

“Benetako aurkikuntza dakarren bidaia ez da paisaia berriekin hasten,
begi berriak edukitzearekin baizik”

Marcel Proust (Pako Aristiren itzulpena)

Nire Zeruko Bi Izar Berriei.

Zerua Nerea da.

Esker onak

“Quien algo quiere, algo le cuesta” zioen nire amonak. Hitzek balioa hartzen dute, zure nahia denean. Baina nahiak ez ziren beteko bidean laguntzarik jaso ezean. Tesi honen bidean, laguntza eman didaten hainbat pertsona eskertu nahi nituzke hemengo lerroetan:

Tesi honek abiapunturik badu, Mikel Garmendiak emandakoa da. Bera izan da eskulturaren aurrean ispilua jarri didana, ohiko perspektiba hautsi, berri bat erakutsi eta ispilua eustera bultzatu didana. Bere gogoetek gauzak berrikusten lagundu didate eta bere pazientziak proiektu hau aurrera eramaten.

Bidean zaindari, Angel Perez nire bulegokidea izan dut. Berarekin izandako elkarrizketa eta berak emandako gomendioengatik izan ez balitz, aspaldi bidean galduta ibiliko nintzen. Horregatik eskerrak eman nahi nizkizuke.

Ez ditut ahaztu nahi tesi honetan parte hartu eta gauzatzen lagundu didaten nire lankideak, ez dut izenik ahaztu nahi, badakizue zeintzuk zareten, Donostiako sail atalekoak, Eibarko sail atalekoa eta orokorrean Adierazpen Grafiko eta Ingeniaritza Proiektuen sailekoak, nigatik egin duzuen apustuagatik. Baita ere, Donostiako Eskola Politeknikoko nire lagunei eskaini nahi diet tesia.

Azkenik, baina ez garrantzi aldetik, nire familia eta lagunei eskerrak bihotzez.

Aurkibidea

1. Sarrera.....	13
1.1 Ikerketaren iturburua.....	13
1.2. Ikerketaren xedea	17
Ikerketaren helburu orokor eta partikularrak.....	18
1.3. Hipotesiaren adierazpena	18
1.4. Tesiaren egitura	20
2. Esparru teorikoa.....	23
2.1. Sarrera. CAD sorrera eta bilakaera.....	23
2.2. CAD eta Produktu Garapena	25
2.3. Diseinu industrialaren prozesua.....	27
2.4. CAD trebakuntza	30
Diseinu intentzioaren barneraketa CAD modeloetan.....	32
CAD Modeloen Berrerabilpena	34
Modelaketa prozedura eta estrategiak.....	36
CAD modeloan atributuak.....	41
Multzoak. Osagaien kokapen metodoak.....	46
CAD trebakuntzan proposamen pedagogikoak	49
2.5. Unibertsitateko paradigma didaktikoa	54
2.6. Problemetan Oinarritutako Ikaskuntza.....	57
Historia	57
PBL-aren oinarriak.....	58
PBL modelook.....	60
PBL-aren ezaