrika, non prozesuak eta teknologia benetako leku industrial batean oinarritzen diren, zuzeneko ikuspegi bat emateko produktuen sortze-prozesuaz (produktuen garapena, fabrikazioa, kalitate-kudeaketa, logistika). Ikas-fabrikak kontzeptu didaktiko batean oinarritzen dira, ikaskuntza esperimentala eta arazoetan oinarritutakoa nabarmentzen duena. Hala, ekintzek eta parte-hartzaileen inplikazio interaktiboak errazten dute etengabeko hobekuntzaren filosofia (IALF, 2021).

Robotika Europako Batzordeak zehazten duenez:

roboten diseinua, eraikuntza, inplementazioa eta eragiketa barne hartzen dituen teknologia bat da. Robotikak biltzen dituen aplikazioak ataza espezifiko bat edo atazen sail bat xede komertzialekin burutzeko diseinatuta daude. Robot horiek egonkorak edo mugikorak izan daitezke, baina haien funtzioa mugatuta dago aurreikusitako aplikazioak definitzen duenaren arabera. Asmo anitzeko robotak hainbat funtzio eta mugimendu egiteko gai dira. Ekintza horiek erabiltzaile batek zehazten ditu; hark programatzen du robota atazetarako, bere mugimendu eta irismenerako, eta beste funtzio batzuetarako, eta efektorea alda dezake ere eskatutako atazan oinarrituta. Robot horiek modu autonomoan funtzionatzen dute aplikazio komertzialetarako atazak egiteko, programazioaren parametroen barruan, eta finkoak, "mugigarriak" edo mugikorak izan daitezke. Robot kognitiboak erabakiak hartzeko eta arazoitzeko gai dira, eta horrek ingurune konplexu baten barruan funtzionatzeko aukera ematen die (European Commission, n.d.).

Segurtasuna Europako Batzordeak zehazten duenez:

produktuak teknologia ugari erabiliz diseinatutako tresnak dira, erakunde baten sare-azpiegituraren segurtasuna hobetzeko, ordenagailuak, informazio-sistemak, Internet



bidezko komunikazioak, sareak, transakzioak, gailu pertsonalak, *mainframea* eta hodeia barne, balio aurreratua ematen laguntzeaz gain. Zibersegurtasuneko produktuak konfidentziasuna, osotasuna, pribatutasuna eta segurtasuna emateko erabiltzen dira. Segurtasun-aplikazioak erabiliz, erakundeek segurtasun-kudeaketa, sarbide-kontrola, autentifikazioa, malwarearen aurkako babesa, zifratzea, datuen galeraren prebentzioa (DLP), intrusioen detekzioa eta prebentzioa (IDP), ahultasunen ebaluazioa (VA) eta defentsa perimetrala eskaini ditzakete, besteak beste.

Gaitasunak/Konpetentziak Europako Batzordeak zehazten duenez:

- **Gaitasuna:** ezagutzak aplikatzeko eta know-how erabiltzeko trebetasuna, atazak burutu eta arazoak konpontzeko. Bi motakoak izan daitezke, kognitiboak (pentsamendu logikoa, intuitiboa eta sortzailea erabiltzea eskatzen dutenak) edo praktikoak (eskulanetarako abilezia, eta metodoak, materialak, tresnak eta erremintak erabiltzea eskatzen dutenak) (European Commission, n.d.).
- **Konpetentzia:** laneko edo ikaskuntzako egoeretan eta garapen profesional eta pertsonalean, ezagutza, trebetasun eta gaitasun pertsonal, sozial eta/edo metodologikoak erabiltzeko erakusten den trebetasuna. Erantzukizunari eta autonomiari lotuta deskribatzen dira. (European Commission, n.d.).

ETE Europako Batzordeak zehazten duenez:

Mikroenpresen, enpresa txiki eta ertainen (ETE) kategoria 250 pertsona baino gutxiago enplegatzen dituzten enpresek osatzen dute. Enpresa horien urteko negozio-bolumena ez da 50 milioi eurotik gorakoa eta/edo urteko balantze orokorra ez da 43 milioi eurotik gorakoa (European Commission, n.d.).

Lanbide Heziketa (LH): LCAMP aliantzak hartuko duen LHren definizioa Europar Batasuneko Kontseiluarena da —[Kontseiluaren gomendioa lehiakortasun jasangarrirako, justizia sozialerako eta erresilientziarako Lanbide Heziketari buruz](#) (The Council of the European Union, 2020)—: Lanbide Heziketa gisa ulertu behar da gazteak eta helduak lanbide zehatzetan edo, zentzu zabalagoan, lan-merkatuan eskatzen diren beharrezko ezagutza, gaitasun eta konpetentziez hornitzea helburutzat duten heziketa eta prestakuntza. Ingurune formaletan eta ez-formaletan eman daiteke, Kualifikazioen Europako Esparruaren (EQF) maila guztietan, baita hirugarren sektorean ere, hala badagokio.



EDUKIEN TAULA

LABURPENA	12
1. SARRERA.....	14
1.1. NOLA IRAKURRI DOKUMENTU HAU	14
1.2. IKAS FABRIKAREN DEFINIZIOA.....	15
1.3. ELKARLANEKO IKAS-FABRIKAREN DEFINIZIOA.....	16
1.4. ESPEROTAKO EMAITZAK	17
2. ELKARLANEKO IKAS FABRIKAREN DIDAKTIKA.....	18
2.1. Ezagutza-arloak elkarlaneko ikas-fabrikan	18
2.2. KONPETENTZIA-ESPARRUA FABRIKAZIO AURRERATUAN	20
3. LANTOKI DIGITALEN DESKRIBAPEN GENERIKOA	21
3.1. LANTOKI DIGITALAREN IKUSPEGI OROKORRA	21
3.2. LANTOKI DIGITALEN HISTORIA.....	22
3.3. LANKIDETZA DIGITALAREN METODOAK.....	22
3.3.1. LANTOKI DIGITALAREN LANKIDETZA	22
3.3.2. LANKIDETZA DIGITALA ERAKUNDEEN ARTEAN	23
3.4. LANTOKI DIGITALEN ERRONKAK	24
4. IKAS FABRIKA BAT SORTZEKO GIDALERROAK	25
4.1. PROIEKTUAREN HASIERAKO ESKEMA	25
4.2. PRODUKTUA DISEINATZEKO PROZESUA.....	25
4.3. PROZESUEN INGENIARITZA ETA HORNIDURA-KATEAREN DISEINUA.....	26
4.4. FABRIKAZIO-PROZESUAREN DISEINUA.....	27
5. LCAMP-EN ELKARLANEKO IKAS FABRIKAREN ARKITEKTURA.....	29
5.1. PRODUKTUAREN DISEINUA.....	29
5.1.1. EZAUGARRIAK ETA FUNTZIONALITATEAK	29
5.1.2. EKODISEINUA	31
5.1.3. ESPEZIFIKAZIO TEKNIKOAK	32
5.1.4. EGIAZTAPEN-JARRAIBIDEAK	35
5.2. PRODUKZIO-PROZESUAREN DISEINUA	36
5.2.1. PRODUKZIO-EREMUAREN KONFIGURAZIOA	36
5.2.2. LOTUTAKO LAN-DOKUMENTUAK.....	38
5.2.3. GURPILAK MUNTATZEKO LAN-EREMUAREN DESKRIBAPENA 39	
5.2.4. TXASISA MUNTATZEKO LAN-EREMUAREN DESKRIBAPENA.....	41
5.2.5. AZKEN MUNTAKETAKO LAN-EREMUAREN DESKRIBAPENA.....	42
5.2.6. SENTSORE-KUTXAREN ATALEKO LAN-EREMUAREN DESKRIBAPENA	43
5.2.7. BILTEGIKO LAN-EREMUAREN DESKRIBAPENA	45
5.2.8. OSAGAIEN MEKANIZAZIOKO LAN-EREMUAREN DESKRIBAPENA	46
5.2.9. 3D INPRIMAKETAKO LAN-EREMUAREN DESKRIBAPENA	47
5.2.10. 4.0 INDUSTRIAREN TEKNOLOGIAK	48



5.3. AZPIEGITURA DIGITALA	49
5.3.1. CLFREN BIKI DIGITALA	51
5.3.2. PRODUKTUAREN BIKI DIGITALA – ROBOT BIRTUALA	51
5.3.3. LAN-EREMUAK ETA MAKINEN KONEXIOA	53
5.4. INPLEMENTAZIOAREN MONITORIZAZIOA	54
6. IKAS FABRIKEN ARTEKO LANKIDETZA	55
6.1. ROBOTIKA KOLABORATIBOKO PRODUKZIOA	56
6.2. CLFREN IKASTAROAK	56
6.3. VIRTUAL CLF	57
6.4. IKASLEEN ETA LANGILEEN MUGIKORTASUNA	57
6.5. LCAMPEN ALIANTZA	57
7. ONDORIOA ETA AUKERAK	58
7.1. ERRONKAK LCAMPEN IRAUNALDIAN ZEHAR	58
7.2. ARRAKASTA-FAKTOREAK LCAMPEN IRAUNALDIAN ZEHAR	59
7.3. JASANGARRITASUNA	59
8. ERREFERENTZIAK	60
9. IRUDIEN AURKIBIDEA	63
10. TAULEN AURKIBIDEA.....	63
11. ERANSKINAK	64
11.1. ETORKIZUNERAKO PRESTATUTAKO KUALIFIKAZIOAK	
ELKARLANEKO IKAS-FABRIKAKO EZAGUTZA-ARLOEKIN LOTUTA	64
11.2. FORCAM EDGE-REN EZAUGARRIAK	67
11.3. LCAMP KONPETENTZIA-ESPARRUA	69
11.4. CLFN EMANDAKO IKASTAROAK	71
11.5. LOTUTAKO LAN-DOKUMENTUEN TXANTILOIAK	76



LABURPENA

“LCAMP Elkarlaneko Ikas Fabrikaren Morfologia” (D6.1 zatia II) entregagaiak fabrikazio aurreratuaren arloko prestakuntza-ingurune fisikoaren ezaugarri nagusiak deskribatzen ditu, Elkarlaneko Ikas Fabrika izenekoarenak. Dokumentuak hiru (3) zutabe ditu: prestakuntza-ingurune horren berezko alderdi pedagogikoak, Elkarlaneko Ikas Fabrikaren beharrezko azpiegitura teknikoa eta operatiboa, eta sektoreak eskaintzen dituen lankidetzak LHko zentroentzat.

Fabrikazio aurreratuaren sektoreak alderdi anitzeko erronkei aurre egin behar die, teknologia-, ingurumen-, antolamendu- eta gizarte-aldaketa azkarrak kudeatzeko eta horietara egokitzeko gai den lan-indar kalifikatu baten eskaria kontuan hartuta.

Testuinguru horretan, gaitasunen ekosistemak estrategiko bihurtzen ari dira, eta eragile garrantzitsuak konektatu eta gaitasun-paradigmak birdefinitzen dituzte. Lanbide Heziketako bikaintasun-zentroak (COVE) Lanbide Heziketako (LH) sistemen abangoardian daude; industriaren, hezkuntzaren eta gizartearen arteko lotura sustatzen ari dira eta, aldi berean, EB osoko hezkuntza-sistemen ikuspegi pedagogikoak berregokitzen ari dira. Zer esan nahi du ikuspegi pedagogikoak berregokitzeak? Tradizioz, LH bere izaera praktikoagatik nabarmendu izan da, ekintzan oinarritutako prestakuntzan gaitasunak eskuratzearen eraginkortasunean arreta berezia jarrita. Beraz, erronka da nola sortu ekintzan oinarritutako prestakuntza-inguruneak fabrikazio aurreratuaren sektorearen alderdi anitzeko erronkekin lerrokatuta.

Gaitasunen Europako Urtean murgilduta, EBko gaitasunen estrategia bultzatzen ari da LCAMP, eta horretarako LHko zentroetarako Elkarlaneko Ikas Fabrika (CLF) diseinatu eta sortu du, EBko unibertsitate askok maiz erabilitako Ikas Fabrikaren kontzeptu klasikoa eguneratuz.

Elkarlaneko Ikas Fabrikak prozesu industrial errealak eramaten ditu aurrera prestakuntza-inguruneetan, hau da, LHko zentroetako laborategietan. Lehendik dauden eta garapen-fasean dauden Ikas Fabrikek osatzen dute CLF, geografian zehar banatuta dauden LHko 7 zentrotan. Zentro bakoitzak zeregin espezifiko bat betetzen du azken produktu komun bat fabrikatzeko. Hala, Ikas Fabriken barruko eta elkarren arteko konexioek CLF osoaren antolamendu operatiboen euskarriak dira. Konfigurazio horrek aukera ematen du:

- 1) LHko ikasleak praktikaren bidez prestatzea I4.0 teknologia integratuak erabilita
- 2) Konpetentzia espezifikoak eta zeharkakoak eskuratzea fabrikazio aurreratuan
- 3) LHko erakundearen arteko lankidetzak hobetzea

Elkarlaneko ikas-fabrika osatzen duten hiru zutabeak honako hauek dira: alderdi pedagogikoak, azpiegitura teknikoa eta operatiboa, eta lankidetzak aukerak.

Prestakuntza-ingurunearen berezko **alderdi pedagogikoak**

LFren onurak aprobetxatzen ditu CLFk, eta LHren funtsezko ezaugarri hauetara egokitzen ditu: prestakuntza praktikoa ingurune errealean, lanbide-gaitasun espezifikoak eta zeharkakoak aldi berean eskuratzea, eta LHko ikaslearen beharretara egokitutako ikastaroak. Gainera, CLFk lankideen artean prestakuntza lerrokatzen duten tresnak eta aplikazioak

eskaintzen ditu, ikasleen prestakuntza eta irakaskuntzaren berrikuntza bultzatzeko elkar hartuta. Horretarako, besteak beste, fabrikazio aurreratuko ikastaroak ematen dira 4.0 industriaren (I4.0) ezagutza-arloetan, eta ondo zehaztutako gaitasun-esparru bateratu bat eskaintzen da.

CLFren **azpiegitura teknikoa eta operatiboa**

CLF kontzeptuak mundu errealeko produkzio-lerroen diseinuan eta inplementazioan oinarritutako jarraibideak betetzen ditu, eta lau arlotan oinarritzen da: produktuaren diseinua, prozesuen ingeniari-tza, hornidura-katea eta fabrikazioa. Lau arlo horietatik sortutako produktu-sorta zabalak CLF osatu bat sortzeko oinarri gisa balio du. Gure CLF eredurako hautatutako produktua robot mugikor bat da; osagaiak fabrikatzeko lan-eremuak ezartzen dira, eta lau lan-eremu digital primariotan egiten da muntaketa. Lan-eremu batzuk geografikoki banatuta daudenez, arreta berezia jarri da hornidura-katean eta fabrikazioaren logistikan. Gure lehen CLFren hasierako doikuntzarako, bi kokaleku egongo dira produkzio-lerro osoa ezartzeko. CLFk lantegi adimendun gisa funtzionatzen duenez, funtsezkoa da konektagarritasuna; geruza digital horrek produkzio-gune deszentralizatuen koordinazio egokia ez ezik, I4.0. teknologien inplementazioa ere bermatzen du. Produkzio-lerroen digitalizazioak aukera ematen du biki digitalen bidez produktuak eta prozesuak birtualizatzeko.

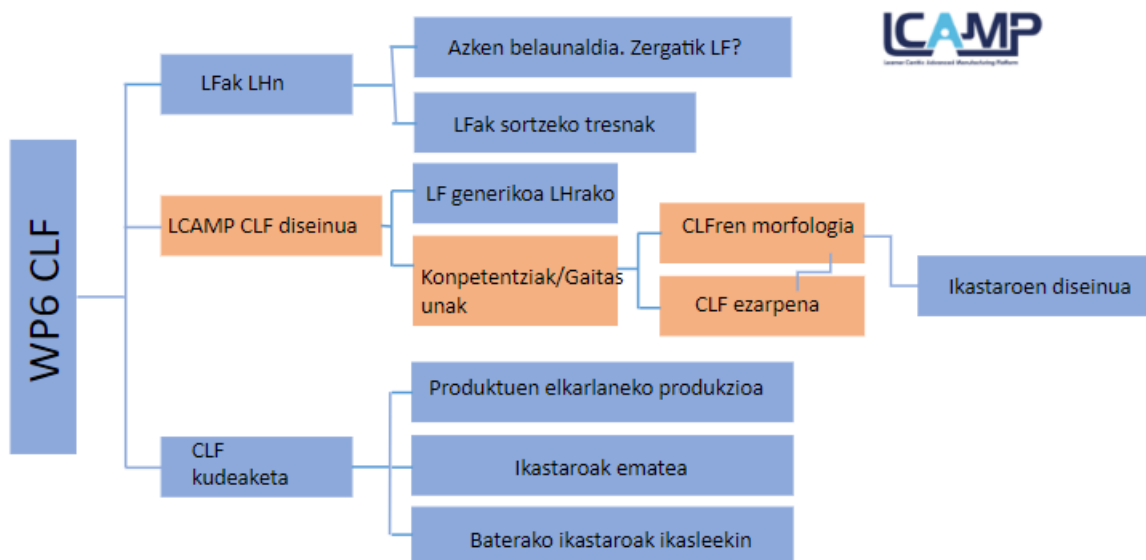
LHko zentroentzako **lankidetzak-aukerak** giltzarri dira LCAMP proiektuan

CLFk nazioarteko lankidetzarako ikuspegi eta aukera berriak irekitzen ditu, hezitzaileak zein ikasleak inplikatzeko dituzten dimentsio ugari barne hartuz. Lankidetzak-jarduerak 4 mailatan antolatzen aukera ematen du: roboten elkarlaneko produkzioa; CLF ikastaroen garapen kooperatiboa; CLF birtual batean parte-hartze kolektiboa; eta aurrekaririk gabeko konektagarritasuna, mugikortasun handiagoa eragiten duena ikasleentzat eta langileentzat. Alderdi honen ezaugarri nagusietako bat bazkideen arteko aparteko konexioetarako potentziala da; aitzitik, mugatuagoak izango lirateke ikasleen prestakuntza hobetzeko aukerak. Diseinuan, produkzioan eta elkarlaneko gaikuntzan interesa duten alderdi askok parte hartzen dutenean, aukera izugarri handiak irekitzen dira, bakarka jardunez imajinatu ere ezingo liratekeenak.



1. SARRERA

Learner-Centric Advanced Manufacturing Platform (LCAMP) proiektuaren 6. lan-paketea (WP6), “4.0 industriaren teknologia xurgatzea Elkarlaneko Ikas Fabrikaren bidez”, fabrikazio aurreraturako **Elkarlaneko Ikas Fabrika (CLF)** bat diseinatzera eta ezartzera bideratuta dago. Lana hiru bloketan banatzen da: kontzeptualizazioa, diseinua eta gauzatzea. Kontzeptualizazioak Ikas Fabrikaren (LF) inguruneei buruzko ikerketa lantzen du Lanbide Heziketako (LH) zentroentzat. Emaitzak lehenago aurkeztutako txostenean daude jasota (D6.1 1. zatia LFren rola LHn) (LCAMP, 2023). Oraingo dokumentu honek ibilbide-orriaren bigarren blokea hartzen du, “D6.1 part 2 Morphology of the LCAMP Collaborative Learning Factory” diseinu-fasea.



1. irudia. WP6ren oinarrizko eskema

Dokumentu hau hiru zutabetan oinarritzen da: prestakuntza-ingurune baten berezko **alderdi pedagogikoak**, CLFren beharrezko **azpiegitura teknikoa eta operatiboa**, eta **lankidetzaukerak** inplikaturako **LHko zentroen artean**. Lanbide Heziketako (LH) 9 zentro ari dira ekimena aurrera eramaten: CIFP MIGUEL ALTUNA (Euskal Autonomia Erkidegoa), TKNIKA (Euskal Autonomia Erkidegoa), DHBW (Alemania), CMQ (Frantzia), MADE (Italia), CNG (Suedia), TSCMB (Eslovenia), Camosun College (Kanada) eta GEBKIM VET (Turkia). CLFren sorreran honako enpresa hauek ere ari dira parte hartzen: Simumatik (Suedia) eta Forcam (Alemania).

1.1.NOLA IRAKURRI DOKUMENTU HAU

Entregagai hau WP6 “4.0 industriaren teknologia xurgatzea Elkarlaneko Ikas Fabrikaren bidez” lan-paketearen bigarren urratsa da. CLF konfiguratzeko eta exekutatzeko “erreferentziatzeko dokumentu” gisa balio du.



2. kapituluak CLFk euskarri duen didaktika aztertzen du, fabrikazio aurreratuko ezagutzar-
arloak aurkeztuz eta gaitasun-esparru bat proposatuz.
3. kapituluak digitalizazioak lantokian eragin berri dituen aldaketak ditu ardatz, eta bereziki
azpimarratzen ditu CLFren ezaugarriekin lotutako produkzio-lerroen aldaketak.
4. kapituluak jarraibideak ematen ditu industriaren erodei jarraituz LF bat nola eraiki
jakiteko, proiektuaren hasierako eskematik produktuaren diseinuraino, prozesuen
ingeniaritzaraino, hornidura-kateraino eta fabrikazio-prozesuaren diseinuraino.
5. kapituluak CLFren arkitekturari buruzkoa da, eta produktuaren, prozesuaren eta
azpiegitura digitalaren ezaugarri eta alderdi tekniko nagusiak biltzen ditu.
6. kapituluak lankidetzak-aukerak eta proiektuaren lankidetzak-jarduera nagusiak jorratzen
ditu.
7. kapituluak CLFk eboluzionatuko duen moduari buruzko laburpen bat jasotzen du.

Informazio gehigarri xehatua eranskinetan dago eskuragarri.

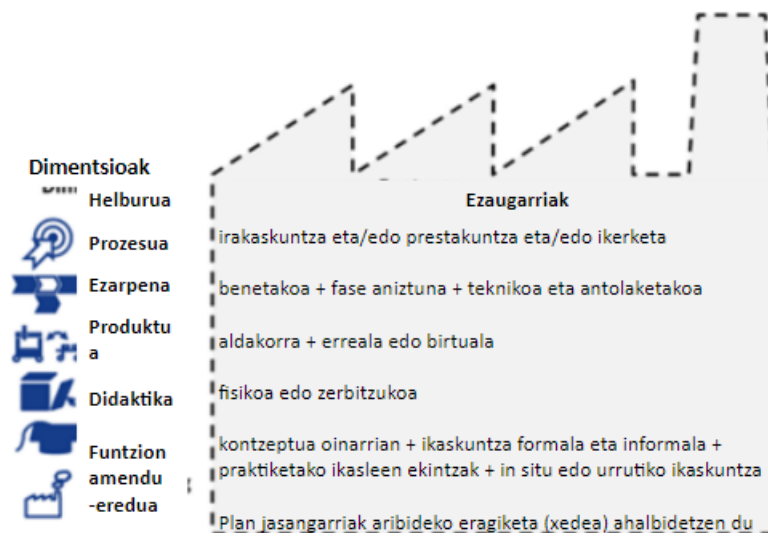
1.2. IKAS FABRIKAREN DEFINIZIOA

Ikas Fabrikek irakaskuntza praktiko bat ahalbidetzen dute. Prestakuntza-esperientzia praktikoak eskaintzen dizkiete ikasleei, ingurune industrialak balira bezala jardunez eta ikaskuntza-ingurune espezializatuak eskainiz. Prozesu industrialak simulatzeko eta ikasleek eskuratutako ezagutzak prestakuntzan oinarritutako ingurune praktiko batean aplikatzeko diseinatuta daude. (Abele E. et al., 2015).

Unibertsitate mailako LFen presentzia eta garapena askotan izaten dira aztergai literaturan (Belinski, Peixe, Frederico eta Garza-Reyes, 2020) (Enke et al., 2018) (Pittich 2020), baina ez da arreta handirik jartzen LHko LFetan (Roll & Ifenthaler, 2021) (Scheid, 2018). Hala ere, LFen ezaugarrietako asko ikusita, LFa oso kontzeptu egokia da LHko inguruneetarako ere (LCAMP, 2023). Hala, ezaugarri horien artean nabarmentzekoak dira, besteak beste, ingurune praktikoetan prestakuntza ematea, mundu errealeko industria-inguruneak balira bezala jardutea, fabrikazio-prozesuen balio-kate osoak hartzea, eta gaitasunak eta ezagutzak ingurune erreal batean aplikatzeko aukerak.

Ikas Fabrikaren dimentsioak

Ikas Fabrikek Nazioarteko Elkarteak (IALF) Abele et al-ek proposatutako sei dimentsioen arabera deskribatzen ditu LFak (Abele E. et al., 2015), beheko 2. irudian adierazi bezala (IALF, 2021).



2. irudia. IALFk emandako dimentsioa LFak deskribatzeko. Iturria (Abele E. et al., 2015)

Egitura hau irakaskuntzaren, prestakuntzaren eta ikerketaren **helburuekin** hasten da, horietan jartzen du fokua. Gero, etapa anitzeko benetako **prozesu** baten beharra dator, alderdi teknikoa eta antolamendukoa barne hartzen dituena. Ikas-fabrikaren **ingurunea**, fisikoa edo birtuala, moldakorra eta aldaketarako irekia izango da. **Produktua**, normalean entregagai fisiko bat den arren, zerbitzu-motaren bat ere izan daiteke. Ikaskuntza formalerako eta ez formalerako gune gisa, **didaktikak** kontzeptuetan eta ekintzetan oinarrituta egon behar du, nahiz eta lana lekuan bertan edo urrunetik egin daitekeen. Azkenik, eredu **operatiboak** jasangarritasunaren alde borrokatu behar du, espazioa/denbora eta baliabideak emango dituen plan batekin, industriaren beharrei erantzuteko etengabeko eragiketarako. Eredu honetan ez da metrika sartzen, baina ikas-fabriken inguruan ondoren sortu diren eztabaidetan adierazi denez, zazpigarren dimentsio gisa sartzeko beharra ikusten da, ulermen eta bateragarritasunerako. Zazpi dimentsioko eredu hori 1. taulan ikus daiteke.

1. taula. Learning Factories liburuan definitutako LF baten dimentsioak: kontzeptuak, gidalerroak, jardunbide egokien adibideak

Eredu operatiboa	Deskribatu egiten du erakunde kudeatzaileek nola bermatzen duten eraginkortasunez LFren funtzionaltasun jarraitua, jasangarritasun finantzarioa, edukiena eta pertsonala barne.
Xedeak eta helburua	LFren helburu nagusiek ondokoak biltzen dituzte: ikasleak heztea, industriako langileak prestatzea eta produkzioarekin lotutako ikerketak egitea.
Prozesua	LFan jasotako produkzio-prozesuak zehatzago deskribatzen dira.
Konfigurazioa	Fabrikako ingurune fisiko horretan, ikasleek esperimentazio praktikoak esploratu eta horietan parte har dezakete. Alternatiba gisa har daitezke fabrikaren esparruaren irudikapen digitalak eta birtualak ere. Gainera, fabrikaren esparruak tamaina naturaleko ekipoak erabil ditzake, benetako fabriketan erabiltzen dena erreproduzitzeko, edo fabrikako eskala txikiko ekipoak. Azken hauek tamaina naturaleko ekipoetan inspiratutako eredu txikiagoak dira.
Produktua	LFan muntatuko diren produktuen ezaugarriak.
Didaktika	Funtsezko elementua da LF kontzeptuak ulertzeko, hezkuntzaren eta prestakuntzaren helburu nagusiei heltzeko.
Metrika	LF kontzeptuen alderdi neurgarriak, ondokoak barne: prestakuntza-modulu bakoitzeko parte-hartzaileen zenbaketa, banakako prestakuntza-moduluen batez besteko iraupena, eta erabilgarri dagoen prestakuntza-espazioa.

Zazpi dimentsioko eredu hori CLFrako erabiliko bada ere, gure enpresaren izaera kolaboratiboa denez gero zortzigarren dimentsio bat gehitu behar izango da.

1.3. ELKARLANEKO IKAS-FABRIKAREN DEFINIZIOA

LCAMPen proposamena da LHko eskoletako lantegiko instalazioen (laborategi praktikoak) funtsezko ezaugarriak definitzea, eraldaketa digitalak eta ekologikoak bultzatuta gaur egun sortutako gaitasun-eskaera aldakorrari eraginkortasunez heltzeko, Elkarlaneko Ikas Fabrika (CLF) eredu erabilia. CLFk egungo prozesu industrialak erreplikatzeko, hezkuntzaren arloko aplikazio eta inguruneetarako produktu espezifiko bat fabrikatzeko (hau da, LHko zentroetako laborategiak), betiere LHko zazpi zentroyen artean geografikoki banatutako egitura baten barruan, non zentro bakoitzak zeregin berezi bat betetzen duen azken produktu partekatu baten fabrikazioan. CLFren akordio operatiboen euskarriak LFen arteko interkonexioak dira. Konfigurazio horri esker, honako hauek inplementatu daitezke:



- Praktikan oinarritutako prestakuntza-inguruneak I4.0 teknologia integratuak dituzten LHko ikasleentzat
- Fabrikazio aurreratuaren arloan lanbide-kompetentzia espezifikoak eta zeharkakoak eskuratzea.
- LHko nazioarteko erakundeen arteko lankidetzaren areagotzea.

CLFren dimentsioak

1.2 atalean emandako zazpi dimentsioei jarraituz, CLFk 2. taulan deskribatutako dimentsioak ditu ezaugarri. Taula horrek zortzigarren dimentsio gehigarria du CLFren lankidetzaren alderdiak deskribatzeko.

2. taula LCAMP CLFren dimentsioak

Dimentsioa	Non aurkitu dimentsioen deskribapena
Eredu operatiboa	LCAMP aliantza (WP2aren entregagaiak)
Helburuak eta helburua	LHko ikasleak, langileak, nazioarteko lankidetzaren
Prozesua	5.2 atala
Konfigurazioa	5.2 eta 5.3 atalak
Produktua	5.1 atala
Didaktika	2. atala
Metrika	1.5 atala
Lankidetzaren	6. atala

LCAMP CLFren elementu bereizgarria, LFren definizio estandarrekin alderatuta, haren izaera geografiko eta antolamenduzkoa da. Horrek koordinazioa, lankidetzaren eta funtsezko lankidetzaren eskatzen ditu. Gainera, esparru horren barruan urruneko lana eta elkarlana arrakastaz ezartzea arrakastaren mende dago (EXAM 4.0, 2020)^[10].

1.4. ESPEROTAKO EMAITZAK

WP6 CLFren xedeak honako emaitza hauek biltzen ditu:

- **Elkarlanerako ingurune bat sortzea**, non ondasunak ekoizteko balio-kateak fabrikazio-teknologia aurreratuak erabiliko dituen. Ingurune hori **espazio fisiko** batean gauzatzen da, LHko zentroetako laborategietan LF erreal bat ezarrita, baita **ingurune birtual** batean ere, baliabide fisikorik ez duten LHko zentroetarako.
- **Didaktikaren arloan sarbide irekia hezkuntzako material eta baliabideetara** LCAMP aliantzako kide guztientzat (LCAMP, 2023) eta azken batean fabrikazio aurreratuaren komunitatearentzat ere, mugarik gabe, erabili eta ustiatu ditzaten.
- **Ibilbide-orri bat lantzea**, hau da, CLFren sorkuntzan eskuratu den esperientzian oinarritutako ekintza-plan bat egitea. Plan hori gida gisa erabiliko da beren CLFak erreplikatu eta ezarri nahi dituzten beste erakunde batzuentzat, hezkuntza-ikuspegi horren hedapena eta ezarpena sustatzeko.

Emaitzen lorpena metrika bidez monitorizatzen da, neurri kuantitatibo zehazgarriak deskribatzeko. 5.4 atalean erakusten dira.



2. ELKARLANEKO

IKAS

FABRIKAREN DIDAKTIKA

LCAMP CLF fabrikazio aurreratuarekin lotutako kompetentzien garapena bizkortzeko diseinatu da, prestakuntza-ingurune ezin hobea sustatuz. Ondorioz, CLFren morfologia osoak lotura estua du kompetentzia horiekin. Hortaz, LCAMPen CLFren egitura didaktikoa berez dago lotuta gaitasun horiekin. Egitura konplexua da, ikasleek gaitasunak eskuratzeko eta tartean dauden hezkuntza-esparruen aniztasunari erantzuteko beharragatik, hain zuzen. Zehazki, CLFk urruneko laborategiak ditu zazpi herrialdetan, LHko zentroetan eta unibertsitateetan. Hezkuntzaren ikuspegitik, CLFk bi mailatan funtzionatzen du: **eskualde-mailan**, non LHko zentro bakoitzak CLFren ezaugarriak pertsonalizatzen dituen bere hezkuntza-egituren tokiko programekin, ikasketa-planekin eta kompetentziekin lerrokatzeko; eta **partzuergo-mailan**, zeinak CLFren barruan elkarlanean sustatzen diren kompetentzien ikuspegi bateratua behar duen, hezkuntza-erakunde bakoitzaren LHko sistema espezifikoan integrazio egokiena ahalbidetuz (Ziarsolo, 2023).

CLFk partzuergo osoan ikastaroak garatzeko aukera ematen du malgutasuna eskainiz, aukera sinkronikoak, asinkronikoak eta eleanitzak barne. Bai eskualde-mailan, bai partzuergo-mailan, Fabrikazio Aurreratuko hezkuntzan aurrez zehaztutako kompetentzietara egokitutako **prestakuntza-soluzioak** garatzea eskatzen du didaktikak. Nahitaezkoa da prestakuntza-soluzio horiei buruzko nazioarteko adostasuna handiagoa izatea, ikastaroen deskribapen koherenteak lortzeko. Fabrikazio aurreratuko kompetentzien baterako idazketa-esparrua 2.2 atalean erakusten da.

Soluzio didaktiko horien funtsezko alderdiak honako hauek dira:

- Ikastaro espezifikoak egokitzea eta/edo sortzea, eskualdeetako Lanbide Heziketan emateko.
- Edukia modulatzeko, kualifikazioen sistema nazionalan integratzen dela bermatzeko.
- LFren ingurunean entrega-mekanismo egokiak definitzea edukian eta audientzian oinarrituta, ondokoen bitartez: prestakuntza-metodo aktiboak, gamifikazioa, mikro-prestakuntza, prestakuntza mugikorrek, eta trebakuntza birtuala.
- Nazioarteko ikasleen arteko baterako atazetarako lan-metodoak ezartzea.

CLFren morfologia definitzean, LCAMP partzuergoak xede-audientziarentzat egokiak diren **ezagutza-arlo** garrantzitsuak identifikatu ditu I4.0ren barruan. Hautatutako arloak 2.1 atalean zerrendatzen dira.

2.1. Ezagutza-arloak elkarlaneko ikas-fabrikari

Lehen aipatu dugun bezala, LF batek prestakuntza-ingurune integral bat eskatzen du, ikasleek hainbat ezagutza-arlotan kompetentziak eskura ditzaten. I4.0 panoramaren artean, LCAMPen CLF partzuergoak arlo teknologiko espezifikoak hautatu ditu, erakunde elkartuen kualifikazio-sistema nazionalarekin lotuak, eta korrelazioan jarri ditu LCAMP Behatokiaren emaitzekin (WP3) eta LH/ETE lankidetzarekin (WP7).

Atal honetan, **CLFk jorratutako arloak** zerrendatzen dira.



CLFk hainbat arlo biltzen ditu. Bereziki, fabrikazio aurreratuaren sektorearen barruan, lan-munduan izandako aldaketen azterketa sakona egin du WP3k herrialde parte-hartzaileetan, industrian beharrezkoak eta funtsezkoak diren gaitasunak identifikatuz. Beraz, ikastaroak kontu handiz antolatuko dira funtsezko gaitasun horiek sustatzeko. Gainera, ikastaroen hautaketa erakunde elkartuen helburu estrategikoetan eta tokiko zirkunstantzia espezifikoetan oinarritzen da, eta horrek bermatzen du prestakuntza-eskaintzak egokiak eta onuragarriak izatea zerbitzua ematen dioten LCAMP aliantza estrategikoarentzat.

Bigarren enfasi gunera itzuliz, lanbide-kompetentzia ez-teknikoen eta espezifikoaren arteko oreka lortzearen garrantzia aitortzen da, ETHAZIn (2016) adierazi bezala. Ondorioz, WP5ean aurkeztutako ikastaroaren eskemak gaitasun-multzo integral bat nola garatzen den zehazten du, **edukia, prestakuntza-metodoak eta ebaluazio-estrategia berritzaileak** zehaztuz. Azpimarratzekoa da —kontuan hartuta gaitasun ez-tekniko (zeharkakoak) erabakigarriak hartzeko CLFk eskaintzen dituen aukera paregabeak— ikastaroak emateko erabilitako mekanismoek berebiziko garrantzia dutela.

Hauek dira hautatutako ezagutza-arloak:

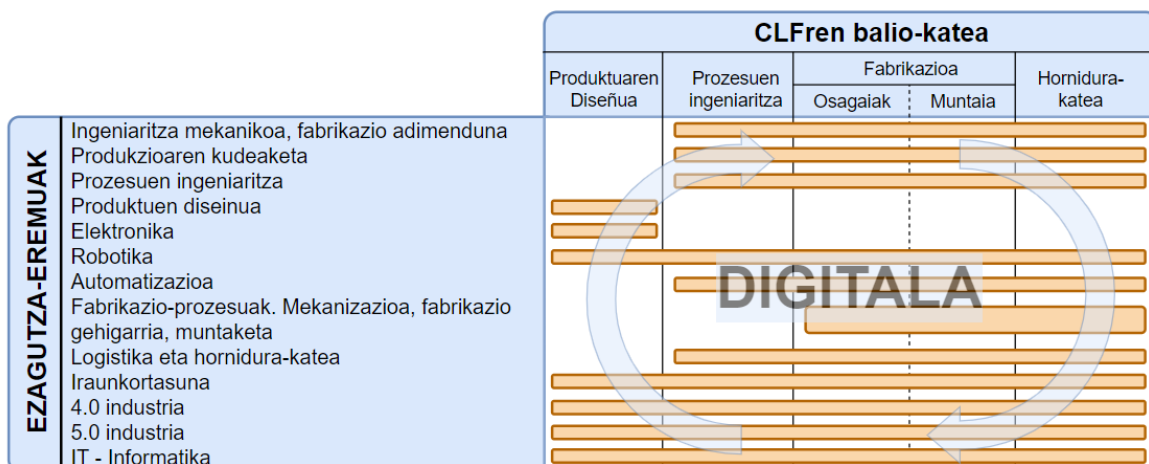
- Ingeniaritza mekanikoa, fabrikazio adimenduna:
- Produkzioaren kudeaketa
- Prozesuen ingeniari
- Produktuaren diseinua
- Elektronika
- Robotika
- Automatizazioa
- Fabrikazio-prozesuak. Mekanizazioa, fabrikazio gehigarria, muntaketa
- Logistika eta hornidura-katea
- Jasangarritasuna
- 4.0 industria
- 5.0 Industria
- IT Informatika

11.1 eranskinean etorkizunerako prestatutako kualifikazioen LCAMP konpilazioa jasotzen da, hautatutako arloekin lotuta.

Hautatutako ezagutza-arloen eta CLFren balio-katearen arteko korrelazio zuzena 3. irudian agertzen da, eta elkarrekin konektatutako lau prozesu azaltzen ditu: produktuaren diseinua, prozesuen ingeniari, fabrikazioa eta hornidura-katea. Hori guztia azpiegitura digital batek babesten du, eta bertan erabaten dira aurrera prestakuntza-jarduerak hainbat arlotan (ikus 11.4 eranskina).

CLFren prestakuntza-jardueren barruan ematen diren ikastaroak ere ezagutza-arlo horiekin lerrotatuta egongo dira (ikus 11.4 eranskina).





3. irudia Ezagutza arloak CLF prozesuen balio-katearekin gurutzatua

2.2.KONPETENTZIA-ESPARRUA FABRIKAZIO AURRERATUAN

CLFren barruan ikastaroak definitzerakoan, beharrezkoa da hezkuntza-ikuspegi eta terminologia komun bat izatea, eta hor hartzen du garrantzia WP5ean ezarritako fabrikazio aurreratuko LCAMP kompetentzia-esparruak. Esparru honek erabaki informatuak hartzen laguntzen die bazkideei, hautatutako ikastaroetarako gaitasun tekniko eta zeharkakoen multzo espezifikoari, ikastaroaren edukiei, entrega-metodoari eta ebaluazio-metodoari dagokienez.

Esparru honek egungo beste kompetentzia-esparru batzuekin bat egitea proposatzen du, zehazki, fabrikazio aurreratuko EXAM4.0 kompetentzia-esparruarekin (EXAM 4.0, 2020) eta Beyond 4.0 esparruarekin (Clara R. Behrend, 2022). Hainbat megajoeren inpaktuaren ondorioz lan-merkatuaren eskariak eta eskakizunak eboluzionatzen ari diren heinean, esparruak dinamikoa izaten jarraitzen du, eta enpresarien eskari aldakorrak eta etengabeko eraldaketa industrialaren inpaktuak islatzen ditu.

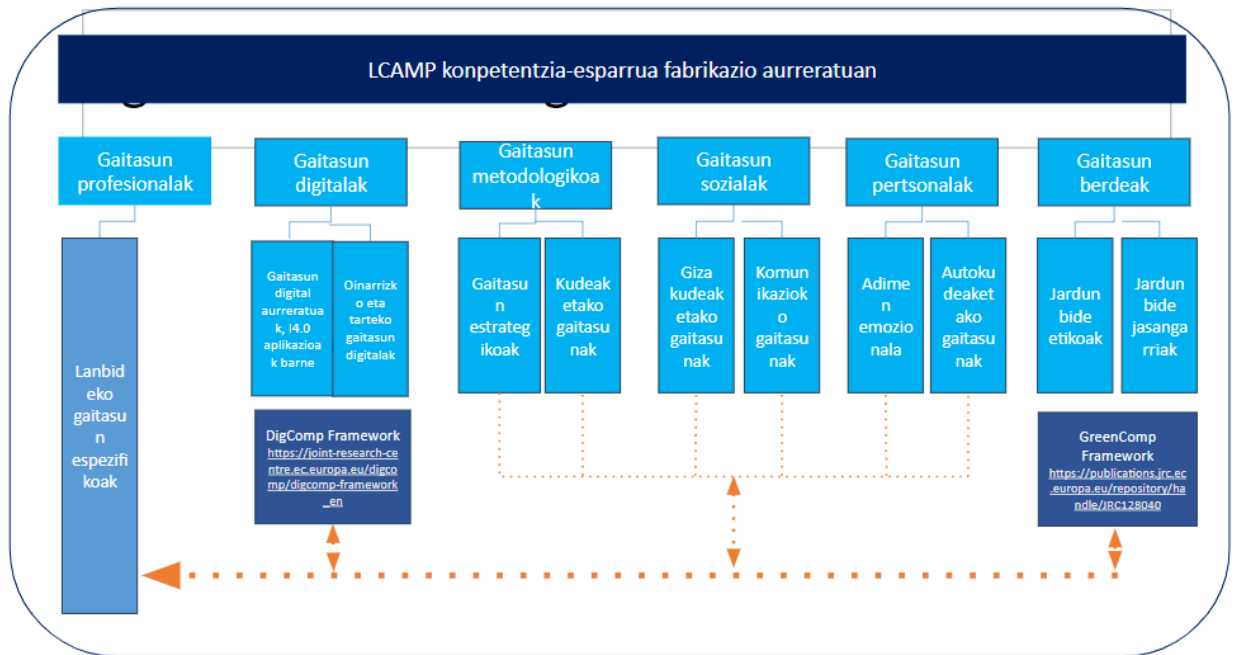
Esparrua (4. irudian eskematikoki irudikatua) fabrikazio aurreratuko etorkizuneko langileentzat funtsezkotzat jotzen diren sei gaitasun-kategoriatan antolatuta dago, eta azpikategoriatan banatuta. Kategorizazioak lanbideari lotutako ataza errealekin lotutako gaitasun espezifikoan —gaitasun teknologikoak normalean— hasierako multzo bat aurkezten du eta, ondoren, zeharkako gaitasunen lau kategoria —gaitasun digitalak, pertsonalak, sozialak eta metodologikoak—. Seigarren kategoria gaitasun ekologikoekin lotuta dago.

Gaitasun digitalak honela sailkatzen dira: gaitasun aurreratuak eta oinarriko/tarteko gaitasunak. Gaitasun digital aurreratuak gero eta beharrezkoagoak dira IT eta I4.0 aplikazioekin lotutako atazetan; beste ataza askotan, berriz, oinarriko edo tarteko gaitasun digitalak behar dira. Kasu batzuetan, gaitasun digital aurreratu horiek lanbide-kompetentzia espezifikotzat ere har daitezke. Nolanahi ere, esparrua Herritarren Gaitasun Digitalaren Europako Esparruan oinarritzen da (DigComp) (Vuorikari & Punie, 2022) gaitasun digital guztiak deskribatzeko.

Zeharkako gaitasun digitalen multzoei dagokienez, gaitasun metodologiko, sozial eta pertsonal gisa sailkatu dira. Azkenik, ingurumen-jasangarritasunari, birziklatze-ekonomiari eta baliabideen kontserbazioari lotutako gaitasunei dagokienez, eragin zuzena dute kategoria



guztietako gaitasunetan; izan ere, ekintza jasangarri, zuzen eta arduratsu baterako jokabideak ezarri beharko lirateke. LCAMP kompetentzia-esparruak GreenComp esparrua hartzen du (Bianchi, Pisiotis, & Cabrera Giraldez, 2022), Europar Batasunean ingurumen-jasangarritasuneko prestakuntza sustatzen duena gaitasun ekologikoak deskribatzeko.



4. irudia. LCAMPen kompetentzia-esparrua fabrikazio aurreratuan

3. LANTOKI DIGITALEN DESKRIBAPEN GENERIKOA

3.1. LANTOKI DIGITALAREN IKUSPEGI OROKORRA

Txosten honen testuinguruan, lantoki digitala 14.0. teknologien integrazioaren ondorioz eraldaketa digitala izan duten fabrikazio-enpresen lantoki eta produkzio-eremuei dagokie. "Eraldaketa" kontzeptuak aldaketa nabarmena adierazten du produkzio-eremuko langileen funtzioetan ere, eta "digitala" terminoak teknologia berrien eta ekipo digitalen erabilerari egiten dio aipamen. Lantoki digitala eta bere inplikazioak CLFren ezaugarri garrantzitsu bat dira; izan ere, baliabide digitalen bidez bakarrik egin daitezke plangintza, diseinua, exekuzioa eta ebaluzioa LFn oinarritutako lankidetzeta-jardueretan parte hartzen duten bazkideen artean. Asmo kolektiboetatik software partekaturaino, diseinu kooperatibotik planifikatutako exekuzioraino, muntaketa kooperatibotik analisi integratzailearaino, CLF sistema digitala da, banakako bazkideen beharretara eta sistema pedagogikoaren nahietara egokitzeko azpiegitura sendoa eskatzen duena.



3.2. LANTOKI DIGITALEN HISTORIA

Ordenagailuek eta telelanak 1970eko hamarkadan sustraitu ziren. Hala ere, lantoki digital modernoa 1993an sortu zen, America Online eta Microsoft Outlook (Harvard Business Review, 2020) enpresak merkaturatu zirenean. Lantokian posta elektronikoa sartzeak interakzio digitalerako oinarria ezarri zuen, langileei fitxategiak eta posta elektronikoki erraz partekatzeak aukera emanez. Azpiegitura digitalaren hedapen azkarrak gauzen Internet (IoT) –1999an Kevin Ashtonek lehen aldiz erabilitako terminoa– garatzea ekarri zuen. Prozesatzeko potentzia hobetu ahala, erakunde batek datuak bildu eta prozesatzeko zuen gaitasuna izugarri handitu zen; aldi berean, sentsoreak garatu ziren, mundu errealean informazio-sorta zabala monitorizatu ahal zutenak. Hala, konbinazio horrek aukera ematen zuen dena urrunetik monitorizatu eta lokalizatzeko, nekazaritzako datuetatik hasi eta robotika industrialeraino. Horri esker, langileek denbora errealean gainbegiratu eta doitu ahal izan zituzten egoerak, konektatutako ordenagailuetatik makineria monitorizatuz, ekipoa zuzenean eta eskuz erabili beharrean. Azpiegitura digitalaren hazkundeak ere areagotu egin zuen datuek gailuen artean bidaiatzeko zuten abiadura, eta, horri esker, azkar hedatu zen modu seguruan gorde eta parteka zitezkeen datuen kopurua.

Lantoki digitalaren egoera nabarmen aldatu zen 2020an Covid-19aren pandemia iritsi zenean. Gero eta pertsona heldu gehiago etxetik lanean hasi ahala –bai lanaldi osoan, bai modu hibridoan– azpiegitura industrial bat ezarri zen, eta horrek bultzatu zuen sailen arteko eta erakundeen arteko lankidetzak digitala. Azpiegitura berri bat garatu zen, pertsonen urrunetik parte hartzea ahalbidetzeko, baita produktibitatea eta lan-inguruneen arteko konexioa bultzatzeko ere. Lantegiko kontrol-datuak aukera emango zieten langileei informazio digitala zuzenean monitorizatzeko eta prozesatzeko fabrikazio- edo prozesamendu-ekipoetan, eskuzko programazio zail edo konplexu baten beharrik gabe.

3.3. LANKIDETZA DIGITALAREN METODOAK

3.3.1. LANTOKI DIGITALAREN LANKIDETZA

Lantoki digitalaren funtsezko alderdietako bat da erraz sustatzen duela erakundeen arteko zein barruko lankidetzak digitala. Lankidetzak metodorik zuzenena partekatutako informazio-gordailuen bidezkoa da. Datu-biltegi egoki batek bermatu egiten du datu eguneratuak eta zehatzak eskuragarri egotea behar duen edonorentzat.

Erakunde asko lan-ingurune birtual baten mende daude datuak babesteko, produktibitatea hobetzeko eta lantokiko lankidetzak kudeatzeko. Lan-ingurune birtualek programak eta hodeiko biltegiak urruneko mahaigaineko aplikazioekin konbinatzen dituzte, eta horiei esker, langileek edozein lekutatik has dezakete saioa zerbitzari seguruetan, eta etxetik, eta laneko bidaietan edo bidaiak pertsonaletan lan egin dezakete. Ingurune horiek langileen malgutasuna hobetzen dute, eta langile askok urrunetik lan egin dezakete lanaldi partzialan edo osoan.

Produkzioan oinarritutako erakundeentzat, lehenago esan bezala, urruneko automatizazioa prozesu digitalen lanetik haratago doa, gizakia/makina interfazeetarako eta sare industrialetarako zuzeneko sarbide birtuala eskaintzen duelako. Horri esker, langileek automatizazio-lan konplexuak monitorizatu eta programatu ditzakete, lekura bertara joan beharrik gabe, eta bereziki baliotsua da eskala handiko produkzio-prozesuak urrunetik monitorizatzeko.



Kasu batzuetan, lantoki fisikoan dauden langileek gailu digitalekin elkarreragiten dute eguneroko atazetan, komunikazioetan eta erakundeko beste eragile batzuekin elkarlanean. Beste kasu batzuetan, langileek gunean bertan ziurtatzen dute makinak beharrezko osagaiekin kargatuta daudela eta alertei erantzuten dietela. Urruneko langileen lana, berriz, jarraibide digitalak sortzea da, produkzio-prozesuetarako eta fabrikako aurrerapena monitorizatzeko. Azken kasu honetan, produkzio-eremuan inor ez dagoenean ere funtziona dezakete produkzio-sistemek, betiere alerta automatikoei erantzuteko norbait guardia egiten ari bada.

3.3.2. LANKIDETZA DIGITALA ERAKUNDEEN ARTEAN

Lantoki digitalaren goraldiak lankidetzaren digitalen hobekuntza nabarmena ekarri du; erakundeei tresnak ematen dizkie informazioa aldi baterako edo, proiektu erabakigarrietarako beharrezkoa denean, betiko partekatze aukera izan dezaten. Langileek edo ikertzaileek unean-unean parte har dezakete elkarrizketa birtualetan, eta lantaldeak eta aldi baterako datu partekatuen gordailuak ireki. Horri esker, taldeek ahaleginak koordinatu eta baliabideak batu ditzakete baterako erronkei aurre egiteko. Lankidetzaren horiek aukera paregabea eskaintzen diete arlo guztietako ikertzaile, diseinatzaile eta ingeniariari. Hainbat erakunde monitorizazio- eta fabrikazio-ekipo espezializatuarentzat sarbidea dute, beste batzuek agian sarbidea izango ez dutenak, baina urrunetik erabil daitezke ahaleginak batzeko. Gainera, hainbat erakundetako aditu-taldeek perspektiba eta esperientzia paregabeak eskaini ahal diete elkarri, bereziki oso gaituta dauden espezialistekin, kontuan hartuta haien esperientzia zaila edo ezinezkoa izan daitekeela erakunde anfitrioi batean erreproduzitzea. Urruneko sarbidearen bidez, hitzaldi birtualen bidez eta datu partekatuen gordailuen bidez, hainbat hiri, herrialde edo kontinentetako adituek ahaleginak batu ditzakete ikuspegi bereziak garatzeko, erronka konplexuei aurre egin ahal izateko. Ikerketa aplikatuko egoeretan, produkzio fisikoaren erakunde anfitrioi bakar batek kudea dezake, elkartutako adituek parametroak doitu eta emaitzak urrunetik monitorizatzen dituzten bitartean, edo aldi bereko iterazioentarako beren makineria eskaintzen duten bitartean. Horrela, ereduak eta prototipoak beste erakunde batzuekin batera garatu eta diseinu ugari gunean bertan proba daitezke aldi berean.

Erakundearen arteko lankidetzak onura asko ekartzen baditu ere, paradoxikoki, lankidetzarako erraztasunak egundoko erronkak sorraraz ditzake. Jabetza intelektualaren eskubideak kezka berezi bat dira; izan ere, kontratu sendorik gabe, ikertzaileek oharkabean nahasmen legala sor dezakete ikerketa eta garapen partekatuen emaitzen jabea nor den jakiteko. Bestetik, segurtasunari lotutako arazoek ere kezka handia sorrarazten dute. Datuen ihesa eta segurtasun-urraketak dira kezka nabarmenetakoak. Erakundeekin datuak partekatzen diharduten langile ugari egotean, handitu egiten dira aukerak pertsona batek datuak pirateatzeko edo baimendu gabeko informazioa oharkabean partekatze, eta guztiak jartzen ditu arriskuan, haien datuak lapurtu eta bahitu egin daitezkeelako (Schumann, 2022). Langile askorentzat, lan-egoerak okertzearekin lotutako beste erronka bat kudeaketa algoritmikoa da, hau da, “software algoritmoak erabiltzea normalean giza kudeatzaileek egiten dituzten antolaketa-funtzioak automatizatzeko” (Wood, A. J., *Algorithmic Management: Consequences for Work Organization and Working Conditions*, Sevilla: Europako Batzordea, 2021, JRC124874), kontuan hartuta gainera bere prebalentzia handitu egingo dela adimen artifizialaren hazkundearekin batera. Azkenik, lankidetzaren batean parte hartzen duten erakundearen kopuruak gora egin ahala, gora egiten du ere datuak biltegiratzeko, programak erabiltzeko eta jardunbide egokietarako bat ez datozen estandarren kopuruak.



3.4.LANTOKI DIGITALEN ERRONKAK

Lantoki digitala, bere forma guztietan, lan-ingurune mota guztiak aldatzen ari da. Lantoki digitala aukera paregabe bat da, baita erronka izugarri handi bat ere lan-indar askorentzat. Erronka horiek gaitasun berriak eskatzen dituzte lan-indararentzat. Bere onura eta muga bereziaz jabetuta, erakundeek elkarlaneko prozesu eta programa berriak garatzeko ahalmena dute, informazioa eraginkortasunez ikertu eta garatzeko. Dena den, arduraz jokatu behar da lantoki digitalekin lotuta egon daitezkeen oztopoak eta ahultasunak kontuan hartzean. Izan ere, erakundeek elkarlan estuan jardun beharko dute garatu diren software eta hardware aukera paregabe ugariak eraginkortasunez elkarri komunikatzea bermatzeko. Hori bereziki garrantzitsua da CLFko parte-hartzaileentzat.

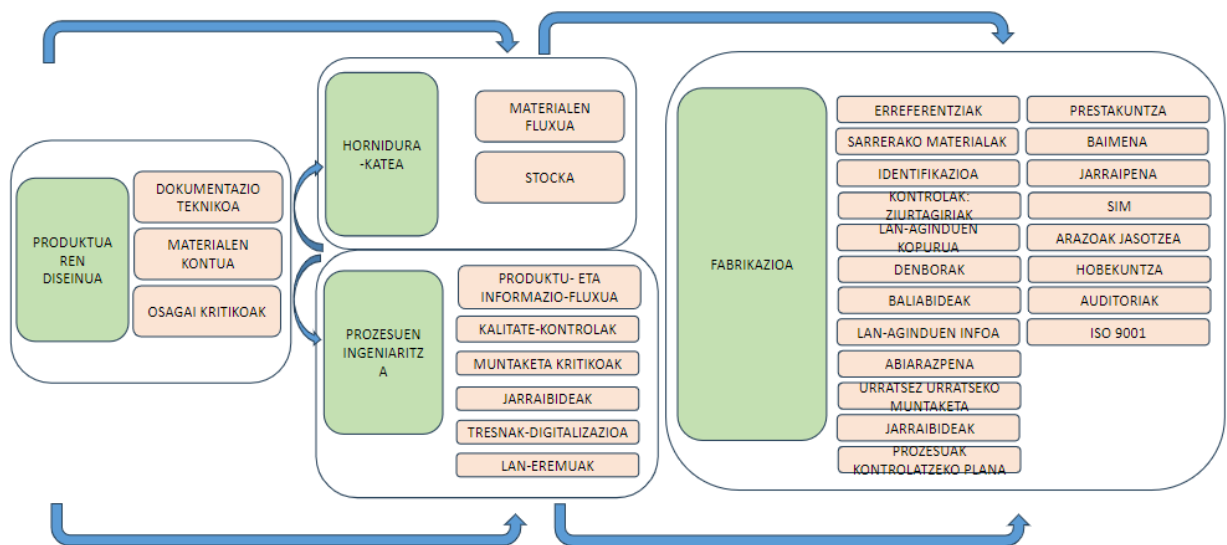


4. IKAS FABRIKA BAT SORTZEKO GIDALERROAK

4.1. PROIEKTUAREN HASIERAKO ESKEMA

Aurreko kapituluetan CLFren oinarriko printzipioak zehaztu dira. Orain, berriz, LF bat ezartzeko gidalerroak zehaztuko dira. Gidalerro hauek mundu errealeko produkzio-lerro baten diseinuan eta implementazioan oinarritzen dira (Kumar Agarwal & Kumar, 2020). Ikuspegi egoki bat izateko, lau prozesu aukeratu dira, literaturan deskribatutako prozesu gehiago sartzen saiatu beharrean. Erabaki estrategiko hori bat dator CLF moldatzeko helburuarekin, 2. kapituluaren deskribatutako ezagutza-arloak eta gaitasunak garatzeko beharrezkoak diren egokitzapen espezifikoetara, hain zuzen.

5. irudiak modu sinplifikatuan erakusten ditu hautatutako lau prozesuak (berdea) eta prozesu horietatik eratorritako irteera nagusiak (laranja). Eskema osoa da CLFren kontzeptuaren oinarria, gerora sakonagoatik garatuko dena.



5. irudia. LFren kontzeptua. Bertako iturria

Prozesu bakoitzaren konplexutasuna dela eta, hurrengo mailak ekin beharreko ataza espezifikoaren banakapen zehatzagoa eskatzen du.

Puntu honetan, eta aurrera egin baino lehen, teknologiak eta **etorkizuneko garapenak** integratzeko **hasierako testuingurua** zehazteko beharra sortzen da (ikus 5.2.10).

4.2. PRODUKTUA PROZESUA

DISEINATZEKO

Produktua diseinatzeko prozesuan (ikus 5. irudia) funtsezkoa da hiru sarrera giltzarritan oinarritzea, kontuan hartuta horietako bi erabakigarriak direla:



- Bezeroaren espezifikazioak: bezeroaren beharrak eraginkortasunez aseko dituen produktu baten sorrera gidatzen dute. CLFren kasuan, espezifikazioek identifikatutako ezagutza-, trebetasun- eta gaitasun-baldintzak bete behar dituzte.
- Produkzio-prozesuaren ezagutza: produktua fabrikazio-prozesuan integratu ahal izango dela ziurtatzen du, produkzioa arinagoa eta eraginkorragoa izan dadin.

Gainera, hirugarren sarrera garrantzitsu bat dago, are esanguratsuagoa, gero eta eragin handiagoa duelako: ekodiseinua, edo ingurumen-faktoreak kontuan hartzea produktua diseinatzeko prozesuan (ikus 5.1.2).

Produktua diseinatzeko fasearen eta alderdi interesdunekiko interakzioen ondoren, irteerak lortzen dira (ikus 5. irudia):

- Funtsezko osagaien analisia: funtsezko osagaiak identifikatzea, oinarritzat hartuta kalitatea, segurtasuna, irizpideetan oinarritutako erosketak, zibersegurtasuna, jasangarritasuna eta abar.
- Dokumentazio teknikoa: produktuaren aldaera guztien eta produktuaren beraren osagai bakoitzaren izena, planoak eta espezifikazioak ematea.
- Materialen zerrenda (BOM): aldaera bakoitzari dagokion osagaien zerrenda identifikatzea.

4.3. PROZESUEN INGENIARITZA ETA HORNIDURA-KATEAREN DISEINUA

Lehen aipatutako irteerak osatu ondoren edo, ahal bada, horietan elkarlanean aritu ondoren, funtsezkoa da hurrengo urratsekin jarraitzea, hornidura-katea osorik ulertzeko eta prozesuen ingeniariari inplementatzeko.

Hornidura-katearekin lotutako irteerak:

- Material-fluxua zehaztea (osagaiak, azpimoduluak eta azken produktua): nola lekualdatzen diren produktuak hornitzaitetik fabrikara, fabrikaren barruan, eta bezeroarengana, dagokionaren arabera.
- Inbentarioa zehaztea: osagaien, azpimoduluen eta azken produktuaren kantitatea eta enbalajea zehaztu behar dira, hornitzaitetik fabrikara, fabrikaren barruan, eta bezeroarengana iritsi arte garraiatu ahala.

Prozesuen Ingeniaritzarekin lotutako irteerak:

- Produktu-fluxuaren prozesua zehaztea: prozesuaren fluxu-diagrama (PFD) ere deitua. Produktuaren aurrerabidea pausoz pauso erakusten du, eta bereziki baliagarria da robota fabrikatzeko eta muntatzeko beharrezkoak diren baliabideak definitzeko.
- Informazio-fluxuaren prozesua zehaztea: informazioa sistematik lantegira, eta alderantziz, nola lekualdatzen den erakusten du. Fabrikazioko exekuzio-sistema (MES), enpresa-baliabideen plangintza (ERP), jarraibideak, planoak, informazio teknikoa eta abar barne hartzen ditu.
- Kalitate-kontrol arautuak eta ez-arautuak zehaztea: kalitatea kontrolatzeko hainbat neurri finkatu behar dira eta prozesuak kontrolatzeko plan bat sortu behar da, prozesuaren eskakizunak behar bezala betetzen direla bermatzeko.
- Muntaketa kritikoaren analisia: garrantzizkoa da kritiken jatorria teknologiaren, segurtasunaren edo kalitatearen ikuspegitik identifikatzeko, gerta daitezkeen



- arazoak prebenitzeko ekintza-planak ezartze aldera. Prozesuaren akats eta efektuen analisi modalaren (PFMEA) tresna erabiliz egin daiteke ebaluazioa.
- Segurtasun-jarraibideen lehen bertsioa: hasieratik amaierara prototipo bat sortuz hasten du proiektua, muntaketa- edo fabrikazio-prozesuaren hasierako bertsioa sortzen den bitartean.
 - Muntaketa-jarraibideen lehen bertsioa: hasteko, prototipo bakar bat fabrikatzen eta/edo muntatzen da hasieratik bukaerara, hasierako berrikuspenerako.
 - Kalitate-jarraibideen lehen bertsioa: lehen argitalpen informatzaile honek prototipo baten fabrikazioa eta/edo muntaketa jasotzen ditu.
 - Fabrikazio-baliabideak zehaztea (tresnak, digitalizazio informatikoaren maila): fabrikazioaren eta/edo muntaketaren prozesuko urrats bakoitza inplementatzeko beharrezkoak diren tresnak eta metodoak zehaztu behar dira, besteak beste eskuzko erremintak eta tresna digitalak, muntaketa automatizatu edo erdiautomatizatuak, ikusmen artifizialeko sistemak, datuak biltzeko metodoak, etab.
 - Lan-eremuen diseinua: fabrikaren diseinu fisikoa egin behar da, lan-eremuen antolaketa eta pieza, azpimodulu, erreminta, makina, baliabide digital eta abarren kokapena barne, segurtasunaren eta ergonomiaren printzipioak errespetatuz.

4.4.FABRIKAZIO-PROZESUAREN DISEINUA

Hurrengo etapa fabrikazio-prozesua osatzeko beharrezkoak diren gainerako oinarriak buruzkoa da.

Materialekin lotutako irteerak (osagaiak, azpimoduluak, azken produktua):

- Fabrikazio-erreferentziak sortzea, lan-aginduetan erabiltzeko.
- Stockarekin eta lan-aginduekin komunikatzen duen materialen sarrera-sistema zehaztea.
- Osagai, azpimodulu eta azken produktu bakoitza zehaztea, identifikazio-motarekin batera (hala badagokio).
- Funtsezko materialen kasuan behar diren hornitzaileen kontrola eta ziurtapena zehaztea.

Produktzio-aginduekin lotutako irteerak:

- Lan-aginduaren kantitatea zehaztea.
- Produktzio-denbora zehaztea.
- Eskaera zehaztea eta giza baliabideen eta beharrezkoak diren beste batzuen analisia.
- Produktzio-agindua produkziara iritsiko den modua eta horrekin lotutako informazioa zehaztea.
- Operadorearengana iritsi beharreko informazio estandarra zehaztea, funtsezko muntaketaren kasuan.
- Produktzioa nola abiatuko den zehaztea.

Lan-eremuekin lotutako irteerak:

- Muntaketa pausoz pauso ezartzea, muntaketa-erreferentziak, tresnak eta beste fabrikazio-baliabide batzuk identifikatuta, eta Lean Manufacturing metodologiak kontuan hartuta.



- Fabrikazioari, muntaketari, segurtasunari, kalitateari eta ingurumenari buruzko jarraibideak sortzea.
- Mantentze-lanen jarraibideak sortzea produkzio-lerro eta/edo lan-eremuetarako eta mantentze-lanen atalerako eta bete beharreko orrirako.
- PCP kalitate-orria sortzea.
- Produkzio-prozesutik eratorritako produktu, iturri... arriskutsuak identifikatzea eta tratamenduak ingurumen-araudiaren arabera ezartzea.
- Produkzioan sortutako hondakinak identifikatzea eta hondakinen kudeaketa kontuan hartzea.

Prestakuntzarekin lotutako irteerak:

- Funtsezko lan-eremuetarako prestakuntzak identifikatzea eta garatzea.
- Lanbide jakin batzuen sarbiderako mugak ezartzea langilearen gaikuntzagatiko baimenen arabera.

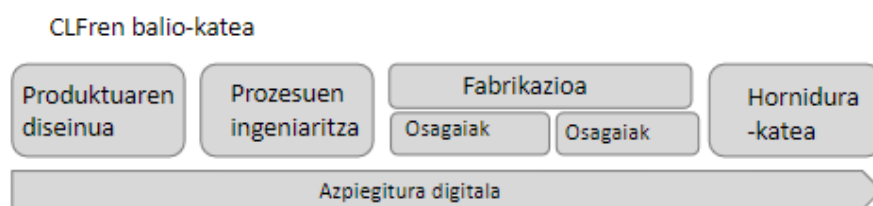
Produkzioaren kudeaketarekin lotutako irteerak:

- Produkzioaren jarraipen osoa eta partziala ezartzea.
- Produkzioa monitorizatzeko denbora-tarte laburrerako kudeaketa-sistema (SIM) ezartzea.
- Segurtasun, kalitate, produkzio eta atzeraelikadurako arazoak, intzidentziak eta/edo istripuak jasotzeko sistema bat ezartzea.
- Jarraipen-adierazleak eta hobekuntza-planak ezartzea.
- Segurtasunari eta osasunari, ingurumenari eta prozesuen kontrolari buruzko auditoriak ezartzea.
- ISO 9001 kalitate-sistema ezartzea.



5. LCAMP-EN ELKARLANEKO IKAS FABRIKAREN ARKITEKTURA

Aurreko kapituluak deskribatutako gidalerroei jarraituz, LCAMPen CLFa sortzeko ezaugarri nagusiak zehazten dira. CLFrako proposatutako balio-kateak lau prozesu hartzen ditu: produktuaren diseinua, prozesuen ingeniariaritzaren, fabrikazioa eta hornidura-katea. Horiek guztiak azpiegitura digitalarekin konektatuta daude (ikus 6. irudia).



6. irudia. CLFren balio-katea

4. atalean lau prozesuak deskribatzen dira eta 5.4 atalean inplementazioa monitorizatzeko proposatutako metrikaren deskribapenarekin osatzen dira.

5.1. PRODUKTUAREN DISEINUA

Atal honen bidez, CLF robotaren deskribapen orokor osatua eta egungoa emango da, CLFren balio-katea eraikitzeko prozesuetako bat, hau da, produktuaren diseinua, sakonetik behatuta. Robotaren ezaugarriak eta funtzioak zehatz-mehatz aztertzen dira, baita bere garapen jasagarria gidatzen duten ekodiseinuaren printzipioak ere. Ondoren, robotaren funtzionamendua eta errendimendua definitzen duten espezifikazio teknikoak buruzko informazio zehatza ematen da, eta, azkenik, robotaren bideragarritasunaren ebaluazioa egiten da (Ziarsolo, Araiztegui, Irazabal, Errasti, & Rupp, 2023).

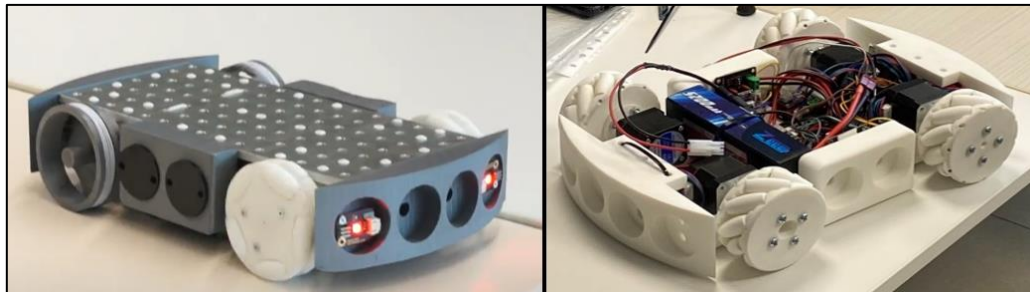
5.1.1. EZAUGARRIAK ETA FUNTZIONALITATEAK

Produktua egokitzat jotzen den robot automatiko bat da (4. kapituluak azalduen, CLF garatzeko beharrezko espezifikazioak betetzen baititu).

Nabarmenezkoa da robotak sentsoak dituela adimendun bihurtzeko, eta komunikatzeko tresnak, elkarlanean aritzeko. Robotak bi plaka nagusi ditu, bata goikoa eta bestea behekoa, txasisa osatzen dutenak. Osagai guztiak, besteak beste bateria-sorta, motorrak eta plaka



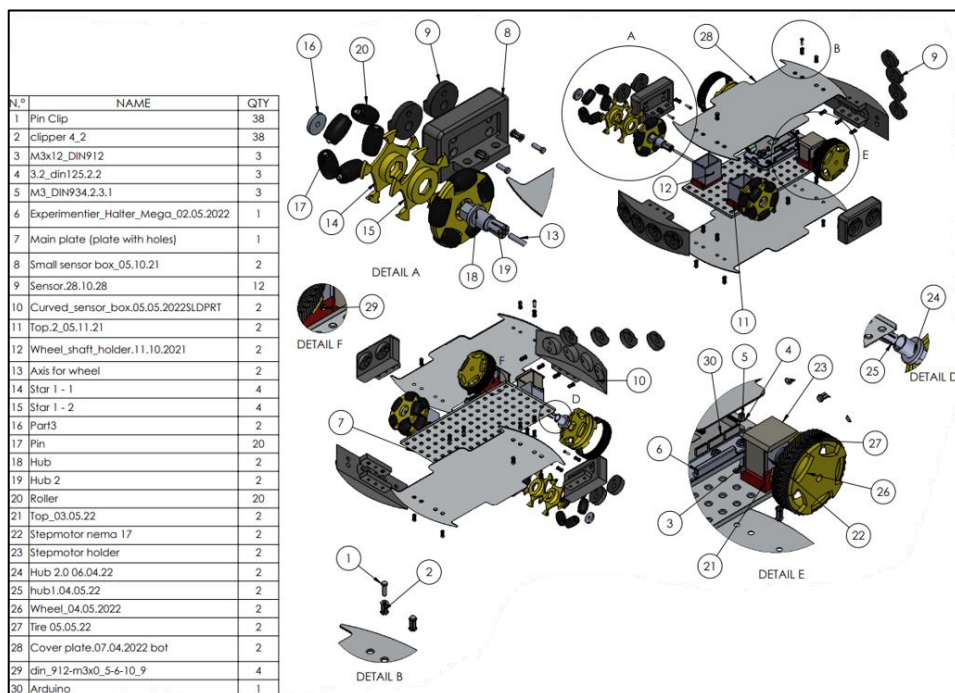
bakarreko ordenagailua (SBC) beheko plakan muntatuko dira. Goiko plakan, berriz, elementu gehigarriak jar daitezke, besteak beste beso robotiko txikiak edo 360 graduko kamerak. Robotaren bi bertsio nagusi daude:



7. irudia. Lehen eta bigarren prototipoak

- Lehenengoak 2 Omni gurpil eta 2 gurpil arrunt ditu, eta bi motor bakarrik ditu bi gurpil arruntetarako, eragingailu diferentzialeko robot gisa jarduteko.
- Bigarrenak 4 Mecanum gurpil ditu, gurpil bakoitzeko motor batekin.

Hainbat erabilera-eremu edo helburutarako sentsore desberdinak txertatzeko aukera dago. Gainera, robotak komunikazio-sistemak ditu datuak trukatzeko eta langilearen aginduak jasotzeko, Bluetooth edo Wi-Fi bidez.



8. irudia. Robotaren lehen bertsioaren ikuspegi xehatua



5.1.2. EKODISEINUA

Ekodiseinua produktu berriak garatzeko prozesuan ingurumen-eskakizunak sartzeko estrategia bat da. Nazio Batuek ezarritako Garapen Jasangarrirako hamazazpi helburuak har ditzake, eta berotegi-efektuko gasen emisioak murrizten eta klima-aldaketa geldiarazten lagun dezake (Schäfer & Löwer, 2020). Ekodiseinua, UNE 150301:2003 arauak adierazi bezala, ikuspegi berri bat da produktuen diseinuan. Produktua diseinatzeko eta garatzeko prozesuaren etapa bakoitzeko ingurumen-inpaktuak kontuan hartzea eskatzen du. Helburua da bizi-ziklo osoan ahalik eta ingurumen-inpaktu txikiena izango duten produktuak sortzea. (Sierra-Pérez 2014).

Ekodiseinuak hiru alderdi garrantzitsu ditu: produktuen diseinuan eta garapenean oinarritzen da, produktuaren bizi-ziklo osoa hartzen du kontuan, eta ingurumen-inpaktu orokorra murriztea du helburu. Ekodiseinuaren ezarpenak erakunde osoari eragiten dio eta pentsamoldea aldatzea eskatzen du, erabili eta botatzeko ondasunak baztertu eta negozio-eredu jasangarriago batera hurbiltzeko (Schäfer & Löwer, 2020).

Hala ere, **produktuaren bizi-zikloan** eragin handiena duten erabakiak diseinu-fasean gertatzen dira. Produktu-sistema baten etapa interkonektatuek, lehengaiak eskuratzetik edo baliabide naturaletatik erauztetik ezabatzeraino, orokorrean, bizi-zikloa deritzona osatzen dute. Bizi-ziklo honek barne hartzen ditu diseinu-fasea, produkzio-fasea, banaketa-fasea, produktuaren erabilera-fasea eta erabileraren azken etapak. CLFren kasu honetan, diseinuaren eta produkzioaren faseak azpimarratu behar dira.

Ekodiseinuaren aurretiazko analisirako tresnarik erabiliena bizi-zikloaren analisia (LCA) da. Energia, material, emisio eta hondakinei buruzko sarrera- eta irteera-datuak biltzean datza, inbentario moduan. Horren ondoren, adierazitako sarrera eta irteera horietan oinarritutako datu-baseak edozein ingurumen-inpaktu potentzial ebaluatzeko eta datuak ekoadierazle bihurtzeko erabiltzen dira, produktuen alternatibak alderatu eta ebaluatzeko tresna gisa.

Gainera, datu-base horiek ordenagailuz lagundutako diseinu-programetan sartu dira, besteak beste 3D Solid Works diseinuan (3D Experience). Horri esker, ereduak diseinu-etapa guztietan dituen ingurumen-ezaugarriak ezagutu daitezke (Sierra-Pérez 2014).

Laburbilduz, CLF honetan fabrikatuko den robotak ekodiseinuan aipatutako baldintzak biltzen ditu eta, beraz, ingurumenaren ikuspegitik aztertu behar da.

Kontuan hartuta diseinu-fasea funtsezkoa dela ingurumen-inpaktua murrizteko, robotak elementu desmontagarriak eta erabili eta botatzekoak ez direnak barne hartzen ditu, muntaketak pieza berberak erabiliz erreproduzitu ahal izateko, produktuari dagokionez alferrik galdu gabe, eta pakete bakar batean pilatu eta bidal daiteke.

Merezi du aipatzea osagai eta kontsumigarri guztiek betetzen dituztela substantzia arriskutsuak murrizteko araudia (ROHS) eta produktu kimikoak erregistratzeko, ebaluatzeko, baimentzeko eta murrizteko araudia (REACH).

CLFk ikasleen prestakuntza eta parte-hartzea sustatu nahi ditu, LCA analisia egiteko helburuz, 3D Experience produktuaren bizi-zikloa kudeatzeko tresnak (PLM) emandako datuetan oinarrituta. Hortik aurrera, ingurumen-inpaktua murrizteko helburuak ezartzen dira. Horretarako, lehenik eta behin, alderdi kutsatzaileenak lehenesten dira eta, jarraian, inpaktu txikiena izan arren, azkar eta ia inbertsiorik gabe irtenbideren bat eman ahal izango zaizkienak.

Halako ikerketek aukera ematen dute sakonagotik ezagutzeko ondokoak xede dituzten teknologia berriak: hondar-materiala eta produkzio-denbora —eta beraz energia-kontsumoa— murriztea eta logistika hobetzea, ekonomia zirkularra barne. Horrek guztiak ekarriko du berotegi-efektuko gasen emisioak murriztea.



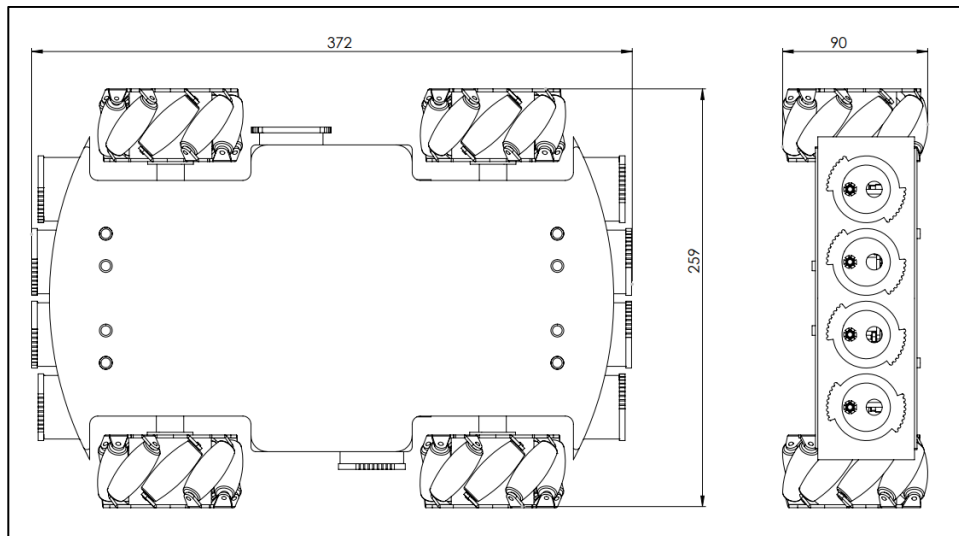
5.1.3. ESPEZIFIKAZIO TEKNIKOAK

Atal honetan, robotaren espezifikazio teknikoen azterketa zehatza egiten da. Espezifikazioak ibilbide-orria dira, produktu baten ezaugarriak, eskakizunak, funtzioak eta itxura deskribatzen dituenak.

Hona hemen robota behar bezala ulertzeko espezifikazio garrantzitsuak:

- **Funtzioa:** Robota era askotako heziketa-funtzioak biltzen dituen baliabide automatiko bat da. Robot honen funtzio nagusia aplikazio eta agertoki aldakor askotara moldakortasunez eta eraginkortasunez egokitzea da. Hori bermatzeko, beharrezkoak dira:
 - Fabrikazio aurreratuaren arloan beharrezkoak diren gaitasunak eta konpetentziak lantzeko eta indartzeko prestakuntza-ingurune ezin hobea eskaintzea.
 - Tamaina egokia izatea hezkuntzako tresnekin eta teknologiarekin lan egiteko. Robota prestakuntza-inguruneetan erabiltzeko moduan diseinatu da. Horrek interakzio praktikoa eta eraginkorra ahalbidetzen du hezkuntzako teknologiarekin, eta prestakuntza-prozesua errazten du fabrikazio aurreratuarekin eta automatizazioarekin lotutako arloetan.
 - Bertsio desberdinak sortzeko modularra izatea. Robotaren osagaiak hainbat modutan munta daitezke, behar espezifikotara egokitutako hainbat bertsio sortzeko aukera emanez. Ondorioz, tresna moldakorra da hainbat arlotan aplikatzeko.
 - Piezak berrerabiltzeko desmuntagarriak izatea. Robota erraz desmuntatu ahal izatea nahitaezkoa da bere osagaiak berrerabiltzeko. Horrek, baliabideak aurrezteaz gain, robota eguneratzea eta mantentzea ere errazten du, bere bitzta baliagarria luzatuz.
 - I4.0. teknologia integratzeko prest egotea. Robot hau I 4.0 teknologiak sartzeko behar den malgutasunarekin diseinatu da. Sentsoreetara, komunikazio-sistemetara eta automatizazio-posizio aurreratuera egokitze duen gaitasunak egungo eta etorkizuneko eskaera teknologikoetarako prestatutako tresna bihurtzen du.
- **Dimentsioak:** Robotaren tamaina 370 mm x 250 mm x 90 mm-koa da gutxi gorabehera, konfigurazioaren arabera. Beraz, nahiko produktu trinkoa da, osagai elektroniko guztiak barnean sartzeko behar adina handia, eta fabrikatutako pieza txikiekin muntatu ahal izateko. Ondorioz, erraztu egiten ditu eskuzko muntaketa elektronikoa eta mekanikoa, baita prozesuaren automatizazioaren aurreikuspena ere.

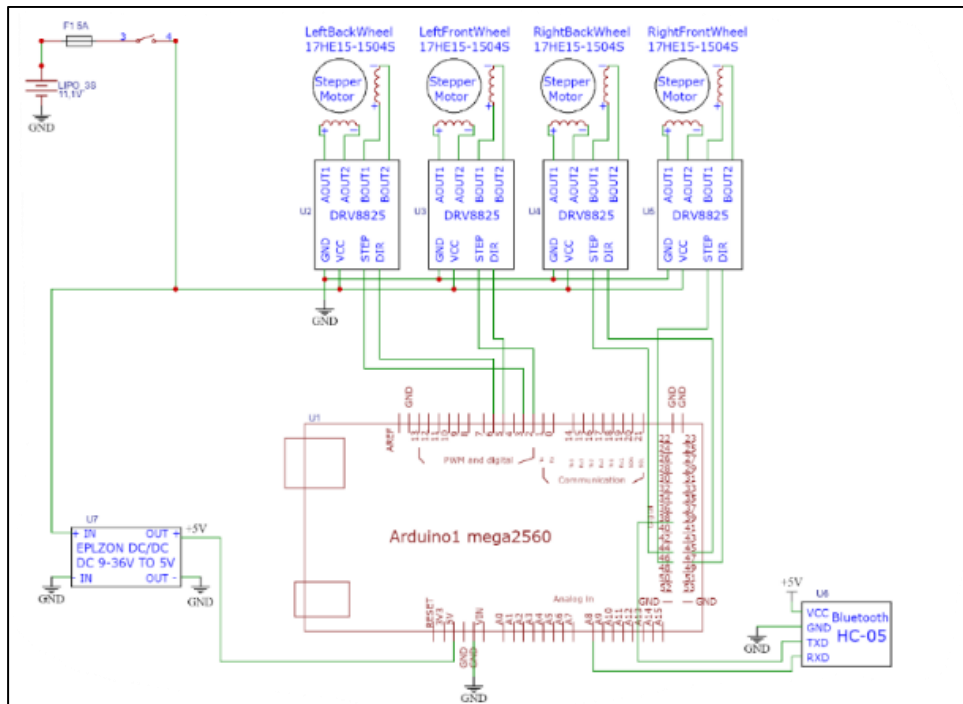




9. irudia. Robotaren bertsio baten neurri orokorrak

- **Mugimenduak:** Mecanum eta Omni gurpilei esker, robota norabide guztietan mugi daiteke (plano horizontalean):
 - Mecanum gurpilak: norabide anitzeko mugimenduetan aldakortasun handiagoa eskaintzen dute, mugimendu diagonalak eta beren ardatzaren inguruko errotazioa barne.
 - Noranzko orotariko gurpilak: aurreko gurpil arruntek eragiten dituzte, eta oso egokiak dira alboetako lekualdaketa arinetarako eta, labainduz, beren ardatzaren inguruan biratzeko.
- **Elikatze-iturria eta zirkuitu elektronikoa:** Robotak hiru gelaxkako LiPo bateria batekin funtzionatzen du, 11,1 V-ko tentsio nominalarekin. Zirkuituan fusible bat gehitzen da sistema elektroniko osoa babesteko. Fusiblearen ondoan etengailu bat dago, elektronika aktibatuta eta desaktibatutako aukera ematen duena. Elektronikaren osagai nagusia mikrokontrolagailua da, zehatzago esanda, Arduino mikrokontrolagailuaren garapen-plaka bat. Zirkuituak gaitasun nahikoa du aurreikusitako sentsoreen seinaleak jasotzeko, eta konexio zabalak eskaintzen ditu motor elektrikoaren potentzia-kontrolagailu guztiak kontrolatzeko. DRV8825 potentzia-kontrolagailuak ditu, urratsez urratseko motorrei eragiteko; eraginkorrak erabiltzen diren 17HE15-1504S urratsez urratseko motorretarako. Gainera, HC-05 Bluetooth (BT) modulua hariarik gabeko komunikaziorako erabiltzen da gailu mugikorrek.





10. irudia. Robotaren diagrama elektrikoa

- **Seinaleak eta kontrola:** Robotaren prototipoa saio-taularen kontrolagailu batek kontrolatzen du (SBC). Arduino UNO R4 mikrokontrolagailuaren garapen-plaka bat erabiltzen da bertsiorik oinarrizkoenerako, eta Arduino Mega 2560 bat kontrol aurreratuago baterako. Oinarrizko bertsioan, SBCa BT (edo Wi-Fi) bidez konektatzen da Smartphone batera, auto telegidatu baten moduan funtzionatzeko, espazioan mugitzeko, noranzko guztietan mugimenduak egin ahal izateko. Autoak 4 sentsore ultrasoniko ere ditu, talkak saihesteko; beraz, honako alderdi hauek hartu behar dira kontuan:
 - Arduino beste edozein erabiltzaile-programa irekiren bidez karga daiteke, eta hainbat sentsore erabil daitezke. Horregatik, robota funtzio anitzekotzat har daiteke.
 - PCaren eta Arduinoren arteko konexioa USB kable baten bidez egiten da. Robotak hargune bat du albo batean, B motako USBa konektatzeko.
 - Robota BT bidez komunikatzen da urrutiko agintearekin – Smartphone. Wi-Fi bidez ere jar daiteke martxan.

Sentsoreen komunikazio-protokolo lehenetsia I2C da. Proban daude hauek ere: Four-wire, SPI, Analog, PWM, IRQ, eta CAN Bus (hainbat aplikaziotarako).

- OPC-UA; Node Red; MQTT komunikazioak are gehiago gara daitezke robotean zeregin aurreratuagoetarako.

Gerora, produktuak teknologia handiagoko robot baterantz izango duen bilakaeran, honako hauek erabiltzea aurreikusten da:

- STM32 Discovery kontrola, micro-ROS erabiliz RTOS libreak
- Raspberry Pi Zero WH edo Pi5 Linux sistemaren gainean ROSeKin
- **Materialak:** Hauek dira produktuaren lehen prototipoan erabilitako materialak:
 - Aluminioa hiru plaketarako.



- Material plastikoa, besteak beste PLA, ABS, nylona edo PETG gainerako osagaietarako.

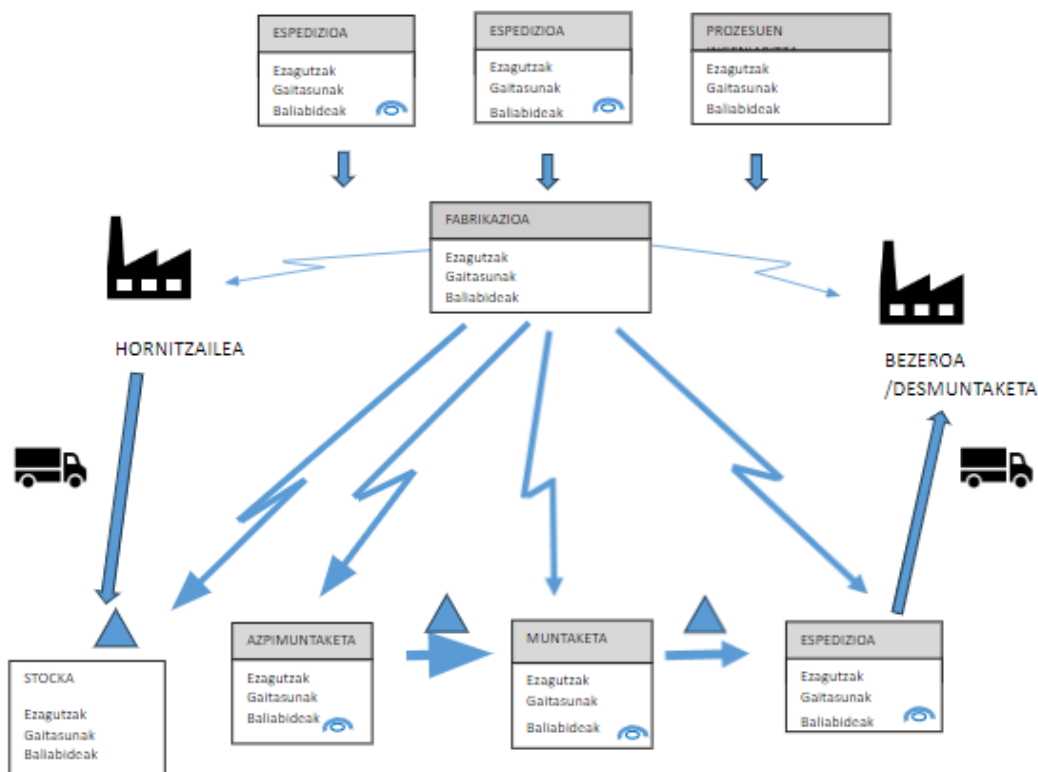
Material berriak erabiliko dira robota eraikitzeko, LCA analisiaren printzipioei jarraituz eta arintasuna mantentzeko, baina betiere sendotasuna galdu gabe.

- **Fabrikazioa eta muntaketa:** Piezen fabrikazioari dagokionez, prozesu nagusiak mekanizazioa eta 3D inprimaketa izango dira. Bestalde, lan-eremu digitalak erabiliko dira muntaketarako. Helburua datuak lortzeko eta ustiatzeko prozesua ahalik eta automatizatuena eta digitalena izatea da (ikus 5.2 atala).
- **Produktuaren dokumentazioa:** Hona hemen roboterako eskatutako dokumentazioa (Cervera, 2018):
 - Diseinuaren txostena
 - Fitxa teknikoa
 - Ingeniaritzako eta fabrikazioko planoak eta egiturak (E-BOM, M-BOM) eta konfigurazio-sistema komertziala
 - Etiketak
 - Instalazio, eragiketa eta mantentze-lanetarako eskuliburuak
 - Fabrikazioaren gidalerroak eta prozesuak

Kontuan izan horiek guztiak diseinu- eta fabrikazio-prozesuen artean lotuta daudela (ikus 4. kapitulua).

5.1.4. EGIAPTAPEN-JARRAIBIDEAK

CLF inplementatzeko alde aurretik bideragarritasuna ere aztertu behar da, hau da, produktua diseinatzeko **ezagutzak, gaitasunak eta baliabideak** identifikatzea eta LF baten inplementazio-prozesu osoa ezagutzea.



11. irudia. Bideragarritasunaren analisia

Lehenik eta behin, eta **produktuaren diseinuari** dagokionez, bideragarritasun-analisan produktua bera diseinatzeko prozesua sartzen da. **Produktua diseinatzeko taldeak** (LCAMP partzuergoko bazkideak) aztertu egin behar du ea badituen beharrezko gaitasunak, ezagutzak eta baliabideak produktua garatzeko, eta, bestela, eskuratu egin beharko ditu. Analisisirako DFMEA (prozesuaren akats eta efektuen analisi modala) tresna erabiltzea gomendatzen da.

Bigarrenik, **LCAMP partzuergoko bazkideek** egingo duten analisiak hauek hartzen ditu barnean: **hornidura-katea eta fabrikazio-prozesua aldeztatik diseinatzeko eta ezartzeko** beharrezkoak diren konpetentziak, ezagutzak eta baliabideak. SWOT (indarguneak, ahuleziak, aukerak eta mehatxuak) tresna baten bidez eta/edo kalitate-funtzioa hedatzeko QFD baten bidez egin daiteke, PFMEA tresna batek amaituta duela barne kalitate-kontrola.

Azkenik, **parte-hartzaileek** (LCAMP partzuergoko bazkideek) beren eskoletan **prestakuntza-ikastaroak garatzea eta ematea** bideragarria den aztertu behar dute. SWOT analisi baten bidez egitea gomendatzen da.

Analisiek CLFren garapenaren indarguneen, ahulezien eta hutsuneen ikuspegi orokorra emango dute. Horrela bideratu ahal izango dira behar diren arloetan ezagutzak eta gaitasunak eskuratzeko ahaleginak, proiektua arrakastaz amaitzeko.

5.2.PRODUKZIO-PROZESUAREN DISEINUA

Aurreko atalean fabrikazioaren oinarri teorikoak eta kontzeptualak azaldu ondoren, kapitulu honetan kontzeptu horiek CLFn duten aplikazio praktikoa deskribatzen da. Fabrikazio-prozesuen inplementazio espezifikoan zentratzen da, beharrezko dokumentu teknikoetan, lanen deskribapen xehatueta eta produkzioan funtsezko eginkizuna betetzen duten azpiegitura digitalean arreta jarrita.

5.2.1. PRODUKZIO-EREMUAREN KONFIGURAZIOA

Atal honetan, LCAMP produktua fabrikatzeko diseinuaren deskribapen orokorra jasotzen da.

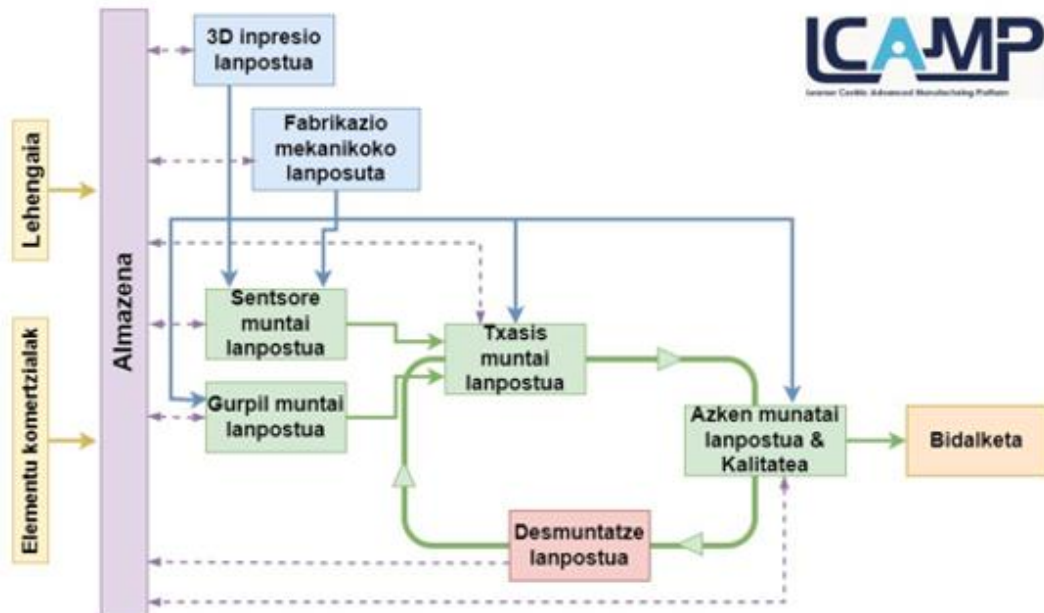
1. Muntaketa-prozesua

LCAMPen CLF diseinuaren hasierako konfigurazioak, produktuaren berezko ezaugarriak kontuan hartuta, lau lan-eremu digital nagusi ditu, eta lan-eremu gehigarri bat sar daiteke etorkizunean ezartzeko (ikus 12. irudia). Lan-eremu horien funtzio nagusia irakatsi eta ikastea da, robotaren fabrikazioa eta kalitate-kontrola egiten den bitartean.

Hasierako bi lan-eremuek, *Sentsoreak muntatzeko lan-eremuak* eta *Gurpilak muntatzeko lan-eremuak*, modu independentean eta aldi berean funtzionatzen dute, bakoitzak dagozkion muntaketa-lanetan jardunez. *Sentsoreak muntatzeko lan-eremua* sentsoreen karkasen barruan sentsoreak instalatzeko erabiltzen da, eta *Gurpilak muntatzeko lan-eremuak* hiru gurpil-mota muntatzen ditu (arrunta, Omni eta Mecanum). Ondoren, hasierako lan-eremu horietan muntatutako osagaiak sistema uhal garraiatzaile zirkular baten bidez garraiatzen dira *Txasisa muntatzeko lan-eremura*, sistema uhal garraiatzaile zirkular baten barruan kokatua, eta bertan egiten da pieza mekanikoen muntaketa sekuentziala txasisaren gainean.

Txasisa muntatzeko lan-eremuan muntaketa mekanikoa amaitu ondoren, txasisa uhal garraiatzailetik doa *Azken muntaketako lan-eremuraino*. Lan-eremu horren ardurua da osagai elektroniko guztiak instalatzea, estalkiak jartzea eta bidali aurretik kalitate-kontrolaren ebaluazio integrala egitea.





12. Irudia. CLF fabrikazio-prozesua

Aipatzekoa da diseinuak aukera ematen duela garraio-sistemaren barruan *Desmuntaketako lan-eremu* bat sartzeko: kalitate-kontrolerako ikuskapenak baztertutako edo bizitza baliagarri operatiboaren ondoren itzultako robotak desmuntatzeko diseinatutako lan-eremua. Desmuntatzeko prozesuaren helburua da egoera onean dauden osagaiak berreskuratzea eta berrerrabiltzea, jasagarritasunaren helburuekin bat etorritik.

Lan-eremuetako bakoitzaren funtzionalitateen banakapen zehatzagoa lortzeko, kontsultatu hurrengo atala. Nabarmendu beharra dago fabrikazio-prozesuak eta lan-eremuen konfigurazioek malguak izan behar dutela, produktuaren balizko birdiseinu edo aldaketetara egokitzeko.

2. Osagaien fabrikazioa

CLF produktuen osagaien produkzio-prozesuak autonomoa izaten jarraituko du, zentro bakoitzean dauden baliabide teknologikoak edozein direla ere. Nabarmentzekoa da zentro bakoitzaren gaitasun teknologikoen lotura estua dutela curriculum-eskaintzarekin eta, ondorioz, eskaintza horretan lantzen diren konpetentziekin. Are gehiago, antzematen denez, zentroetan ez da jarrerarik ikusten teknologian inbertitzeko, eta horregatik baliteke epe luzean funtsezko baliorik ez sortzea. Gainera, zentroen arteko teknologien dibertsifikazioak ezaugarri desberdinak dituzten produktuen espektro zabal bat sortzen du, propietate mekanikoetan, materialetan, koloreetan eta abar.

Parte hartzen duten zentroen berezko ezaugarriak kontuan hartuta, hiru aukera aurreikusten dira osagai horiek eskuratzeko:

- **Fabrikazio mekanikoa:** Lan-eremuek makineria konbentzionala barne har dezakete, CNC makinak barne. Bi makina-motek egin ditzakete lanak, baina gomendagarria da



CNC makinak edo ekipoak erabiltzea, fabrikazioa gauzatzeko sisteman (MES) datuak sartzeko gai direnak. Funtsezkoa da fabrikazio aurreratuaren esparruan balio erantsia emateko helburua kontuan hartzea.

- **Fabrikazio gehigarria:** Lan-eremuak batez ere 3D inprimagailuek osatutakoak izango dira. Hauek desberdinak izango dira inprimatzeko moduaren, materialen, propietate mekanikoen eta beste espezifikazio batzuen arabera.
- **Erosketa:** CLFren barne-fabrikazioko gaitasunen esparrutik kanpo geratzen diren osagaiak erosi behar dira. Testuinguru horretan, bi aukera daude: lehenik eta behin, partzuergoaren barruan beste CLF batzuen osagai jakin batzuk erosteko aukera, eta, bigarrenik, kanpoko hornitzaileen osagai komertzialak lortzeko aukera.

Fabrikatutako osagai bakoitzak gutxienezko inbentario bat izan behar du, ondoren lan-eremua berriro hornitzeko gordailua izan dadin.

3. Biltegia(k)

Fabrikazio mekanikoko prozesu baten barruan, nahitaezkoa da erositako edo fabrikatutako osagai guztiak, lehengaiak eta ekipoak barne, instalazio batean biltegitratzea. Biltegi horrek adimenduna edo eragiketa erdiautomatikoak/automatikoak egiteko gai izan beharko luke, batez ere datuak eskuratzeko, CLFren funtzionaltasun optimoa errazteko. Horretarako, zorrotz diseinatu behar da eraginkortasun operatiboa eta inbentarioaren kudeaketa zehatza bermatzeko. Jarraian, biltegiak bildu behar dituen ezaugarriak adierazten dira.

Diseinua eta banaketa kontuan hartuta, espazioa ahalik eta gehien optimizatu behar da eta biltegitratze-eremuak segmentatzen saiatu behar da, lehengaietarako, erremintetarako, produktu erdibukatuetarako eta amaitutako produktu etarako eremuak bereiziz.

Bestalde, biltegitratze-sistema aztertzerakoan, komeni da produktua identifikatzeko mekanismoak txertatzea, besteak beste barra-kodeak, RFID edo QR kodeak, gutxienez. Horrek aukera emango luke datuak kudeatzeko teknologiak txertatzeko, besteak beste inbentarioak kudeatzeko softwarea edo produkzio-sistemen integrazioa.

Azkenik, alde batetik, prozesua automatizatzeko aukera kontuan hartu behar da, robotika gehituz, sistema robotikoak edo AGVak (ibilgailu autogidatuak) ezarriz, biltegi barruko mugimendua automatizatzeko. Bestalde, sentsoreen eta IoT (Gauzen Internet) gailuen bidez datu-bilketa automatikoa eta sarbide-kontrola ezartzeko aukera ere azter daiteke.

5.2.2. LOTUTAKO LAN-DOKUMENTUAK

Atal honetan, CLFren lan-eremu bakoitzerako lotutako dokumentuak sortzeko txantiloiak deskribatzen dira. Txantiloiak 11.5 eranskinean daude.

Lan-banakapenaren orria (JBS): CLF fabrikatzeko eta muntatzeko erabiltzen den dokumentua da, lan edo proiektu espezifiko batean sartzen diren atazen, urratsen eta erantzukizunen banakapen egituratua emateko. JBS lan estandarraren kontzeptu zabalago baten osagai garrantzitsua da eraginkortasuna hobetzeko.

Honako hauek biltzen ditu:

- Dokumentuaren xehetasunak, dokumentuari buruzko informazioa ematen dutenak, besteak beste prozesuaren deskribapena eta urratsen kopurua.
- Prozesu-sinboloak, ondokoak erakusten dituena: norbera babesteko ekipamendua (EPP), kalitate kritikoaren ikuskapena, work-in-progress (WIP) bolumena eta kalitate-sinboloak.
- Ekipoen zerrenda, CLF muntatzeko behar diren erremintak eta ekipoak erakusten dituena.



- CLF muntatzeko bete behar diren urrats guztiak erakusten dituen, lotutako informazio honekin batera: irudiak, deskribapenak, azalpenak, PPE eta dagozkion azalpenak, eta kalitate-kontrolarenak.

Segurtasun-orria (SS): funtsezko dokumentua da, CLFren prozesuan sartzen diren materialen maneiatze eta erabilera seguruari buruzko informazioa ematen duena. Balio handikoa da langileen segurtasuna eta segurtasun-arauak betetzen direla bermatzeko.

Honako hauek biltzen ditu:

- Dokumentuaren xehetasunak, dokumentuari buruzko informazioa ematen dutenak, besteak beste lan-eremuarena.
- Ohartarazpena, segurtasun-jarraibideak betetzearen garrantziari buruzko laburpen bat eskaintzen duena.
- Segurtasun-jarraibideak, informazio hau ematen dutenak: lanaren urratsak, deskribapena, azalpenak eta norbera babesteko ekipamenduarenak.
- Erabiltzen diren PPEak azaltzeko beharrezko sinboloak.

Prozesuak Kontrolatzeko Plana (PCP): CLF fabrikatzeko eta muntatzeko erabiltzen den dokumentua, xehetasunak biltzen dituena. CLFren produkzioak kalitate- eta errendimendu-estandarrak betetzen dituela bermatzeko erabiltzen da. Kalitatea kudeatzeko eta prozesuak hobetzeko metodologiaren funtsezko osagaietako bat da.

Honako hauek biltzen ditu:

- Dokumentuaren xehetasunak, besteak beste informazio hau ematen dutenak: lan-agindua, produktuaren/lotearen zenbakia, proiektuaren irismena hasiera-datarekin eta amaiera-datarekin, eta urrats-kopurua.
- Prozesuaren urratsak, besteak beste informazio hau ematen dutenak: sentsoreen serie-zenbakia, prozesuak, kalitate-ikuskapena, operadorearen izena eta PPE sinboloak azaltzen dituzten oharra.

Mantentze-lanen orria (MS): tresnekin eta makinekin lotutako mantentze-lanak, konponketak, ikuskapenak eta bestelako zereginak gainbegiratu eta erregistratzeko erabiltzen den dokumentua da. MSren helburua da mantentze-lanak maiztasunez, doitasunez eta ondo dokumentatuta egiten direla bermatzea, eta horrek aktiboen fidagarritasuna, segurtasuna eta errendimendua mantentzen laguntzen du.

Honako hauek biltzen ditu:

- Dokumentuaren xehetasunak, besteak beste MSren helburua eta urratsen kopurua adierazten dutenak.
- Prozesuaren urratsak, mantentze-lanen urratsen irudiak, lanaren deskribapena, lanaren arduraduna, lanaren frekuentzia eta espezifikazioak erakusten dituenak.

Material lagungarria (jarraibideen bideoak, mantentze-lanen bideoak, laguntzako bideoak).

Deskribatutako txantilo guztiak 11.5 eranskinean daude.

5.2.3. GURPILAK MUNTATZEKO LAN-EREMUAREN DESKRIBAPENA

Taula honetan Gurpilak muntatzeko lan-eremuaren ezaugarri nagusiak laburbiltzen dira:

Izena: Gurpilak muntatzeko lan-eremua

Helburu didaktikoa:

1) Konfigurazio fisikoa, ezagutza-arlo hauetara bideratua:

1. Produkzioaren kudeaketa
2. Lean Manufacturing



3. Kalitate-bermea
4. Laguntza-teknologiak
5. Ergonomia
6. Automatizazio-teknologiak
7. Lantoki digitala

2) Erronketan oinarritutako proiektuak, ikasleek antolamendu-alderdiak eta erabakiak hartzeko jarduerak hobe ditzaten.

Deskribapena: Eskuzko muntaketako lan-eremu digitalizatu hau prest dago robotak orain eraman ditzakeen hiru gurpil-motak behar bezala muntatzeko. Laguntza-teknologiak aukerakoak dira, eta aurrerago deskribatuko dira.

Muntatu beharreko produktuaren aldaerak **hiru gurpil-moten** araberakoak ez ezik, muntatzeko erabiliko diren **materialaren** eta **kolorearen** araberakoak dira ere. Muntatzeko hiru gurpil-motak:

- **Omni gurpila (A):** Disko txikiak (arrabolak) dituzten gurpilak zirkunferentziaren inguruan. Biraketa-noranzkoarekiko perpendikularrak dira. Ondorioz, gurpilari indar osoz eragin ahal zaio, eta alboetatik ere erraz labaintzen da.
- **Gurpil arrunta (B):** Forma zilindrikoko gurpil estandarrek, gomarekin kanpoko ertzean, trakzioarako.
- **Mecanum gurpila (C):** Omniren eta Mecanumen arteko alde nagusia hau da, kanpoaldeko ertzean gurpilak zuzenduta dauden noranzkoa. Gurpil nagusiarekiko perpendikularrak izan beharrean, Mecanum gurpilak forma konikoko gurpilez eginak daude, eta 45° ko angeluan daude gurpil nagusitik.

Azpiproduktuaren irudiak:

A) B) C)



Lan-eremuaren konfigurazioaren deskribapena

Ergonomia	Muntaketa mekaniko estandarreko mahaia
Muntaketa-eremua	Lan-bankua, hauekin: taula bat erretiluekin, beharrezko tresnak eta jarraibideetarako euskarria
Tresnak	Aliketak
Neurriak (g.g.)	1 metro koadro. Ebaluazio ergonomikoa egingo da lanpostuaren konfigurazioa ezartzeko
Kaxa-kopurua (g.g.)	Zenbakitutako 10 kaxa (kolorerik gabe) hauetarako: star1-1, star1-2, Part3, Pin, Hub, Hub2, arrabola, gurpilarako ardatza, ardatzaren euskarria, estalkia) Tamaina: 20-10cm Taulan biltegitatuak, muntaketa-ordenaren arabera
Lotutako teknologiak / Joera berriak	Jarraibideak paperean edo errealitate areagotua erabiltzea (kaskoak)

Atazak:

1. Gutxieneko stocka zuzena dela egiaztatzea
2. Mahaia edo aulkia doitzea
3. Beharrezko tresnak eramatea
4. Jarraibideak kontsultatzea (aldaeraren arabera)
5. AR kaskoak erabiltzea jarraibideak ikusteko
6. Piezak jarraibideen arabera muntatzea
7. Kalitatea egiaztatzea
8. Azken muntaketa irteera-kaxan jartzea

Lotutako dokumentuak:

1. Fabrikazio-agindua(k)
2. Muntaketa-jarraibideak, lan-banakapenaren orria
 - a. Omni gurpilaren muntaketa
 - b. Gurpil arruntaren muntaketa
 - c. Mecanum gurpilaren muntaketa



3. Kalitate-jarraibideen prozesuaren kontrol-plana
4. Mantentze-estandarra
5. Segurtasun-orria
6. Material lagungarria (jarraibideen bideoak, mantentze-lanen bideoak, laguntzako bideoak)
7. Materialen zerrenda
8. Planoak

5.2.4. TXASISA MUNTATZEKO LAN-EREMUAREN DESKRIBAPENA

Taula honetan Txasisa muntatzeko lan-eremuaren ezaugarri nagusiak laburbiltzen dira:

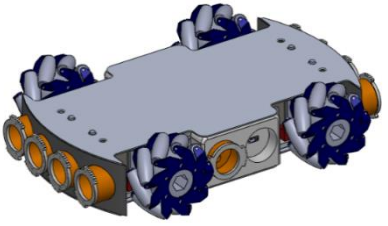
Izena: Txasisa muntatzeko lan-eremua	
<p>Helburu didaktikoa:</p> <p>1) Konfigurazio fisikoa, ezagutza-arlo hauetara bideratua:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Produkzioaren kudeaketa 2. Lean Manufacturing 3. Kalitate-bermea 4. Laguntza-teknologiak 5. Ergonomia 6. Automatizazio-teknologiak 7. Lantoki digitala <p>2) Erronketan oinarritutako proiektuak, ikasleek antolamendu-alderdiak eta erabakiak hartzeko jarduerak hobe ditzaten.</p>	
<p>Deskribapena: Eskuzko muntaketako lan-eremu digitalizatu hau robotaren pieza mekanikoen muntaketa doa hobetzeko konfiguratuta dago. Munta daitezkeen produktu-moten artean hiru gurpil-mota, robotaren gorputz nagusian jarriko den sentsore-kaxa bat, urratsez urratseko motorrerako euskarri bat, eta gorputz nagusian muntatuko diren beste material batzuk daude.</p>	<p>Azpiproduktuaren irudia:</p> 
Lan-eremuaren konfigurazioaren deskribapena	
Ergonomia	Muntaketa mekaniko estandarreko mahaia
Muntaketa-eremua	Muntaketa-mahaia, beharrezko erremintekin eta jarraibideetarako euskarri batekin
Neurriak (g.g.)	Bi metro zabal, metro bat altu, metro bat sakon
Kaxa-kopurua (g.g.)	12 kaxa, honako hauek barne: plaka nagusia, gurpila, urratsez urratseko motorraren euskarria, sentsore-kaxa kurbatua, sentsore-kaxa txikia, goiko estalki-plaka, Nema 17 urratsez urratseko motorra, kliperra, abatza, sentsoreak, txartel elektronikoak, etab.
Lotutako teknologiak	Jarraibideak paperean edo errealitate areagotua erabiltzea (kaskoak)
<p>Atzak:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Gutxieneko stocka egokia den egiaztatzea 2. Behar diren tresnak biltzea 3. Argibideak kontsultatzea (aldaeraren arabera) 4. Piezak jarraibideen arabera muntatzea. 5. Urrats bakoitzean kalitate-kontrola egitea 6. Muntatu ondoren, produktuaren funtzionaltasuna probatu eta egiaztatzea 7. Amaierako muntaketa irteera-kaxan jartzea 8. Lan-eremua hurrengo muntaketarako prestatzea 	



9. Etengabeko hobekuntzak egitea lan-eremuaren eraginkortasuna handitzeko
Lotutako dokumentuak: <ol style="list-style-type: none"> 1. Fabrikazio-agindua(k) 2. Muntaketa-jarraibideak 3. Muntatu beharreko piezen marrazketa teknikoko dokumentuak 4. Muntaketa-sekuentziaren jarraibideak 5. Kalitate-jarraibideak 6. Mantentze-estandarra 7. Material lagungarria (jarraibideen bideoak, mantentze-lanen bideoak, laguntzako bideoak)

5.2.5. AZKEN MUNTAKETAKO LAN-EREMUAREN DESKRIBAPENA

Taula honetan Azken muntaketako lan-eremuaren ezaugarri nagusiak laburbiltzen dira:

Izena: Azken muntaketako lan-eremua	
Helburu didaktikoa: <ol style="list-style-type: none"> 1) Konfigurazio fisikoa, ezagutza-arlo hauetara bideratua: <ol style="list-style-type: none"> 1. Produkzioaren kudeaketa 2. Lean Manufacturing 3. Kalitate-bermea 4. Laguntza-teknologiak 5. Ergonomia 6. Robotika eta automatizazio teknologiak 7. Lantoki digitala 2) Erronketan oinarritutako proiektuak, ikasleek antolamendu-alderdiak eta erabakiak hartzeko jarduerak hobe ditzaten 	
Deskribapena: Osagai elektronikoak eta kableak eskuz muntatzea laguntza-teknologiekin (aukerakoa) Azken produktuaren proba	
Lan-eremuaren konfigurazioaren deskribapena	
Ergonomia	Ebaluazio ergonomikoa egingo da lanpostuen konfigurazioa ezartzeko
Lan-eremua	2 ataletan banatua: <ul style="list-style-type: none"> • Muntaketa-eremua: elektronika eta txasisa muntatzeko prozesua • Proba-eremua: robota baliozkotzeko ebaluazioak
Muntaketa-eremua:	Lan-bankua, hauekin: taula bat erretiluekin, beharrezko tresnak eta jarraibideetarako euskarria. Materialak bi kategoriatan antolatzen dira: hormako materialak eta mahaiko materialak.
Neurriak (g.g.)	1 metro koadro
Tresnak	Bihurkina, soldatzailea, guraizeak
Proba-eremua:	Robota altxatzeko euskarria
Neurriak (g.g.)	1 metro koadro
Proba-ekipoa	Multimetroa, osziloskopioa, 12 V-ko elikatze-iturria



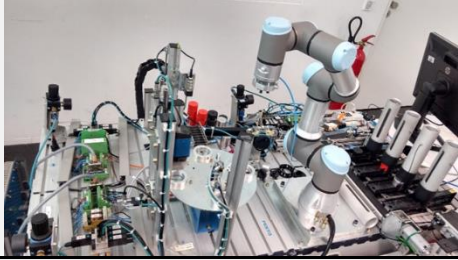
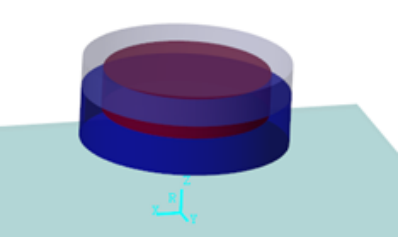
	Ordenagailua, Arduino Workbench (edo ST-Studio) eta BT gailuarekin
Kaxa-kopurua (koloreak, tamainak etab.) eta planoak	<p>Hormetako materialak (elementu arinak eta ez hauskorrak)</p> <p>20-10 cm-ko 12 kaxa zenbakitu, hauetarako:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kableak • Erresistentziak • Kondentsadoreak • Etengailuak • Terminalak • Bluetooth HC-05 modulua • I2C multiplexorea • DRV8825 txipa <p>Mahaiko materialak (material astunagoak, mekanikoak eta hauskorrak)</p> <p>20-40 cm-ko 6 kutxa zenbakidun, hauetarako:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bateriak • Arduino • Sentsore ultrasonikoak <p>Guztia muntaketa-ordenaren arabera biltegituta</p>
Lotutako teknologiak / Joera berriak	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lan-jarraibide digitalak 2. AR 3. RFID/Barcode/QR <p>Aukera gehiago: pick-to-light teknologia, robotak, ibilgailu autogidatuak, eta manipuladoreak, mugimenduaren monitorizazioa</p>
Atazak:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Gutxieneko stocka egokia den egiaztatzea 2. Mahaia edo aulkia doitzea 3. Behar diren tresnak egokiak diren egiaztatzea 4. Argibideak kontsultatzea (aldaeraren arabera) 5. AR kaskoak erabiltzea jarraibideak ikusteko 6. Sistema elektronikoak jarraibideen arabera muntatzea 7. Produktuaren kalitatea egiaztatzea 8. Azken muntaketa irteera-kaxan jartzea 	
Lotutako dokumentuak:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Fabrikazio-agindua(k) 2. Muntaketa-jarraibideak, lan-banakapenaren orria 3. Kalitate-jarraibideen prozesuaren kontrol-plana 4. Mantentze-estandarra 5. Segurtasun-orria 6. Material lagungarria (jarraibideen bideoak, mantentze-lanen bideoak, laguntzako bideoak) 7. Materialen zerrenda 8. Planoak 	

5.2.6. SENTSORE-KUTXAREN ATALEKO LAN-EREMUAREN DESKRIBAPENA

Taula honetan Sentsore-kutxaren ataleko lan-eremuaren ezaugarri nagusiak laburbiltzen dira:

Izena: Sentsoreak muntatzeko lan-eremua



<p>Helburu didaktikoa:</p> <p>1) Konfigurazio fisikoa, ezagutza-arlo hauetara bideratua:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Produkzioaren kudeaketa 2. Lean Manufacturing 3. Kalitatearen kudeaketa 4. Mantentze prediktiboa 5. Robotika eta automatizazio teknologiak 6. Lantoki digitala (I4.0) 7. Sentsore-sistemak eta proba-ekipoak 	
<p>Deskribapena:</p> <p>Sentsoreen osagaiak eta kableak automatikoki muntatzea laguntza-teknologiek (aukerakoa).</p> <p>Sentsore-muntaketaren probak</p>	
<p>Lan-eremuaren konfigurazioaren deskribapena</p>	
<p>Neurriak (g.g.)</p>	<p>6m²</p>
<p>Lan-eremua</p>	<p>Eredu didaktikoen multzoa, ataza modu automatizatu sekuentzian garatzeko:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Eskaeraren arabera, sentsoreetarako piezen zerrenda bat sortzen da. 2. Eskaera espezifikorako tresnak muntaketa-atalean konfiguratu dira. 3. Kable-diagrama bat sortzen da, ikastaro batean edo automatikoki. 4. MPSrako muntaketa-sekuentzia bat sortzen da. Sekuentzia horretatik abiatuta konfiguratu dira PLCren eta robotaren programak. 5. Muntaketako lan-eremuko biltegiak pieza sekuentziatuen bidez prestatzen dira.
<p>Sentsorearen muntaketa-sekuentzia:</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sentsorearen osagai bakoitzak oinarritzako osagai bat, sentsorearen PCB bat eta goiko osagai bat ditu.  <ol style="list-style-type: none"> 2. Sentsorearen osagai bakoitza lau sentsore-kutxetako batera konektatu da. 3. Muntatu ondoren, sentsore-kutxak proba- eta kalibratze-sistema batera transferitzen dira.
<p>Sentsore-moduluak:</p>	<p>HC-SR04an oinarritutako sentsore ultrasonikoa</p> <p>BME280n oinarritutako ingurumen-sentsorea</p> <p>Cam sentsorea</p> <p>Puntu bakarreko Lidar sentsorea</p>
<p>Modulu eragileak:</p>	<p>Argi-modulua power-LED zuriekin eta Led RGBrekin</p> <p>Elikadura-etengailuaren osagaia, elikadura-etengailuarekin eta egoeraren LEDarekin</p> <p>USB konektorea eta bateria-kargagailua</p>



	Soinu-modulua bozgorailuarekin eta anplifikadorearekin
Lotutako teknologiak / Joera berriak	MES, konfigurazioaren kudeaketa, identifikazioa (RFID, Data Matrix-Code), automatizazioa eta robotika, SCADA sistema, datuak atzitzeko eta kalibratzeko sistema, komunikazio industrialak
Lotutako dokumentuak:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Produktuaren sentsorearen konfigurazioa(k) 2. Muntaketa-jarraibideak, lan-banakapenaren orria 3. Kalitate-jarraibideen prozesuaren kontrol-plana 4. Ataleko eragiketa-eskuliburua 5. Mantentze-estandarra 6. Segurtasun-orria 7. Material lagungarria (jarraibideen bideoak, mantentze-lanen bideoak, laguntzako bideoak) 8. Materialen zerrenda 9. Planoak 	

5.2.7. BILTEGIKO LAN-EREMUAREN DESKRIBAPENA

Taula honetan Biltegi lan-eremuaren ezaugarri nagusiak laburbiltzen dira:

Izena: Biltegia	
Helburu didaktikoa:	
<ol style="list-style-type: none"> 1) Konfigurazio fisikoa, ezagutza-arlo hauetara bideratua: <ol style="list-style-type: none"> 1. Produkzioaren kudeaketa 2. Lean Manufacturing 3. Kalitate-bermea 4. Laguntza-teknologiak 5. Ergonomia 6. Automatizazio-teknologiak 2) Erronketan oinarritutako proiektuak, ikasleek antolamendu-alderdiak eta erabakiak hartzeko jarduerak hobe ditzaten 	
Deskribapena: Biltegi erdiautomatiko edo automatizatu. Bertan biltzen dira datuak eta biltegitzen dira lehengaiak, piezak edo erdi-muntaketak eta amaitutako produktuak. Stock-fluxua erregulatzeko gunea da.	
Lan-eremuaren konfigurazioaren deskribapena	
Ergonomia	Mugimendua eta pisua ebaluatzeko elementuak; mugimenduen segurtasuna eta estandarrak betetzea; higiene-arauak; jarduerara egokitutako zakarrontziak; biltzeko ekipo ergonomikoak; espazioa optimizatzea eta leku gehiago izateko apalategiak; biltegiaren barruko espazio modularrak; enbalaje segurua; argiztapen ona; ekipo pertsonala eta funtsezko segurtasun-ekipoa
Tresnak	Cutterra, zinta itsasgarriaren euskarria automatikoa, baskula, erroilu-euskarriak eta film elastikorako euskarriak, uhal-tenkagailua eta segurtasun-topea, besteak beste
Neurriak (g.g.)	20 metro koadro inguru
Kaxa-kopurua (g.g.)	Kaxa-kopurua fabrikazioko lan-eremuen motaren arabera izango da, material desberdinak izango baitira, eta muntaketako lan-eremuen kopuruaren arabera, azpiproduktuak askotarikoak direlako
Lotutako teknologiak / Joera berriak	ERP, biltegia kudeatzeko sistema, RFID, QR, barra-kodea, automatizazioa eta robotika, datuak atzitzeko sistema, materialak manipulatzeko teknologiak
Atzak: (lan-eremu honetan langileak burutzen dituen atazen zerrenda)	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Gaiak jasotzea, biltegitratzea eta biltegitik bidaltzea 2. Gaiak deskargatzea eta sailkatzea 3. Produktuaren kalitate-kontrola egitea eta eskaerak gainbegiratzea 4. Produktuak dagokien lekuan jartzea, biltegiaren barruan 	



<ol style="list-style-type: none"> 5. Stockaren mailak egiaztatzea eta gaien stocka berriz hornitzea 6. Eskaera prestatzea 7. Eskaeren bidalketa antolatzea
<p>Lotutako dokumentuak:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Erosketa-agindua (enpresak emana eta hornitzaileari bidalia) 2. Jaulkitako eskaeren erregistro osoa 3. Gaien eskaera-orria (biltegien artean edo enpresako atalen artean) 4. Emate-agiria (gaiarekin batera jasotako dokumentua) 5. Harrera-orria (biltegian jasotako eskaerak eta gaiak erregistratzeko barne-dokumentua) 6. Mantentze-estandarra 7. Segurtasun-orria 8. Material lagungarria (jarraibideen bideoak, mantentze-lanen bideoak, laguntzako bideoak)

5.2.8. OSAGAIEN MEKANIZAZIOKO LAN-EREMUAREN DESKRIBAPENA

Taula honetan Osagaien mekanizazioko lan-eremuaren ezaugarri nagusiak laburbiltzen dira:

Izena: Mekanizazioko lan-eremua	
Helburu didaktikoa:	
<ol style="list-style-type: none"> 1) Konfigurazio fisikoa, ezagutza-arlo hauetara bideratua: <ol style="list-style-type: none"> 1. Fabrikazio adimenduna 2. Produkzioaren kudeaketa 3. Lean Manufacturing 4. Kalitate-bermea 5. Laguntza-teknologiak 6. Ergonomia 7. Automatizazio-teknologiak 2) Erronketan oinarritutako proiektuak, ikasleek antolamendu-alderdiak eta erabakiak hartzeko jarduerak hobe ditzaten 	
<p>Deskribapena: Mekanizazioko lan-eremuak makina-erreminta balioaniztunak dira. Txirbil-harroketa bidez funtzionatzen dute eta metalezko pieza beraren gainean hainbat eragiketa egiten dituzte (torneaketa, fresaketa, zulaketa, etab.). Operadoreak automatikoki kontrolatzen du makina eta monitorizatzen du piezen produkzioa, aurrez ezarritako programa baten arabera, mekanizazioaren datuak zenbakizko kontrolean sartuta. Hemen hainbat pieza ekoiztuko dira.</p>	<p>Azpiproduktuaren irudia (pieza baten adibidea):</p> 
Lan-eremuaren konfigurazioaren deskribapena	
Ergonomia	<p>Azken arriskua lan egiten den makina-motaren arabera izango da. Hauek dira aztertu beharreko alderdiak:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Jarrera: operadoreak gorputzaren alde berarekin egiten dituen mugimendu-mota guztiak • Maiztasuna: operadoreak gorputzaren alde berarekin egiten dituen mugimenduen kopurua, jarrera berean • Esfertzua: operadoreak gorputzaren alde berarekin eta jarrera berean mugimendu bat egitean jasaten duen pisua
Tresnak	<p>Behar diren tresnak makina-motaren arabera izango dira. Hala ere, talde hauek identifika daitezke:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Konfigurazio-tresnak • Ebakitzeko tresnak • Neurketa- eta kontrol-tresnak



Neurriak (g.g.)	6 metro koadro inguru
Kaxa-kopurua (g.g.)	Makina jakin batean fabrikatu beharreko piezen arabera. Gutxi gorabehera 3 kaxa produkzio-agindu bakoitzeko
Lotutako teknologiak / Joera berriak	HMI pantailak produkzioari buruzko informazioa erakusteko, RFID irakurgailuak erabiltzaileen erregistrorako eta MES sistemak, nabarmentzekoen artean
Atazak:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Pieza ekoizteko lan-eremua prestatzea, produkzio-sailak emandako datuen arabera 2. Lehengaia prestatzea 3. Behar diren tresnak aukeratzea 4. Mekanizazio-eragiketak egitea eta gainbegiratzea 5. Piezek produkzio-aginduen espezifikazio teknikoetan adierazitako kalitate-mailak betetzen dituztela ziurtatzea 	
Lotutako dokumentuak:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Fabrikazio-agindua(k) 2. Lan-banakapenaren orria 3. Kalitate-jarraibideen prozesuaren kontrol-plana 4. Mantentze-estandarra 5. Segurtasun-orria 6. Material lagungarria (jarraibideen bideoak, mantentze-lanen bideoak, laguntzako bideoak) 7. Materialen zerrenda 8. Planoak 	

5.2.9. 3D INPRIMAKETAKO LAN-EREMUAREN DESKRIBAPENA

Taula honetan 3D inprimaketako lan-eremuaren ezaugarri nagusiak laburbiltzen dira:

Izena: 3D inprimaketako lan-eremua	
Helburu didaktikoa:	
<ol style="list-style-type: none"> 1) Konfigurazio fisikoa, ezagutza-arlo hauetara bideratua: <ol style="list-style-type: none"> 1. Fabrikazio adimenduna 2. Produkzioaren kudeaketa 3. Lean Manufacturing 4. Kalitate-bermea 5. Laguntza-teknologiak 6. Ergonomia 7. Automatizazio-teknologiak 2) Erronketan oinarritutako proiektuak, ikasleek antolamendu-alderdiak eta erabakiak hartzeko jarduerak hobe ditzaten 	
<p>Deskribapena: 3D inprimaketa fabrikazio gehigarriko prozesu bat da. Bertan, objektuak sortzen dira geruzen segida baten bidez. Geruza horiek gainjarri egiten dira nahi den pieza lortu arte. Fabrikazio-mota honetan gehien erabiltzen diren materialak nahaste termoplastikoak dira, baina beste material-mota batzuk ere erabil daitezke.</p> <p>Prozesu honen abantailen artean daude hondakinak murriztea, piezak pertsonalizatzea eta pisua gutxiagotzea.</p>	<p>Azpiproduktuaren irudia (pieza baten adibidea):</p> 
Lan-eremuaren konfigurazioaren deskribapena:	



Ergonomia	Azken arriskua lan egiten den makina-motaren arabera izango da. Hauek dira aztertu beharreko alderdiak: <ul style="list-style-type: none"> • Jarrera: operadoreak gorputzaren alde berarekin egiten dituen mugimendu-mota guztiak • Maiztasuna: operadoreak gorputzaren alde berarekin egiten dituen mugimenduen kopurua, jarrera berean • Esfortzua: operadoreak gorputzaren alde berarekin eta jarrera berean mugimendu bat egitean jasaten duen pisua
Tresnak	Behar diren tresnak makina-motaren arabera izango dira. Hala ere, talde hauek identifika daitezke: <ul style="list-style-type: none"> • Konfigurazio-tresnak: zinta itsasgarria, alkohola, aliketak, etab.. • Neurketa- eta kontrol-tresnak
Neurriak (g.g.)	2 metro koadro inguru
Kaxa-kopurua (g.g.)	Makina horretan egin beharreko piezen arabera
Lotutako teknologiak / Joera berriak	RFID irakurgailuak erabiltzaileen erregistrorako eta MES sistemarako
Atazak: <ol style="list-style-type: none"> 1. STL formatuan egingo den artxiboa inportatzea 2. Artxiboa laminazio-programa batekin irekitzea 3. Artxiboa G-code luzapenarekin esportatzea 4. Artxiboa 3D inprimagailuan kargatzea 5. Pieza jasotzea eta, hala badagokio, post-prozesatzea 	
Lotutako dokumentuak: <ol style="list-style-type: none"> 1. Fabrikazio-agindua(k) 2. Lan-banakapenaren orria 3. Kalitate-jarraibideen prozesuaren kontrol-plana 4. Mantentze-estandarra 5. Segurtasun-orria 6. Material lagungarria (jarraibideen bideoak, mantentze-lanen bideoak, laguntzako bideoak) 7. Materialen zerrenda 8. Planoak 	

5.2.10. 4.0 INDUSTRIAREN TEKNOLOGIAK

Atal honetan, CLFn sartzen diren teknologien azterketa bat erakusten da. Proiektuaren hasiera-data 2024ko ekaina izango da; une erabakigarria LCAMPen garapenean, CLFren lehen prototipoak osorik muntatuta daudenean. Amaiera-data, berriz, 2026ko ekaina izango da; orduan espero da proiekturako ezarritako helburuak lortzea, I4.0 teknologiak CLFn integratzea barne.

Hau ez da teknologien ausazko aukeraketa bat; gehikuntza bakoitza ondo zehaztutako helburu batekin egin da. Prestakuntzarako ezagutza-arloen planak, menderatzen diren egungo teknologiek, CLFren prozesuen diseinuak eta, jakina, testuinguru horretan sortuko den produktuak hau izango dute ardatz: robota. Atal honetan, hastapen-fase honetarako aukeratutako teknologiak aztertuko dira, eta etorkizunean CLFren arrakasta lortzen lagunduko duten gehikuntzak proposatuko dira.

Abiapuntua 2024ko ekainean

- Laguntza-teknologiak: lan-eremu digitala
- RFID, QR, barra-kodea



- AR
- COBOTS
- PLM
- MES
- Biki digitala
- Sare-teknologiak/lankidetzaren birtualeko teknologiak
- Sentsoreen teknologiak
- Erabilera-kontrola
- Datuen analisia

Etorkizuneko garapenak

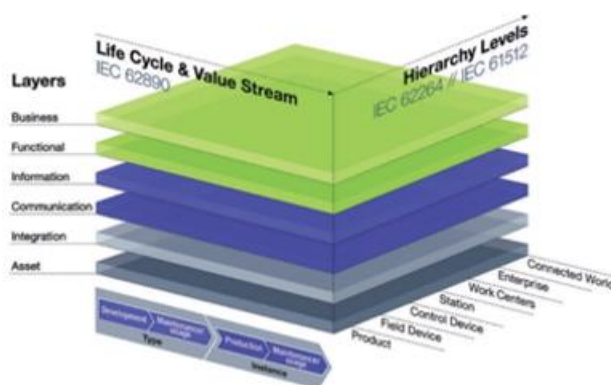
Datozen 2 urteetan, proiektuaren ibilbidearen amaiera 2026ko ekainerako finkatuta dagoenez, etorkizuneko garapenen zerrenda bat sartuko da.

- Teknologiaren integrazioa produktuan (ROS sistema eragile robotikoa, sentsore estrak, sentsore fusioarekin eta SLAM)
- Ingurumen-inpaktua murrizteko teknologiak
- Bizi-zikloaren ebaluazioa (LCA)
- Exoeskeletoa
- Ikusmen artifiziala
- AGV ibilgailu autogidatuak
- Alren integrazioa

5.3. AZPIEGITURA DIGITALA

RAM I4.0 ereduaren arabera (Plattform Industrie 4.0, 2018), ohiko hiru maila daude CLFn.

4.0 industria eredu arkitekurala (RAMI 4.0)



13. irudia. 4.0 industria eredu arkitekurala. Iturria: Plattform Industrie 4.0

Erakundeak funtsezko hiru mailatan jarduten du: maila teknikoak, baliabideez eta integrazio fisikoaz arduratzen dena; maila operatiboa, komunikaziora eta informaziora bideratua; eta kudeaketaren maila, kudeaketa funtzionala eta negozioarekin lotutako atazak lehenesten dituenak.



Kudeaketaren maila

Nazioarteko negozio digitalak
Bikaintasun operatiboa



Maila operatiboa

Lean kudeaketa, produkzioaren agindua
MES sistema, hornidura-katea, bizi-zikloaren kudeaketa



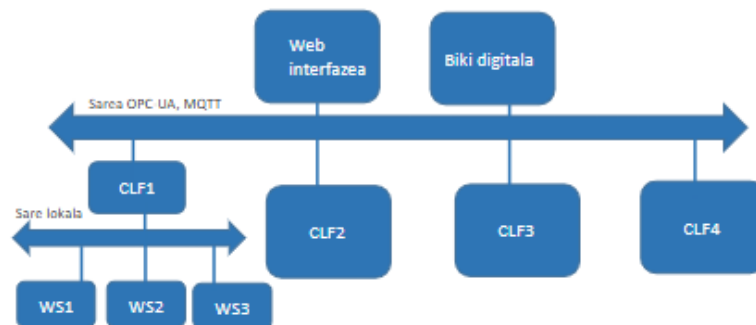
Maila teknikoa

Komunikazio industrialia, plataforma
muntaketa-lerroa, automatizazioa, produktua



14. irudia. Mailak RAM Industry 4.0 ereduaren arabera

Funtsezko hiru maila horiek modu independentean definitu daitezke, eta bakoitzak funtzio espezifikoak betetzen ditu erakundearen barruan. Maila teknikoak hainbat herrialdetan banatutako taldeak inplikatzeko, aktiboekin eta integrazio fisikoarekin lotutako zereginak gauzatzeko ahalbidetzen ditu. Maila operatiboan, jarduerak modu sinkronikoan edo asinkronikoan egin daitezke, benetako fabrika eta haren bizi digitala erabiliz, MES sistemaren bidez konektatuta. Kudeaketa-jarduerak, bestalde, gunean bertan edo modu asinkronikoan egin daitezke, CLFk bideratuta. Prestakuntza-ikastaroak horren arabera egituratuta daude, eta gehienak maila teknikoarekin lerrokatuta daude, EQF 3-5en barruan. Ikastaro batzuk maila operatibora zuzenduta daude (EQF 5 eta 6), eta beste batzuk, berriz, EQF 6 kudeaketa-mailarako daude zehazki diseinatuta.



15. irudia. CLFren MES sistema

MES sistemak lotune nagusi gisa balio du; tokiko CLF guztiak lotzen ditu. Bizi digitaletan benetako fabrikaren konektagarritasuna simulatzen dute, eta mundu errealeko eragiketen oso antzera funtzionatzen dute. Gainera, LF birtual batek azpilantegi batean tokiko hainbat lan-eremu finkatzeko gaitasuna du, eta horrek hobetu egiten ditu eraginkortasun operatiboa eta koordinazioa.



5.3.1. CLFREN BIKI DIGITALA

CLFrako biki digitalak sortzeak malgutasun eta irisgarritasun handiagoa ematen du hainbat prestakuntza-jardueratarako. Simulazio-teknologia aprobetxatuz, bereziki Simumatik erakunde elkartuak eskainitakoa (Simumatik, 2020), biki digital horiek doitasunez erreproduzitu dituzte bai funtzionaltasun mekatronikoa, bai homologo fisikoen itxura. Simulazio digital horri esker, ikasleek eta hezitzaileek lan birtualak egin ditzakete, eta horrela ekipo fisikoak soilik erabiltzeari utzi. Ondorioz, CLFn oinarritutako prestakuntzarako normalean behar diren materialekin, ekipoekin eta espazioarekin lotutako kostuak nabarmen murriztu dira. Irudikapen digitalerako trantsizio horrek aurrezpen esanguratsuak ekarriko ditu eta, aldi berean, prestakuntza-aukerak zabalduko ditu.

Produktzio-lerro birtualak, orain aurretiazko definizio-fasean, azpi lan-eremu bihurtuko dira digitalki. Azpi lan-eremu bakoitzak bere PLCa izango du. Sarrerak eta irteerak elkarri konektatuta egongo dira esleipen desberdinak dituzten I/O txarteekin, mapping argiak erakutsiz. Ikuspegi estrategiko horri esker, erabiltzaileek aurrez definitutako fabrikazio-etapen arabera erabil dezakete sistema, edo berriz konfiguratu, gaiak sekuentzia pertsonalizatu batean ekoizteko, edo gai desberdin bat ekoizteko. Azpi lan-eremuak eskuzko lan-eremuak izan daitezke, laguntza-teknologiekin erabiltzekoak, besteak beste VR, edo guztiz automatizatuak, makinekin eta robotekin erabiltzekoak.

PLC estandarizatu bat integratuko da sistemetan, MES barne. Integrazio horrek eraginkortasun orokorra eta fabrikazio-prozesuaren koordinazioa indartuko ditu.

Biki digitalen produktzio-lerro horien abantaila nagusia LHko hainbat zentroren arteko lankidetzaren sustatzeko duten gaitasuna da. Eskualde batean edo herrialde batean egon daitekeen produktzio-lerro batekin, erabiltzaileek urrutitik gainbegiratu eta kudeatu ditzakete eragiketak beren ordenagailuetatik. Horrek, fabrikazio-etapen ulermena hobetzeaz gain, fabrikazio-soluzioen aukera zabalaren aurrean jartzen ditu erabiltzaileak. Urrutiko irisgarritasun horrek horizonteak zabaltzen ditu, robotaren produktzio-prozesua eta fabrikazio-metodologiak hobeto uler daitezzen.

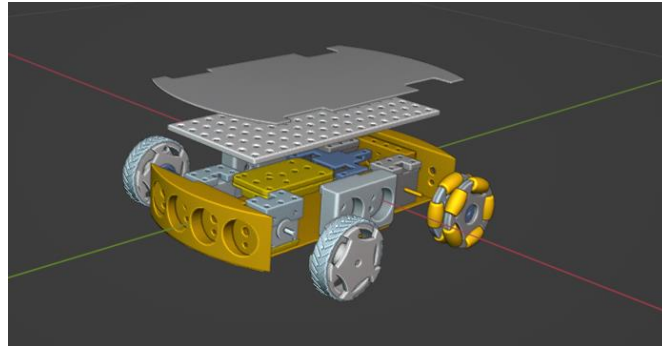
5.3.2. PRODUKTUAREN BIKI DIGITALA – ROBOT BIRTUALA

Robotaren morfologiak hainbat ezaugarri eta funtsezko funtzionalitate hartzen ditu. Simumatik Digital Twin Platform izeneko simulazio-ingurune irekiaren barruan garatuko da, zerbitzu birtualean jartzeko diseinatua (Simumatik, 2020). Simulazioa, testuinguru horretan, beste sistema baten portaera erreplikatzeko duen sistema bat da, haren sarrera eta irteerekin bateragarria izateari utzi gabe.

Plataformaren modelatze-esparruak osagaietan oinarritutako paradigma batean du jatorria, non sistema batek osagai individual bat edo gehiago hartzen dituen.

Robotaren 3D ereduak hainbat elementutan egituratuko da: oinarritzko egitura, goiko sekzioa, zulo-plaka eta gurpilak (ikus 16. irudia). Sailkapen-sistema horrek robotaren osatuko duten elementu espezifikoak identifikatzea eta ulertzea erraztuko du. Gainera, robotak motor birtualak izango ditu, lau gurpilak modu independentean kontrolatzeko eta horrela maniobragarritasuna eta moldagarritasuna hobetzeko.



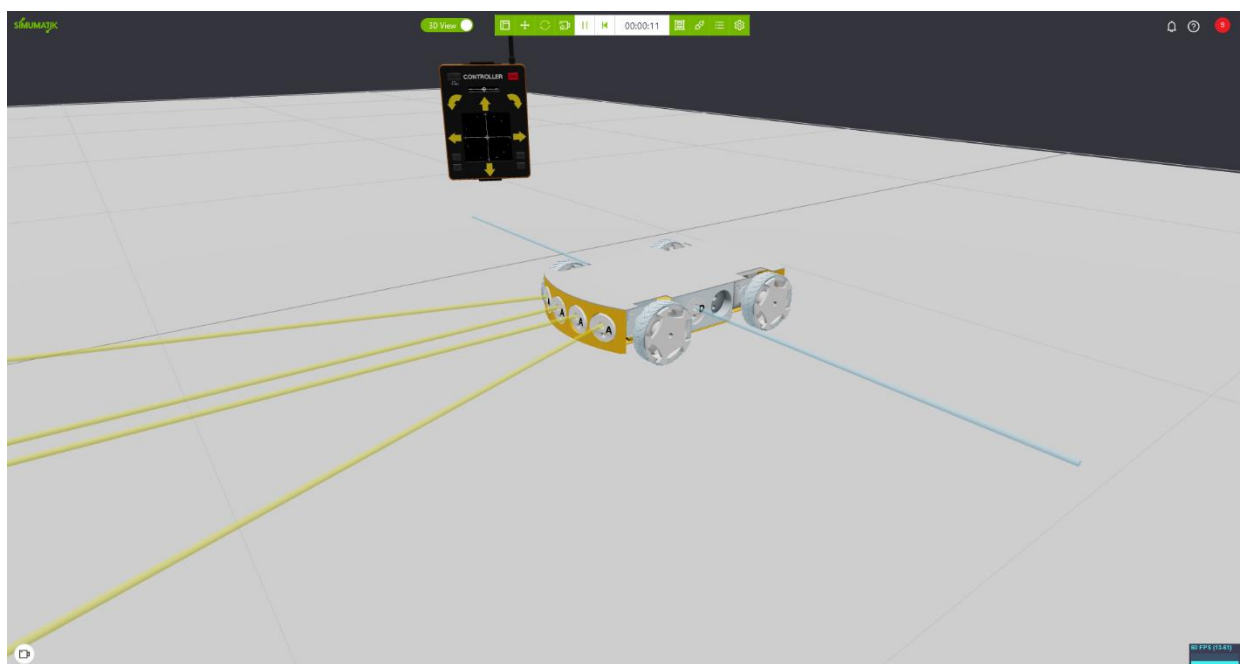


16. irudia. Robot birtualaren piezak

Gainera, robotak 10 sentzore izango ditu, 16. irudian ikus daitekeen bezala. Diseinu honek aukera ematen du robota sentzore analogiko eta digitalen konbinazio hibridoarekin hornitzeko. Sentzoreen birtualizazioak sentzoreak probatzeko aukera ematen du robot errealaren katalogoan sartu aurretik. Sentzore horiek modu seguruan finka daitezke robotaren gorputzean, erabiltzaileei konfigurazioa behar bezala egokitzeko malgutasuna eskainiz.

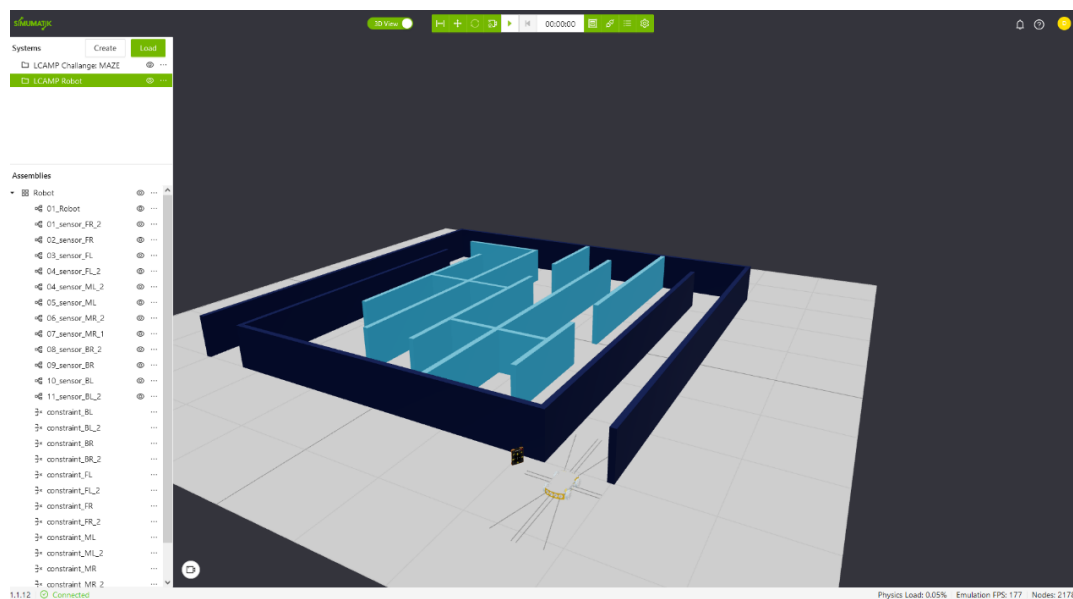
Jakina, mikrokontrolagailua ere birtualizatuta dago. Izan ere, kontrolagailu bat baino gehiagoren bikiak daude (Arduino, STM32, Raspberry Pi...), eta horrek aukera ematen du modeloen probak eta programazioa egiteko, robotaren modelo fisikoan txertatu aurretik.

Robota ez den beste bi iterazio garatzen ari dira: bata gurpil arruntekin eta Omni gurpilekin hornitua, eta bestea Mecanum gurpilekin soilik. Ikuspegi modular horrek trukagarritasun perfektua bermatzen du, eta erosotasun aparta eskaintzen die erabiltzaileei. Gainera, robotak eskuzko kontrolagailu bat izango du, robot fisikoarekin erabilitako aplikazioaren funtzionaltasuna islatuko duena. Kontrolagailu horrek robota ingurune birtualean nabigatzeko gaitasuna ematen die erabiltzaileei, programazio beharrik gabe.



17. irudia. Sentsoreekin eta eskuzko kontrolagailuarekin hornitutako robot birtuala

Robotarekin batera, gune ugari sortuko dira biki digitalaren inguruan. Espazio horien atzean dagoen kontzeptua da robotaren aplikazio-eremuak organikoki zabaltzeko aukera ematea, ekipo edo eremu fisiko gehigarriaren beharrik izan gabe. Eremu horiek kontu handiz diseinatu dira zentro dinamiko gisa balio dezaten kodifikazioari lotutako erronka interaktiboetarako, guztiz integratuak hainbat curriculumetan, besteak beste programazio- eta kontrol-ikastaroetan. Robotak kontrolatzeko konplexutasunaren espektroak algoritmo zailak eta script errazak hartuko ditu, maila guztietako ikasleentzat egokitzeko. Gainera, roboterako lidar sentsoreen integrazioa aztertzen ari dira. Lidar sentsore horiek ohiko sentsoreen alternatiba aurreratu bat dira, eta espero da robotaren gaitasunak nabarmen hobetuko dituztela; AGV bat hartu da helburutzat, ROS eta odometria konbinatuko dituen.



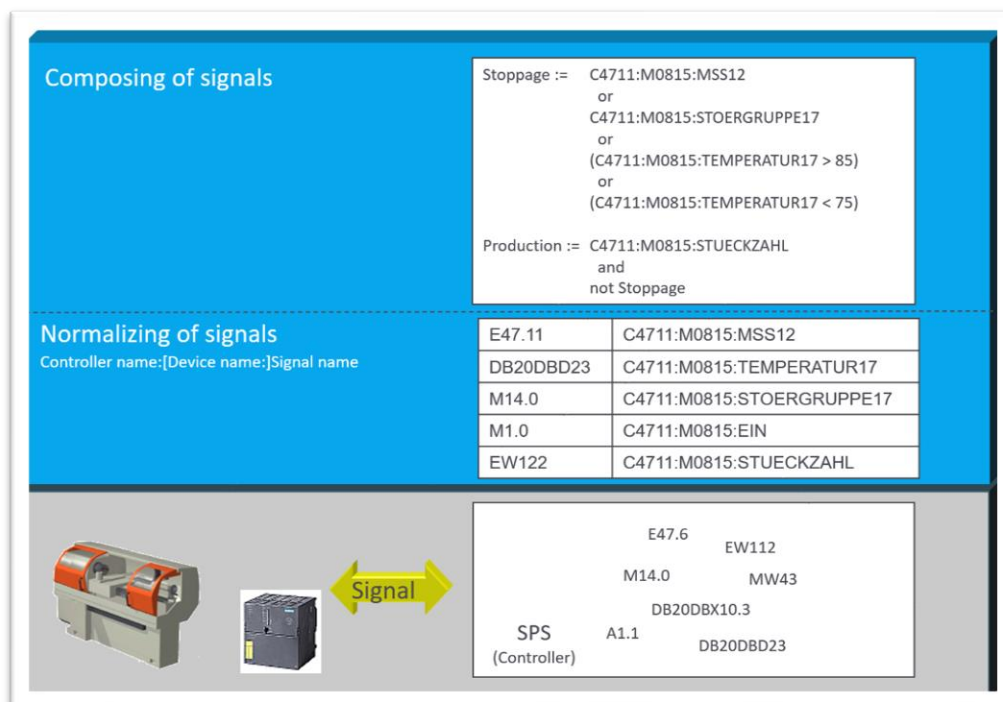
18. irudia. Robotarentzako eremuaren adibidea

5.3.3. LAN-EREMUAK ETA MAKINEN KONEXIOA

CLFren oinarrizko ideia hauxe da, elkarlana eta prestakuntza. Horretarako, beharrezkoa da middleware bat integratzea, makinaren seinalerik anitzenak modu uniformearen prozesatuko dituen, semantika eta protokolo desberdinekin, eta eskuragarri jarriko dituen ondoren formatu estandarizatu batean prozesatzeko.

Horretarako, makinaren mezuak transformatzeko **Force Edge** tresna erabiliko da (Aegilmez, 2021). Hardware gailuen (robotak, sentsoreak, etab.) aukera zabal bat biltzen du. Komunikazioaren ikuspegitik, protokoloak eta mezuen formatuak +5 V CCko seinale simple bat izan daitezke, lerro-protokolo babestuak, baita goi-mailako TCPn oinarritutako protokoloak ere.





19. irudia. Makinaren seinalea fabrikaziorako informazio garrantzitsu bilakatzeko bidea

11.2 eranskinean deskribatzen dira Forcam Force Edge soluzioaren ezaugarriak.

5.4. INPLEMENTAZIOAREN MONITORIZAZIOA

Atal honetan, adierazleak, KPIak (Key Performance Indicators) eta horien bilakaeraren jarraipena jasotzen dira.

1.4 atalean zehazten den bezala, WP6 CLFn espero diren emaitzak lortzearekin lotutako zenbait metrika daude. Beraz, adierazleak sortzen dira metrika horiek neurtzeko. Hurrengo taulan jasotzen dira KPIak, eta kalkulu- edo ebaluazio-irizpideak azaltzen dira:

3. taula. KPIen zerrenda eta beren ebaluazio-irizpideak

KPI	Nola kalkulatu	Targeta
I4.0 teknologien kopurua	I4.0 teknologien kopurua/20	≥1
Produktuen elkarlaneko garapenen kopurua proiektuko bazkide diren LFn artean	Produktuen elkarlaneko garapenen kopurua/8	≥1
CLFn elkarrekin lan egiten duten hainbat herrialdetako ikasleen kopurua	Ikasleen kopurua/80	≥1
CLFrako biki digital bat sortzea	Atazen betetze-maila/100	1
Prestakuntza-ikastaro pilotuak ezartzea	Prestakuntza-ikastaro pilotuen kopurua/10	≥1
Elkarlaneko ikastaroak ezartzea hainbat herrialdetako ikasleen artean	Ikastaroen kopurua/5	≥1
Langileei egokitutako prestakuntza-ikastaro pilotuak ezartzea	Prestakuntza-ikastaro pilotuen kopurua/10	≥1
Fabrikazio aurreratuko LHko ikasleen gogobetetze-maila	Gogobetetze-inkesta	≥8



Adierazleen bilakaeraren jarraipenari dagokionez, helburu nagusia, argi eta garbi, metrika guztiak garaiz betetzen direla ziurtatzea da, baina hori lortzeko ezinbestekoa da KPIen bilakaera aztertzea, progresioa geldiarazteko arrazoiak ezagutzeko eta, kasu honetan, bazkideekin lankidetzan aritzeko, LFren inplementazio egokia lortze aldera.

Gainera, proiektuak bete egin beharko ditu ibilbide-orri batek ezarritako gidalerroak. Ibilbide-orriak, 2024ko ekainean izango den inplementaziorako mugarri garrantzitsuenak jasotzeaz gain, 2026ko ekainean proiektua amaitu arte jarraituko du.

Ekintza-planak bete direla erakutsi behar da ibilbide-orrian jasotako eta zehaztutako entregaietan, eta KPIetan ezarritako helburuen lorpenarekin lotuta egon behar du. Ibilbide-orria abenduan hasiko da garatzen, bazkideen lankidetzarekin, eta 2024ko urtarrilean ezarriko da.

Nabarmentzekoa da, behin LFa sortuta, bere ibilbidea ez dela hemen amaituko, bere jarraipena ere egingo baita etengabeko hobekuntza-sistema batean oinarrituta. LCAMP proiektuak alderdi horren garapena aurreikusten du WP8an.

6. IKAS FABRIKEN ARTEKO LANKIDETZA

LHko erakundeen arteko lankidetzak funtsezko elementua da LCAMP proiektuan. CLFk nazioarteko lankidetzarako ikuspegi berriak irekitzen ditu, hezitzaileak zein ikasleak inplikatzen dituzten dimentsio ugari hartzen baititu.

CLFk balio-katearen hainbat etapatan eta parte-hartzaile mota desberdinentzat elkarlaneko jarduerak garatzeko gunea eskaintzen du. Inplementazioaren fasean, partzuergoko bazkideen artean garatzen ari da lankidetzak, bereziki ikertzaileen eta irakasleen artean. Fase operatiboan, CLF erabat operatibo dagoenean, erabiltzaile gehiagok izango dute CLFrako sarbidea. Laburbilduz, CLFren onuradun eta erabiltzaile hauek identifikatu dira:

- LCAMP partzuergoko LHko zentroak. CLF sortzeko zuzeneko arduraduna da, eta haren lankidetzak LCAMPen zereginetako bat da.
- LCAMP aliantzako LHko zentroak. CLFren kanpoko lehen erabiltzaile gisa, lehen erabiltzaile horiek hurbileko bazkide gisa jardungo dute.

Lau lankidetzak-maila ezarri dira:

- Roboten produkzioa
- CLF ikastaroen sorkuntza
- CLF birtuala
- Ikasleen eta langileen mugikortasuna

Gainera, LCAMPeko berrikuntza irekiko komunitateak (WP4) are aukera gehiago eskaintzen ditu LHko zentrozen artean interakzioan aritzeko.



6.1. ROBOTIKA PRODUKZIOA

KOLABORATIBOKO

CLFa produktu bat ekoizteko sortu da, zehazki robot bat, eskatutako ezagutza teorikoekin edo helburu didaktikoekin batera. Robotaren produkzioa hainbat herrialde eta eskualdetako LHko ikasleek parte hartzen duten elkarlaneko ikas-jarduera batzuetan integratuta eta koordinatuta dago, eta horietako bakoitzak ataza espezifikoetan laguntzen du. Fabrikazio-prozesu honek 2.1 atalean deskribatutako konpetentziak lantzen ditu, ikastaroen, baterako proiektuen eta CLF produkzio-lerroan emandako prestakuntza-jarduera esperientzialen bidez.

Informazioa eta datuak trukitzea: CLFren arteko interkonexioei esker, ikasleek informazioa eta datuak parteka ditzakete nazioartean, fabrikazio-jarduerari buruzko datuak barne, baita prestakuntzarako baliabideak eta materialak ere.

Baterako proiektuak: Baterako proiektuen eta elkarlanaren bidez, hainbat zentrotako ikasleek elkarrekin lan egiteko aukera izango dute, produktuen diseinua, lean manufacturing eta kudeaketa barne hartzen dituzten erronka espezifikoei aurre eginez. CLFren etengabeko hobekuntzak CLFren balio-katean aldaketak egitea ahalbidetzen du.

Lehian eta erronketan oinarritutako prestakuntza: CLF inguruneak, kontuan hartuta lan-eremuak berdinak direla leku desberdinetan, toki desberdinetako ikasleak inplikatzeko dituzten lehiak eta erronkak antolatzeke aukera ematen du.

6.2. CLFREN IKASTAROAK

CLFk prestakuntza-jarduera praktikoak eskainiko ditu fabrikazio aurreratuko etorkizuneko profesionalen gaitasunak eta ezagutzak sendotzeko, eta irakaskuntzako eta ikaskuntzako lankidetzak koordinatuko ditu, batez ere ikastaro formalen bidez. CLFren izaera kooperatiboak berez ematen du aukera nazioarteko edo eskualdeko audientziei zuzendutako ikastaro bateratuak eskaintzeko. Ikastaroak emateko aukera ugari daude, presentzialak, online (sinkronikoak eta asinkronikoak), erdi-presentzialak eta bestelakoak barne. Aurretiazko zerrenda 11.4 eranskinean aurki daiteke, baina hazten jarraituko du bazkideen ekarpenekin eta WP3 eta WP7 ideia gehigarriekin, baita ikas-fabrika indibidualen ikaskuntza-helburuak zabaltzearekin ere. 11.4 atalean deskribatutako ikastaroen deskribapen osoak fabrikazio aurreraturako trebakuntzari (WP5) eskainitako lan-paketean garatzen diren irizpide komunak jarraitzen ditu. Ikastaroek honako irizpide hauei heltzen die:

- Iraupen nahiko laburrekoak izatea (10-30 ordu edo 1-3 ordu ECTS).
- Kualifikazio nazionalen curriculum ofizial baten barruan eskaintzea, edo curriculumetik kanpoko ikastaro gisa, xede-audientziaren beharretara egokituta (langileak, unibertsitateko ikasleak, etab.).
- CLF erabiliz ematea, fisikoki edo birtualki, nahiz eta ikas-fabrika bakoitzaren ikaskuntza-helburuen arabera birdiseinatuta egon.
- LCAMPen iraunaldiaren 3. eta 4. urteetatik hasita ematea (2024-2026).



6.3. VIRTUAL CLF

CLFren ezaugarri espezifikoek aukera emango diete ikasle askori eta plataformako beste erabiltzaile batzuei nazioartean elkarlanean aritzeko, CLFren bertsio birtuala erabiliz. 5.3 atalean deskribatutako azpiegitura digitalari esker, erabiltzaileak CLFren bidez konekta daitezke, edo beren funtzioen bertsio birtual baten bidez. Hainbat soluzio daude eskura, ez bakarrik LCAMP partzuergoko kideentzat, baita LCAMP aliantzako kideentzat ere, eta agian tokian tokiko LHko zentroetan CLF talderik ez dutenentzat ere. CLF birtuala erabiliz nazioarteko lankidetzaren posiblearen adibideak honako hauek dira:

- Produktuaren biki digitalean oinarritutako prestakuntza-jarduerak sortzea.
- Ingurune kontrolatu batean, elkarlaneko simulazioetan eta ariketa birtualetan parte hartzea.
- Ikas-fabrika birtualetako material didaktikoak erabiltzea.

6.4. IKASLEEN ETA LANGILEEN MUGIKORTASUNA

Ikasleen eta langileen mugikortasuna CLFren ezaugarri espezifikoek berezko duten zuzeneko lankidetzaren aukera gehigarria da. Ikasleak eta langileak CLFren sukurtsalak dauden lekuetan parte hartzeko prest daude. Ikasleen eta nazioarteko langileen arteko zuzeneko interakzioa eta elkarlana dira, zalantzarik gabe, LCAMP CLFk baliatuko dituen funtsezko aktiboetako bat.

Erasmus+ mugikortasun-programak, aurreko ezaugarriak betetzen dituztenez, aukera ona dira halako mugikortasun-neurrietarako:

- **langileen mugikortasuna**, Erasmus+ek babestuta: lan-behaketa, irakaskuntza- edo prestakuntza-lanak, ikastaroak eta prestakuntza.
- **ikasleen mugikortasuna**, Erasmus+ek babestuta: LHko gaitasun-lehiatan parte hartzea, LHko ikasleen epe laburreko prestakuntzarako mugikortasuna, LHko ikasleen epe luzeko prestakuntzarako mugikortasuna.

6.5. LCAMPEN ALIANTZA

LCAMP aliantza, berrikuntza irekiko komunitatearekin batera, funtsezko sarbidea da kanpoko erakundeak, bereziki oraindik partzuergoko kide ez diren LHko zentroak, interakzioan aritzeko eta CLFren jardueraz baliatzeko. Funtsezkoa da prestakuntza-baliabide irekien hornidura nabarmentzea, ekimen horien alderdi garrantzitsu bat baita. CLFren hazkundeak lau arlo nagusitan antolatutako material didaktikoak edukitzea eskatzen du: Fabrikatuko den produktua (LCAMP robota).

- Fabrikazio-prozesua, fabrikazioa bera eta muntaketa barne
- CLFren digitalizazioa
- Ingurune birtualak (CLF biki digitala)

Arlo horiek kolektiboki laguntzen dute baliabideen aberastasunean, eta horiek guztiak eskuragarri egongo dira biltegi irigarri baten bidez. LCAMP plataformak, kasu honetan, azpiegitura berezi bat eskaintzen du, aliantzako kide guztiek gordailu horretarako sarbide unibertsala izan dezaten. Horrek prozesuak eta produktuak erreplikatzeko errazteaz gain, produktu edo prozesu berritzaileak sortzeko aldaketak ahalbidetzen ditu. Gainera, plataformaren barruan eraturako komunitateak zuzeneko interakzioa sustatzen du



sortzaileekin eta, horrela, sortzaileen eta edukien erabiltzaileen arteko ohiko muga desegiten da.

Ahalegin horiek onura nabarmen ugari dakartzate:

- I4.0. prestakuntza-baliabide irekien gordailu bat sortzea.
- Prestakuntza-edukiak sortzea eta hobetzea, praktika didaktiko eta metodologiko hobeak barne.
- Materialen banaketa eta berrerabilera sustatzea.
- Teknologia gaitzaileak ikas-fabrika indibidualetan bizkor integratzea.

7. ONDORIOA ETA AUKERAK

CLF asmo handiko ekimen konplexua da, **helburu pedagogikoak**, **azpiegitura teknikoa eta operatiboa** eta **LHko zentroyen arteko lankidetz**a biltzen dituena.

- **Helburu pedagogikoek** lagundu egiten diote CLFri, fabrikazio aurreratuaren panoramako ezagutza-arlo ugari hiltzen diotelako. EQFko hainbat mailatako ikastaroak proposatzen dira, arlo horietan taldekatuta. Prestakuntza-jardueren deskribapenek LCAMP gaitasunen esparruan emandako taxonomia jarraitzen dute.
- **Azpiegitura teknikoak eta operatiboak** lehenik dauden industria-estandarrek betetzen dituzte. Ikasleek robot bat fabrikatzen dute geografikoki banatutako prozesu-lerroak erabiliz. Txostenak muntaketa osatzen duten elementuen arkitektura eta konexio digitalerako eta birtualizaziorako planteamendua zehazten ditu.
- **LHko zentroyen arteko lankidetz**a proposamenaren ezaugarri bereizgarria da. Morfologiak lankidetz-aukerei buruzko xehetasunak ematen ditu, baita lankidetz horiek pilotua martxan dagoenean nola artikulatuko diren ere.

7.1. ERRONKAK LCAMPEN IRAUNALDIAN ZEHAR

Oraindik ere galdera ugari daude zabalik ekimena aurrera eramatearen inguruan, eta hurrengo erronkei 2026ko ekaina baino lehen helduko zaie.

- LCAMP lankidetzaren irismena aberastea, ekintza espezifikotarako lankidetz-mekanismoak erabilia.
- Gaitasunen mapa zabaltzea, fabrikazio aurreratuko industriaren barruan beharrezkoak diren gaitasun berriak identifikatuz eta jorratuz.
- CLF kontzeptua irekitzea interesa duten LHko zentro guztiei; alderdi operatiboak ez ezik, alderdi teknikoak ere jorratu behar dira, LHko zentro osagarrien parte-hartzea errazteko.
- Enpresak erakartzea, bereziki EBko hainbat herrialdetako ETEak, CLFn duten lan-indarraren prestakuntzan parte har dezaten.
- Etorkizuneko garapen teknologikoak sartzea, besteak beste:
 - Ibilgailu autogidatuaren eragiketak (AGV).
 - Ingurumen-inpaktua arintzea (MIA)
 - Bizi-zikloaren ebaluazioa (IKL)
 - Ikusmen Artifiziala (VM) eta Adimen Artifizialaren (AI) beste erabilera batzuk



7.2.ARRAKASTA-FAKTOREAK IRAUNALDIAN ZEHAR

LCAMPEN

LCAMP arrakasta-faktore ugarrtan oinarritzen da, besteak beste:

- 5.4 atalean artikulatutako KPIak lortzea
- Inplikaturako kanpoko LHko zentroen kopurua handitzea
- CLF birtualizatuaren erabilera
- LHko zentroetako irakasleek CLFko instalazioak erabiltzea
- CLFri eduki eta ezaugarri tekniko gehiago gehitzea
- Fabrikazio aurreratuko ikasleentzako mikrokredentzialak garatzea eta ematea CLFren bidez

7.3.JASANGARRITASUNA

CLFk potentzial handia adierazten du LHko komunitatearentzat, baina, era berean, arreta jarri behar da bere bizitza-luzeran eta bazkideek duten gaitasunean konpromisoei eusteko eta lan ona egiteko, hasierako proiektuaren epeaz harago. Lan honen zati handi bat LCAMP aliantzaren bidez lortuko da. LCAMP aliantza Europako erreferentziazko sarea da ezagutza sortzeko eta trukatzeko, lankidetzan aritzeko eta Lanbide Heziketako zentroetarako, enpresetarako eta fabrikazio aurreratuaren sektorean lan egiten duten beste eragile batzuetarako zerbitzuak emateko. Aliantzaren helburua talentua garatzea da, industrian gaitasun-arrakalak murriztea, ezagutzak transferitzea eta etorkizun jasangarria eraikitzea fabrikazio aurreratuko komunitatearentzat, betiere ikasleak erdigunean jarrita. Europa osoko fabrikazio aurreratuko sektoreko LHko hornitzaileek aliantzarekin bat egin dezakete eta proposaturako ekimenetan parte hartu. Emakidaren alditik harago jarraituko dela ziurtatzeko, LCAMP partzuergoak hainbat jasangarritasun-ekimen jarri ditu abian, besteak beste:

- LCAMP aliantza sortu eta zabaltzea, WP2an deskribatua (LCAMP, 2023)
- WP8an artikulatutako LCAMP plataforma indartzea
- Alderdi interesdunek WP9an parte hartzeko plan bat ezartzea (LCAMP, 2023)
- Lankidetzaren proiektuak garatzea WP4ko prestakuntza irekiko komunitatearen bidez (LCAMP, 2023)
- CLFri lotutako ikastaroen kopurua handitzea WP3 eta WP5 bidez
- LCAMPeko bazkideen lan ona eta eragin iraunkorra sustatzea, indibidualki eta kolektiboki

Lehen aipaturako jardueren bidez, eta datozen urteetan garatuko diren beste jardueren batzuen bidez, LCAMPen eta LCAMP aliantzaren lorpenek iraunkortasuna eta jasangarritasuna lortuko dituzte, herrialde eta eskualde askotako fabrikazio aurreratuko sektoreei laguntzeko. Gainera, barne-hobekuntzak ere babestuko du hori, tresnak garatuz eta jardueren berritzaileak ezarriz. Orokorrean, LCAMPeko, LCAMP aliantzako eta industriako bazkideen lan kolektiboak prestakuntza- eta berrikuntza-sare sendo bat sortuko du, urte askoan iraungo duena.



8. ERREFERENTZIAK

- Abele, E., Metternich, J., Tisch, M., Chryssolouris, G., Sihn, W., ElMaraghy, H., . . . Ranz, F. (2015). Learning Factories for Research, Education, and Training. *Procedia CIRP*, 32, 1-6.
- Abele, E., Metternich, J., Tisch, M., Chryssolouris, G., Sihn, W., ElMaraghy, H., . . . Ranz, F. (2015). Learning factories for research, education, and training. *Procedia CIRP*. 32, 1-6. doi: org/ 10. 1016/j. procir. 2015. 02. 187
- Aegilmez, S. (2021). *Forcam Force Edge Manual*. (F. gmbh, Producer) Retrieved from <https://forcam.com/app/uploads/2021/11/Manual-FORCAM-FORCE-EDGE.pdf>
- Belinski, R., Peixe, A., Frederico, G., & Garza-Reyes, J. (2020). Organizational learning and industry 4.0: findings from a systematic literature review and research agenda. *Benchmarking*, 27, 2435–2457. doi: org/ 10. 1108/BIJ- 04- 2020- 0158
- Bianchi, G., Pisiotis, U., & Cabrera Giraldez, M. (2022). *GreenComp The European sustainability competence framework*. Luxembourg: Punie, Y. and Bacigalupo, M. editor(s), EUR 30955 EN, Publications Office of the European Union. doi:10.2760/821058, JRC128040, ISBN 978-92-76-53201-9
- Cervera, S. L. (2018, September). *Openaccess*. Retrieved from https://openaccess.uoc.edu/bitstream/10609/144051/5/Diseno%20y%20fabricacion%20inteligente_Modulo2.3_Definicion%20de%20especificaciones%20del%20producto%20o%20servicio.pdf
- Clara R. Behrend, A. G. (2022). *Understanding future skills and enriching the skills debate (BEYOND4.0 deliverable D6.1)*. Dortmund: BEYOND4.0. Retrieved from https://beyond4-0.eu/storage/publications/D6.1%20Understanding%20future%20skills%20and%20enriching%20the%20skills%20debate/BEY4.0_WP06_Task_6.1-%203rd%20Update%2008.2022.pdf.
- Enke, J., Glass, R., Kreß, A., Hambach, J., Tisch, M., & Metternich, J. (2018). Industrie 4.0: competencies for a modern production system: a curriculum for learning factories. *Procedia Manuf* 23(2017), 267–272. doi:// doi. org/ 10. 1016/j. promfg.2018. 04. 028
- ETHAZI. (2016). Retrieved from ETHAZI: <https://tknika.eus/eu/cont/proyectos/ethazi-2/>
- European commission. (n.d.). *Advanced Technologies for Industry*. Retrieved from Augmented Virtual Reality: <https://ati.ec.europa.eu/technologies/augmented-virtual-reality>
- European Commission. (n.d.). *Advanced Technologies for Industry*. Retrieved from Advanced Manufacturing Technology: <https://ati.ec.europa.eu/technologies/advanced-manufacturing-technology>
- European Commission. (n.d.). *Advanced Technologies for Industry*. Retrieved from Advanced Materials: <https://ati.ec.europa.eu/technologies/advanced-materials>
- European Commission. (n.d.). *Advanced Technologies for Industry*. Retrieved from Artificial Intelligence: <https://ati.ec.europa.eu/technologies/artificial-intelligence>
- European Commission. (n.d.). *Advanced Technologies for Industry*. Retrieved from Connectivity: <https://ati.ec.europa.eu/technologies/connectivity>



- European Commission. (n.d.). *Advanced Technologies for Industry*. Retrieved from Robotics: <https://ati.ec.europa.eu/technologies/robotics>
- European Commission. (n.d.). *Advanced Technologies for Industry*. Retrieved from Internet of Things: <https://ati.ec.europa.eu/technologies/internet-things>
- European Commission. (n.d.). *ESCOpedia*. Retrieved from Competence: <https://esco.ec.europa.eu/en/about-esco/escopedia/escopedia/competence>
- European Commission. (n.d.). *ESCOpedia*. Retrieved from Skill: <https://esco.ec.europa.eu/en/about-esco/escopedia/escopedia/skill>
- European Commission. (n.d.). *Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs*. Retrieved from SME: https://single-market-economy.ec.europa.eu/smes/sme-definition_en
- European Commission. (n.d.). *Research and innovation*. Retrieved from Industry 5.0: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/industry-50_en
- EXAM 4.0. (2020). Retrieved from <https://examhub.eu/>
- EXAM 4.0. (2020). *Methodologies for analysing and anticipating skills need in the Advanced Manufacturing sector*. Retrieved from examhub.eu: https://examhub.eu/wp-content/uploads/2021/04/WP_2_3.pdf
- Harvard Business Review. (2020). *A Brief History of the Modern Office*. Retrieved from <https://hbr.org/2020/07/a-brief-history-of-the-modern-office>
- IALF. (2021). *International Association of Learning Factories*. Retrieved from <https://ialf-online.net/index.php/home.html>
- Kumar Agarwal, A., & Kumar, R. (2020, 9, 30). *Directions of Production Planning & Production Control System: Mathematical Evolution from the Flexibility Point of View*. Retrieved from Ecuatorian Science Journal: <https://journals.gdeon.org/index.php/esj/article/view/68>
- LCAMP. (2023). *LCAMP Alliance. Strategic plan*. Retrieved from [lcamp.eu: https://lcamp.eu/wp-content/uploads/sites/53/2023/03/D2.2_Strategic-Plan-of-the-LCAMP-Alliance_Final-Version.pdf](https://lcamp.eu/wp-content/uploads/sites/53/2023/03/D2.2_Strategic-Plan-of-the-LCAMP-Alliance_Final-Version.pdf)
- LCAMP. (2023). *Open Innovation Community*. Retrieved from [lcamp.eu: https://lcamp.eu/wp-content/uploads/sites/53/2023/07/D4.1_Open-Innovation-Community-Model.-Applied-Research-and-Innovation-in-the-OIC_Final-version-1.pdf](https://lcamp.eu/wp-content/uploads/sites/53/2023/07/D4.1_Open-Innovation-Community-Model.-Applied-Research-and-Innovation-in-the-OIC_Final-version-1.pdf)
- LCAMP. (2023). *Role of the Learning Factories in VET education*. Retrieved from <https://lcamp.eu/wp-content/uploads/sites/53/2023/07/D6.1-Part1-Role-of-LFs-in-VET-1.pdf>
- LCAMP. (2023). *Stakeholder Engagement Plan*. Retrieved from https://lcamp.eu/wp-content/uploads/sites/53/2023/07/9.6_Stakeholder-Engagement-Plan_Final-version.pdf
- Lundvall, B.-Å. (2016). The Learning Economy and the Economics of Hope. In *The Learning Economy and the Economics of Hope* (pp. 112-115). Anthem Press. doi:10.26530/OAPEN_626406
- Pittich, D., Tenberg, R., & Lensing, K. (2020). Learning factories for complex competence acquisition. *European Journal of Engineering Education*, 45:2, 196-213. doi:\10.1080/03043797.2019.1567691



- Plattform Industrie 4.0. (2018, 08, 09). *RAMI4.0 –Reference Architectural Model for Industrie 4.0*. Retrieved from PLATFORM INDUSTRIE4.0: https://www.plattform-i40.de/IP/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/rami40-an-introduction.pdf?__blob=publicationFile&v=7
- Priffi, L., Knigge, M., Kienegger, H., & Kremar, H. (2017). A Competency Model for "Industry 4.0" Employees. *Wirtschaftsinformatik (WI) 2017*, (pp. 46-60). St. Gallen, Switzerland.
- Roll, M., & Ifenthaler, D. (2021). Learning Factories 4.0 in technical vocational schools: can they foster competence development?. *Empirical Res Voc Ed Train* 13, 20. Retrieved from <https://doi.org/10.1186/s40461-021-00124-0>
- Schäfer, M., & Löwer, M. (2020, 12, 31). *Ecodesign—A Review of Reviews*. Retrieved from MDPI: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/1/315>
- Scheid, R. (2018). Learning Factories in Vocational Schools. In R. Scheid, *Digital Workplace Learning* (pp. 271-289). Geelong, Australia: Springer Cham.
- Schumann, J. (2022, 12, 2). *The Importance Of Protecting Collaboration Tools From Cyberattacks*. Retrieved from Forbes: <https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2022/12/02/the-importance-of-protecting-collaboration-tools-from-cyberattacks/?sh=289946d61ae7>
- Sierra-Pérez, J., Domínguez, M., & Espinosa, M. d. (2014, 11 18). El ecodiseño en el ámbito de la ingeniería del diseño (Ecodesign in design engineering). Retrieved from ResearchGate: <https://www.tecnicaindustrial.es/el-ecodiseno-en-el-ambito-de-la-ingenieria-de/>
- Simumatik. (2020). *Simumatik*. Retrieved from <https://simumatik.com>
- The Council of the European Union. (2020, December 2). Council Recommendation on vocational education and training (VET) for sustainable competitiveness, social fairness and resilience. *Official Journal of the European Union*, p. 4. Retrieved from chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.cedefop.europa.eu/files/cele_x_32020h120201_en_txt.pdf
- Tisch, M., Ranz, F., Abele, E., Metternich, J., & Hummel, V. (2015, 08 27). Learning factory morphology: Study on form and structure of an innovative learning approach in the manufacturing domain. *Turkish Online Journal of Educational Technology, Special Issue*, 356-363.
- Vuorikari, R. K., & Punie, Y. (2022). *DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens - With new examples of knowledge, skills and attitudes*. Luxembourg: EUR 31006 EN, Publications Office of the European Union. doi:10.2760/115376, JRC128415 ISBN 978-92-76-48882-8,
- Vuorikari, R., Kluzer, S., & Punie, Y. (2022). *DigComp 2.2: The Digital Competence Framework for Citizens - With new examples of knowledge, skills and attitudes*. Luxembourg: EUR 31006 EN, Publications Office of the European Union. doi:10.2760/115376, JRC128415 ISBN 978-92-76-48882-8,
- Ziarsolo, U., Araiztegui, I., Irazabal, J., Errasti, L., & Rupp, K.-D. R. (2023). Collaborative Learning Factory as An Integration Tool for the Learner Centric Advanced Manufacturing Platform. *Proceedings of the 13th Conference on Learning Factories (CLF 2023)*. Retrieved from <https://ssrn.com/abstract=4469793>



9. IRUDIEN AURKIBIDEA

1. irudia. WP6ren oinarritzko eskema	14
2. irudia. IALFk emandako dimentsioa LFak deskribatzeko. Iturria (Abele E. et al., 2015)	16
Figure 3. Cross-referencing knowledge domains with Value Chain of CLF processes	20
4. irudia. LCAMPen kompetentzia-esparrua fabrikazio aurreratuan	21
5. irudia. LFren kontzeptua. Bertako iturria	25
6. irudia. CLFren balio-katea	29
7. irudia. Lehen eta bigarren prototipoak	30
8. irudia. Robotaren lehen bertsioaren ikuspegi xehatua	30
9. irudia. Robotaren bertsio baten neurri orokorrak	33
10. irudia. Robotaren diagrama elektrikoa	34
11. irudia. Bideragarritasunaren analisisa	36
12. Irudia. CLF fabrikazio-prozesua	37
13. irudia. 4.0 industria eredu arkitekurala. Iturria: Platform Industry 4.0	49
14. irudia. Mailak RAM Industry 4.0 ereduaren arabera	50
15. irudia. CLFren MES sistema	50
16. irudia. Robot birtualaren piezak	52
17. irudia. Sentsoreekin eta eskuzko kontrolagailuekin hornitutako robot birtuala	53
18. irudia. Robotarentzako eremuaren adibidea	53
Figure 19. The transformation way from machine signal to manufacturing relevant information.	54
20. irudia: FORCE EDGE ezaugarrien laburpena	68
Figure 21: Architecture overview of FORCE EDGE	68
22. irudia . LCAMPen kompetentzia-esparrua fabrikazio aurreratuan	69

10. TAULEN AURKIBIDEA

1. taula. Learning Factories liburuan definitutako LF baten dimentsioak: kontzeptuak, gidalerroak, jardunbide egokien adibideak	16
2. taula LCAMP CLFren dimentsioak	17
3. taula. KPIen zerrenda eta beren ebaluazio-irizpideak	54
4. taula. Etorkizunerako prestatutako kualifikazioak CLFrako hautatutako ezagutza-arloekin lotuta	64
5. taula. CLFrako hautatutako ezagutza-arloekin lotutako ikastaroak	71



11. ERANSKINAK

Dagozkion taulak betetzean, kolore berdea erabiliko da atal horretan markatutako laukiari dagokiola adierazteko.

11.1. ETORKIZUNERAKO PRESTATUTAKO KUALIFIKAZIOAK ELKARLANEKO IKAS-FABRIKAKO EZAGUTZA-ARLOEKIN LOTUTA

4. taulak etorkizunerako prestatutako kualifikazioak zerrendatzen ditu, bazkidearen herrialdeetan eskaintzen diren ezagutza-arlo hautatuekin lotuta. Kualifikazio horiei buruzko informazio xehatua aurki daiteke LCAMPen landutako dokumentu honetan: "Identification of Industry 4.0-Specific Qualifications and Job Profiles in Different Industry Sectors".

4. taula. Etorkizunerako prestatutako kualifikazioak CLFrako hautatutako ezagutza-arloekin lotuta



		Ingeniaritza mekanikoa, fabrikazio adimenduna	Produkzioaren kudeaketa	Prozesuen ingeniarietza	Ekodiseinua	Elektronika	Robotika	Automatizazioa	Fabrikazio-prozesuak. Menakizazioa,	Logistika eta hornidura-	Jasangarritasuna	4.0 industria	Informatika	
Euskadi	Fabrikazio mekanikoko produkzio-programazioa.													5
	Mekatronika industrialia													5
	Fabrikazio Adimenduneko Espezializazio Ikastaroa													5
	Manufaktura mekanikoaren diseinua													5
	Automatizazioa eta Robotika Industrialia													5
	Sistema elektroteknikoak eta automatizatuak													5
	Mantentze elektronikoa													5
	Informatika eta telekomunikazio-sistemak													5
	Robotika kolaboratiboan espezializatzeko ikastaroa													5
	Fabrikazio mekanikoko produkzio-programazioa.													5
	Mekanizazioa													4
	Fabrikazio Adimenduneko Espezializazio Ikastaroa													5
	Adimen Artifizialeko eta Big Datako espezializazio-ikastaroa													5
	Fabrikazio gehigarriko espezializazio-ikastaroa													5
	Mantentze Industrialaren Digitalizazioan espezializatzeko ikastaroa													5
	Espezializazio ikastaroa: Zibersegurtasuna Ingurune Teknologiko Operatiboetan													5
	Internetara konektatutako sistemak instalatzeko eta mantentzeko espezializazio-ikastaroa (IoT)													5
	Frantzia	Produkzio-sistema konektatuak mantentzea												
Ingeniaritza mekanikoko teknikariak prestatzeko programa														4
Alemania	Ingeniaritza mekanikoko teknikariak prestatzeko programa													4
	Industria Ingeniaritza Orokorra													6
	Produkzio Ingeniaritzan espezializatzeko programa													7
	Produkzio mekanikoko programazioa													5
	Fabrikazio mekanikoko diseinua													5
	Ingeniaritza mekanikoaren diseinua eta garapena													6
	Automatizazioa eta Robotika Industrialia													5
	Fabrikazio mekanikoko produkzio-programazioa													5
	Energia-kudeaketan espezializatzeko programa													7
	Ingeniaritza Birtuanean espezializatzeko programa													7
	Proiektuen Ingeniaritzako espezializazio-programa													7
	Zerbitzu-ingeniarietan espezializatzeko programa													7
	Ibilgailuen Teknologian eta Mugikortasun Elektrikoan espezializatzeko programa													7
	Sistema txertatuetan espezializatzeko programa													7



	Konputazio Zientzia Orokorrak																		6
	Informazioaren Teknologietan espezializatze programa																		7
Slovenia	Mekatronikako langilea																		4
	Ingeniaritza Mekanikoko teknikaria																		4
	Prozesu-gailuen zainzailea – Mekatronika																		4
	Sistema elektriko eta elektronikoak																		5
	Gauzen Interneteko garatzailea																		4
	Adimen Artifiziala eta Hurbiltzeko Teknikak																		6
	Hacking etikoa eta ziberkrimena																		5
	Datuak prozesatzea																		5
	Bionika																		5
	Adimen artifizial bionikoa																		5
	Adimen artifiziala eta energia																		5
	Mikroteknologiak eta energia																		4
	Informatika																		5
	Programazioa																		5
	Italia	Prozesu industrialaren digitalizazioa																	
Negozio-eredu berritzailearen garapena																			4
Bizi-zikloaren (PLM) kudeaketa errealitate birtual eta areagotura, produktuen garapenaren testuinguruan																			4
Robotika kolaboratiboa																			4
Robotika kolaboratiboaren erabilera segurtasunaren eta osasunaren arloan																			4
IoT industrialak sustatutako sistema ziberfisikoak, hodeiko konputazioa, datuen ingeniaritza eta datuen analisia																			4
3D inprimaketaren edo fabrikazio gehigarriaren potentziala, ahaidetzea gaitzen duten teknologia gisa																			4
Fabrikazio gehigarria																			4
Automatizazioa, gauzen Internet eta teknologia- eta kudeaketa-euskarria nola konbinatzen diren 4.0 Logistika definitzeko																			4
Aldi berean digitalizatuak eta jasangarriak diren enpresen oinarrizko osagaien deskribapen orokorra																			4
Gauzen Internet: aplikazioak, sareak eta plataformak																			4
Datu handien analisia																			4
Industriaren testuinguruari aplikatutako zibersegurtasuna																			4
Turkia	Makineria																		4
	Ingeniaritza mekatronikoa																		4
	Ordenagailuz lagundutako diseinua eta 3D inprimaketa																		4
	Mikrokontrolagailuak (Arduino) eta gauzen Internet																		4
Kanada	Ingeniaritza Mekanikoa																		5
	Ingeniaritza Elektrikoa (Itsas eta Industria)																		5
	Robotika eta Automatizazioa																		5
	ARM mikrokontrolagailuak eta gauzen Internet																		5



11.2. FORCAM EDGE-REN EZAUGARRIAK

Ezaugarrien laburpena

EDGE soluzio bat kontu handiz diseinatuta dago automatizazio industrialaren eta makinaren komunikazioaren arloko hainbat baldintza kritiko betetzeko. Funtsezko argudio horiek industria-ingurune moderno batean eraginkorrak eta moldagarriak direla bermatzen laguntzen dute:

- **PLC Plug-in eta protokolo ugari eskuragarri makinekin komunikatzeko:** EDGE soluzio batek PLC osagarrien liburutegi zabal bat izan behar du, baita hainbat komunikazio-protokolarekin bateragarria ere. Aniztasun horrek bermatzen du arazorik gabe konektatu eta komunikatu ahal izango dela makina industrialen sorta zabal batekin, azpian diren teknologiak edozein izanda ere.
- **Erabiltzaile-entzute erabilerraza makinaren konexio-prozesu gidatu baterako laguntzaile integratu batekin:** Makinaren konexio-prozesua sinplifikatzeko, ezinbestekoa da entzute erraz bat erabiltzea laguntzaile integratu batekin. Horrek operadoreen prestakuntza-kurba murrizteaz gain, makina berrien konfigurazioa ere arintzen du.
- **Seinale grafikoen konposizioa makinaren ekitaldi-eredu estandarizatu bat eraikitzeko:** Seinale grafikoen konposizioa funtsezkoa da makinaren ekitaldi-eredu estandarizatu bat eraikitzeko. Horri esker, makinaren datuak argi eta sendo adieraz daitezke, eta horrek makinaren errendimendua monitorizatzea eta aztertzea errazten du.
- **Hirugarrenen sistemetara irekitzea REST, OPC UA, MQTT, KAFKA eta NATS.io bidez:** Interoperatibitatea funtsezkoa da egungo industriaren panoraman. EDGE soluzio batek hirugarrenen sistemetarako entzute irekiak eskaini behar ditu oso hedatuak dauden protokoloen bidez, tartean REST, OPC UA, MQTT, Kafka eta NATS.io, eta lehendik dagoen azpiegiturarekin integrazio egokia ziurtatu.
- **Makinaren biltegia konektagarritasun-liburutegi bat sortzeko, makinaren konexio azkarragarriko:** Makinaren biltegi zentral bat ezinbestekoa da konektagarritasun-liburutegi bat sortzeko. Biltegi horrek makina berriak konektatzeko prozesua sinplifikatzen du, operadoreei ezarritako konfigurazioak eta doikuntzak berrerabiltzeko aukera ematen dielako.
- **OT eta IT arteko noranzko biko komunikazioa makinaren datuetarako eta NC fitxategien transferentziarako:** EDGE soluzio batek teknologia operatiboko (OT) eta informazioaren teknologiko (IT) sistemen arteko noranzko biko komunikazioa erraztu beharko luke. Horri esker, datu eraginkorrak transferitu eta azter daitezke, baita fabrikazio-prozesuetarako NC (zenbakizko kontrola) fitxategiak trukatu ere.
- **Arkitektura eskalagarria konfigurazio zentraleko instantzia batekin:** Eskalagarritasuna funtsezkoa da industria-ingurune baten behar aldakorretara egokitzeko. EDGE soluzio eskalagarri batek makina eta funtzionalitate berriak sartzea onartu beharko luke, eta konfigurazio zentraleko instantzia batek, berriz, uniformetasuna eta kudeaketa-eraztasuna bermatzen ditu sistema osoan.

Laburbilduz, EDGE soluzio ideal batek ezaugarri giltzarri hauek izan beharko lituzke, makinaren arteko komunikazio eraginkorra, erabilerraza eta moldagarria bermatzeko ingurune industrial batean. Horrek guztiak soluzio osatu baten garrantzia azpimarratzen du, gaur egungo automatizazio industrialaren eskariei erantzuteko.





20. irudia: FORCE EDGE ezaugarrien laburpena

Maila anitzeko arkitektura behar da baldintza hori ezartzeko. Makinek eta sentsoreek konexio-aukera oso desberdinak dituzte. OPC-UA estandar ezaguna oso kasu gutxitan baino ez dago; beraz, mailarik baxuenean datuen konexio unibertsaleko unitate bat dago (South Bound Link), plug-in kontzeptu zabalgarri batekin, protokolo desberdinak integratzeko. Serieko komunikaziotik hasi eta kontrol-protokolo espezifikoetaraino eta OPC-UAraino, dena da posible edo hedagarria. Horren ondoren, prozesamendu-modulu bat dago (Signal Composition), eta seinaleak prestatzen ditu, gero prozesatzeko. Aldi berean, sarrera-seinale eta datu prozesatu guztiak aldi baterako biltegitratzen dira, denbora luzeagoan. Horrela, linearen etenak arindu daitezke "hirugarrenen sistemarako" bidean, edo EDGEren datuen zuzeneko ebaluazioa egin daiteke, Grafana bezalako txosten-tresnekin. "Hirugarrenen" bidean, datuak gaur egun erabili ohi diren protokoloak erabiliz transmititu ahal izateko moduan prestatzen dira. Ondoren prozesatzeko, kode irekiko Node-RED produktua erabiltzen da berme gisa.

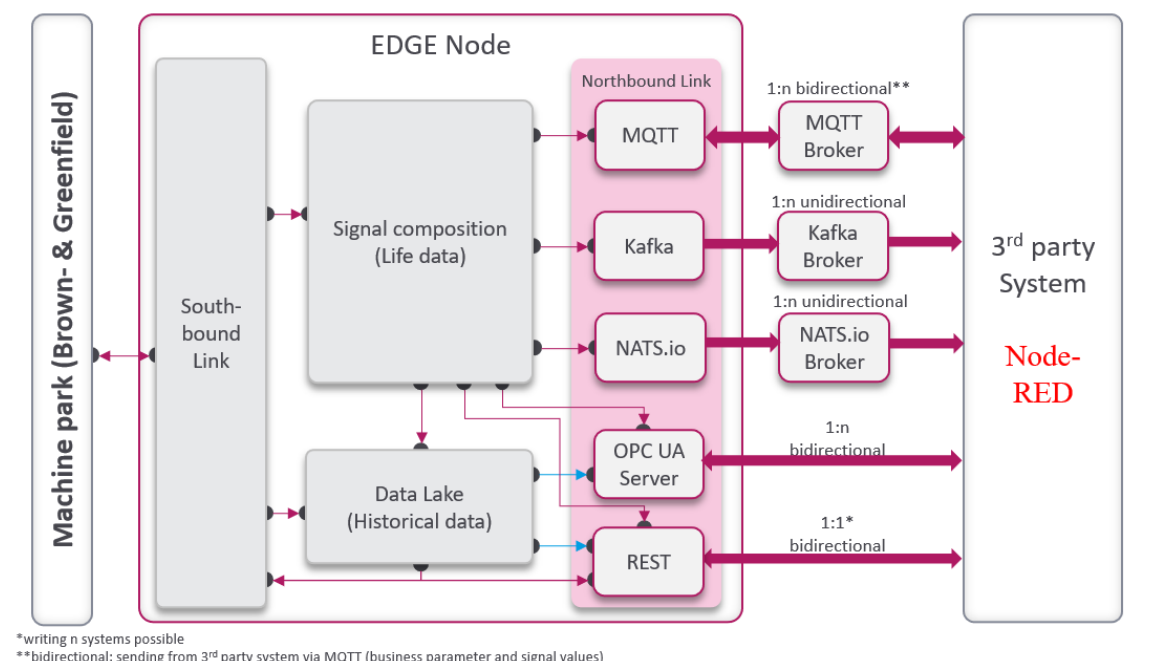
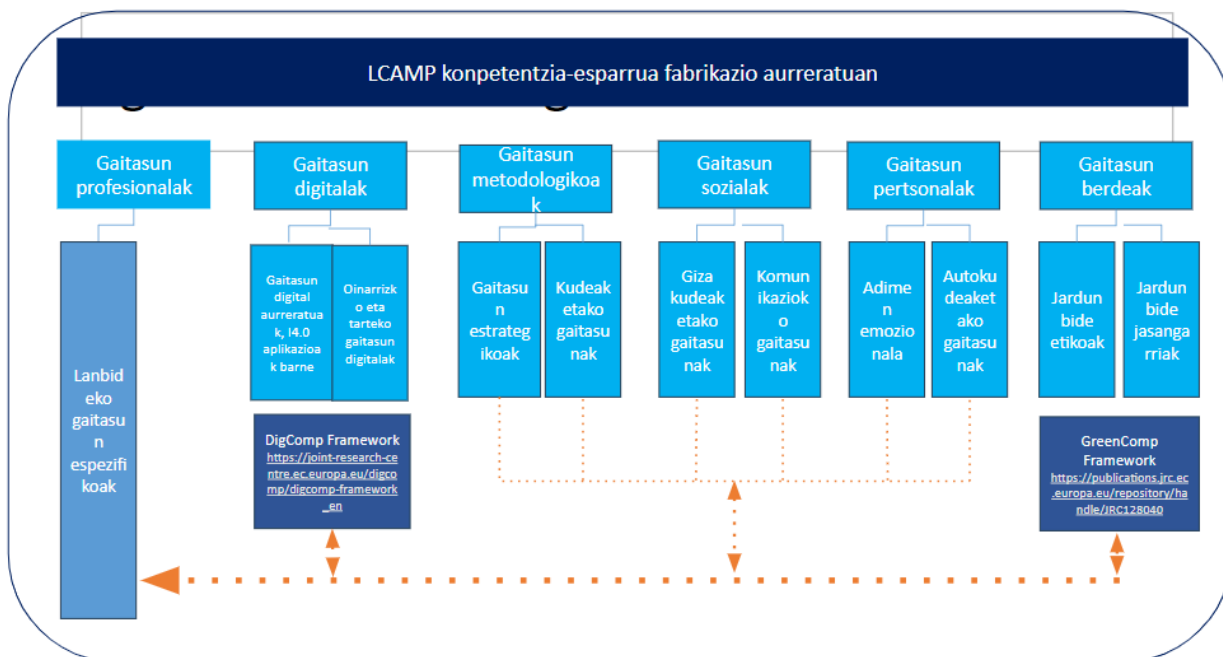


Figure 21: Architecture overview of FORCE EDGE



11.3. LCAMP KONPETENTZIA-ESPARRUA

Fabrikazio aurreraturako LCAMP konpetentzia-esparrua fabrikazio aurreratuko etorkizuneko lan-indarrerako funtsezkotzat jotzen diren sei gaitasun-kategoriatan antolatuta dago. Kategoriarik, gainera, azpikategoriatan bereizten dira, dagozkien gaitasunak barne.



22. irudia . LCAMPen konpetentzia-esparrua fabrikazio aurreratuan

LCAMPen konpetentzia-esparruak hezkuntza-ingurunean erabiltzen diren ohiko gaitasunen kategoriak biltzen ditu, Heyse/Erpenbecken arabera (Priffi, Knigge, Kienegger eta Kremar, 2017), hau da, gaitasun profesionalak, gaitasun metodologikoak, gaitasun sozialak eta gaitasun pertsonalak. Konpetentziak hobeto irudikatzeko, LCAMP esparruak gaitasun digitalen eta gaitasun berdeen kategoriak gehitzen ditu. Langileen eskakizunak eta eskariak abian diren garapenen eta eraldaketa-prozesuaren arabekoak eta aldatzekoak direnez, konpetentzia-esparrua ere egokitu egingo da, lan-merkatuaren egungo beharrei erantzuteko. Gainera, ekonomiaren egungo trantsizio bikoitzari dagokionez, langileek gaitasun berdeak eskuratzeak gero eta garrantzi handiagoa hartzen du. Joera hori dela eta, jasangarritasunari, birziklapenaren ekonomiari eta baliabideen kontserbazioari lotutako gaitasunek eragin zuzena dute kategoriarik guztietan, ekintza jasangarri, burutsu eta arduratsu batera zuzendutako pentsamoldea ezarri behar baita. Lanbide-gaitasunen kategoriak oinarriko STEM gaitasunak biltzen ditu, baita ondoko hauek ere: sistemen analisia, prozesuen eta erakundeen diziplinarteko ulermena, konpetentziak fabrikazioan, modelaketan eta simulazioan, eta ekipoen segurtasunean. Fabrikazio aurreratuari dagokionez, garrantzizkoa da sektore horretan lan egiten duten langileek oinarriko eta funtsezko gaitasun horiek edukitzea, batez ere ataza teknikoak egin ahal izateko. Gainera, LCAMP-Competence Framework kategoriak beste gaitasun tekniko batzuk hartzen ditu.

Gaitasun digitalen kategoriaren barruan, aldea dago I4.0 aplikazioei lotutako gaitasunen eta datuei eta informazioari lotutako gaitasunen artean. Azken azpikategoria horrek hainbat



gaitasun biltzen ditu, besteak beste datuen kudeaketa, datuen segurtasuna, zibersegurtasuna, etika digitala eta datuetan alfabetatzea. Gainera, azpikategoria honek kompetentzia bat baliatu ahal izateko beharrezkoak diren gaitasun eta azpigaitasun osagarriak hartzen ditu. Gaitasunak (adibidez, programazioa, informatika edo IKTen erabilera, gizaki/makina interfazeak eta big data teknologiak) I4.0. aplikazioen azpikategorian biltzen dira. Categoria honetako gaitasunak eta azpigaitasunak lanerako oso espezifikoak dira nagusiki. Aurrerapen teknologiko espezifikoek dagozkien azpigaitasunak bereziki beharrezkoak dira industriaren sektore jakin batzuetan lan egiten duten edo enpresa indibidual batzuetan teknologia espezifikoak dituzten langileentzat. Categoria honen edukia DigComp (Vuorikari 2022) ereduaren azken emaitzekin osatu da. Eredu horrek herritarren kompetentzia digitalaren egungo eskaeren ikuspegi bateratua ematen du.

Gaitasun metodologikoen azpikategoriek estrategia eta kudeaketa biltzen dituzte. Gaitasun hauek, besteak beste, bezeroarenganako orientazioa, osasunaren zaintza, higiene industrial, abstrakzioarako gaitasuna, arazo konplexuen ebazpena, pentsamendu kritikoa, diseinua, plangintza, pentsamendu analitikoa eta estrategikoa edo berritzailea, gaitasun metodologiko estrategikoa gisa multzokatzen dira. Gainera, proiektuen, denboren, arriskuen eta aldaketen kudeaketa, categoria metodologikoen barruan, kudeaketa-gaitasunari lotuta dago. Eta azpikategoria horretan kudeaketa-gaitasun hauek biltzen dira: jabetza intelektuala, baliabide pertsonal edo finantzarioak, akordioen negoziazioa, lidergoa, erabakiak hartzea, eta gatazkak eta kalitatea kudeatzea.

Gaitasun sozialak LCAMP-Competence Framework esparruaren laugarren categoria dira. Categoria honek pertsonen kudeaketari lotutako gaitasunak biltzen ditu (adibidez, talde-lana, lankidetzak eta lidergoa), baita komunikazioari lotutakoak ere. Azken azpikategoria honetako gaitasunak pertsonen arteko komunikazio-mota guztiekin lotuta daude, interakzio digitalak barne.

Kompetentziaren bosgarren categoria gaitasun pertsonalak dira. Categoria horren barruan, gaitasunak adimen emozionalari eta autokudeaketari lotutako gaitasunetan biltzen dira.

Lehenengo bost kategorietan (profesionalak, digitalak, metodologikoak, sozialak eta pertsonalak) bildutako gaitasunak eskuratuta, giza erresilientzia eta sistema sendotzea espero da. Unean uneko eraldaketa-prozesuak etengabeko aldaketa eta garapena adierazten ditu. Langileek aurrerabidean diren aldaketetara egokitu behar dute, eta garapen-baldintzak kudeatu, batez ere aurrerapen teknikoek eta berrikuntzei dagokienez. Gainera, eraldaketa-prozesuak eta trantsizio bikoitzak produkzio-prozesuetan eta estatuko edo ingurumeneko erregelamenduan ere aldaketak adierazten dituzte. Beraz, erresilientzia finkatzen duten gaitasunak funtsezkoak izango dira langileentzat.

LCAMP-Competence Framework programaren categoria horiek gizakia dute ardatz, eta gizakiak daude arazoak ebazteko prozesuaren erdigunean. Gaitasun berdeek, bestalde, GreenComp (Bianchi, Pisiotis, & Cabrera Giraldez, 2022) esparruaren egungo azterlanetatik datozen gaitasunak biltzen dituzte, Europar Batasunean ingurumen-jasangarritasunari buruzko ikaskuntza sustatzen baitu. Jasangarritasunarekin lotutako kompetentzia eta gaitasun berde horien helburua ikasleei jasangarritasunaz eta ingurumen-kontzientziaz jabetzen laguntzea da. Azken batean, categoria honetako gaitasun gehienak beste gaitasun-kategoria batzuetan ere irakasten dira, besteak beste: arazoak ebaztea, pentsamendu sistemikoa, pentsamendu kritikoa, moldagarritasuna edo berrikuntza; guztiak gaitasun metodologikoen kategoriakoak.



11.4. CLFN EMANDAKO IKASTAROAK

5. taula. CLFrako hautatutako ezagutza-arloekin lotutako ikastaroak



Herrialdea		Ikastaroaren izena	Ingeniaritza mekanikoa, fabrikazio adimenduna	Produktzioaren kudeaketa	Prozesuen ingeniaritza	Ekodiseinua	Elektronika	Robotika	Automatizazioa	Fabrikazio-prozesuak. mekanizazioa, fabrikazio gehigarria, muntaketa	Logistika eta hornidura-katea	Jasangarritasuna	I4.0 industria	5.0 industria	Informatika	EQF maila	Iraupena (orduak/ECTS)	Curriculum ofiziala/Curriculumetik kanpokoa
Euskadi	PLM tresnak ekodiseinuaren bidez CLFn produktuak birdiseinatzeko															5	20	E
	CLFko produktzioaren kudeaketa															5	20	E
	Lean Manufacturing bidez robot bat muntatzeko atazak aztertzea															5	20	O
	Elementu kritikoen trazabilitatea muntaketa-lerroan															5	20	O
	Bizi-zikloaren analisiaren oinarriak															5	20	O
	Elektronika digitala Arduinorekin															4	20	O
	CLFri aplikatutako automatizazioa eta robotika															5	20	O
	Sentsoreen muntaketa-sistema eguneratzea, robotika kolaboratiboaren programazio bidez															5	20	E
	Errealitate areagotua CLFn															5	20	E
	Errealitate areagotuaren bidez jarraibide digitalak sortzea															5	20	E
	LFri aplikatutako datuen analitika															5	20	O
	LF inguruneetan erabakiak hartzea															5	20	O
Frantzia	Arduino programazioa															4	10-20	O
	Logika konbinatorioa															4	10-20	O
	ITren zenbakitze-oinarria															4	10-20	O
	3D inprimaketa plastikoa															4	10-20	O

	Produktuaren bizi-zikloa aztertzea														4	10-20	O
	Garapen jasangarriari buruzko kontzientzia														4	10-20	O
	Bihurketa digitala eta analogia														4	10-20	O
	Sistemen diseinua														4	10-20	O
	Pintza robotizatu baten produkzioa eta kudeaketa														4	10-20	O
	Segurtasuna														4	10-20	O
Alemania	CLFrako produkzio-kudeaketa eraginkorra eta bizkorra														6		
	Askotariko produkzio banatu baterako eskaeren kudeaketa														6		
	Arduino bidezko sentzore-sistemak														6		
	ROS – prestakuntza –														6		
	Robotikako mintegia														6		
	Muntaketa-atalen konfigurazio autonomoa														6		
	Logistika banatua														6		
	Robot bat gauzatzeko baliabideen eraginkortasuna														6		
	Fabrikazio-prozesuan energia-galera murriztea														6		
	Produkzio-kontrola ingurune banatuan														6		
	Bezeroaren balioaren kudeaketa CLFren babesarekin														6		
	Arriskuen eta aldaketen kudeaketako mintegia														6		
	Komunikazio teknikoko mintegia														6		
	Italia	4.0 fabrikazioa														4	16
Lantegi digitalak eta jasangarriak															4	16	E
4.0 diseinua															4	16	E



	Robotika kolaboratiboa															4	16 - 32	E
	Osasuna eta Segurtasuna: Robotika kolaboratiboa eta 4.0 lantegiak															4	16	E
	Produktu adimendun konektatuak															4	16	E
	Fabrikazio gehigarria trantsizio digital eta ekologikorako															4	16	E
	4.0 fabrikazioa															4	16	E
	4.0 intralogistika															4	8	E
	Lantegi berdeak															4	16	E
	Big Data eta negozioen adimena															4	8	E
	Segurtasun zibernetikoa eta industrialia															4	8	E
Turkia	Exam 4.0 Robotak birdiseinatzeko ikastaroa, Solid Works programa erabiliz															4	16	O
	3D inprimagailu bidez robotikako piezak fabrikatzeko ikastaroa															4	16	E
	4.0 ordenagailuz lagundutako diseinua															4	24	O
	Energia berriztagarrien integrazioa															4	8	E
	Gauzen Interneti buruzko ikastaroa															4	24	O
	Sentsore-sistemak Arduinorekin erabiltzea															4	36	O
	Fabrikazioan osasuna eta segurtasuna bermatzea															4	8	E
	Txartel elektronikoak eta soldadura-teknikak diseinatzea															4	24	O
	PLC bidezko industria-komunikazioak															4	12	O
Kanada	Ingeniaritza grafikoa eta modelatua																	
	Fabrikazio-prozesuak 3 eta kalitate-kontrola															5	48	O
	Elektrizitatea eta makina															4	60	O
	Mekanikarako Elektronika															5	48	O
	Robotika eta Automatizazioa															5	60	O




Eslovenia	Fabrikazio-prozesuak I														4	60	O
	Fabrikazio-prozesuak II														5	60	O
	Proiektuen kudeaketa eta gizarte-erantzukizuna														5	60	O
	FANUC robot industrialen programazioa														4	40	E
	3D modelatze aurreratua hemen: Creo Parametric 10														5	32	E
	3D modelatzea Solidworks 2023an														4	32	E
	PLK automatizazioaren oinarriko kontzeptuak														4	24	E
	CNC makinaren operadoreen prestakuntza														5	64	E
	Robotika eta Automatizazioa														5	48	O
	Prozesuen kalitatea eta fidagarritasuna														5	36	O
	Produzioa prestatzea eta kudeatzea														5	54	O
	4.0 ordenagailuz lagundutako fabrikazioa														5	48	O



11.5. LOTUTAKO LAN-DOKUMENTUEN TXANTILOIAK

- Lan-banakapenaren orria



Job Breakdown Sheet

DOCUMENT DETAILS









PROCESS DESCRIPTION: Station 1

DOC NO.: XX


REV: X

REV. DATE: XX-XX-XX


NUMBER OF STEPS: X

VISUAL INSPECTION	CRITICAL QUALITY INSPECTION	WIP QUANTITY	QUALITY SYMBOLS
   			 

EQUIPMENT LIST



Screwdriver flathead

ASSEMBLY STEPS	Description	Explanation	PPE - Quality	PPE - Explanation
1.	 [Description of work]	[Explanation of work]	[Insert PPE symbols]	Explain the PPE symbols
2.				



- Segurtasun-orria

Safety Sheet

LCAAMP CENTER - ADVANCED MANUFACTURING PLATFORM

DOCUMENT DETAILS

WORKSTATION: xx	DOC NO.: XX
	REV: X
	REV. DATE: XX-XX-XX

CAUTION

Welcome to this Safety Sheet. We prioritize safety in all our operations, and we are pleased to provide you this Safety Sheet to assist you in your work responsibly. Please follow the safety instructions to eliminate the risks and please use the right PPE before you start your work.

SAFETY INSTRUCTIONS			
No.	Image	Description	Explanation
1.		[Description of work]	[Explanation of work]
2.			[Insert PPE symbols]
3.			PPE - Explanation
4.			Explain the PPE symbols



- Prozesua kontrolatzeko plana



Process Control Plan

DOCUMENT DETAILS

WORK ORDER: XX	DOC NO.: XX
NUMBER OF THE PRODUCT/ BATCH: XX	REV: X
PROJECT SCOPE:	REV. DATE: XX-XX-XX
Start: _____	NUMBER OF STEPS: X
End: _____	

PROCESS STEPS					
	Process step	CTQ	Operator	Notes	
1.	[Ex. clean the wheels]	[Quality inspection]	[Name of operator]	Explain the PPE symbols	
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					



Maintenance Sheet

DOCUMENT DETAILS

The purpose of this MS is to ensure that maintenance is performed regularly, accurately, and in a well-documented manner, which helps maintain the reliability, safety, and performance of the assets.


DOC NO.: XX

REV: X

REV. DATE: XX-XX-XX

NUMBER OF STEPS: X



Step	PROCESS STEPS				Specifications
	Image	Description	Worker	Frequency	
1.		[Description of work]	[Who will do the work? Ex. operator]	[How often?]	
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					



LCAMP

Learner Centric Advanced Manufacturing Platform



Co-funded by
the European Union

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

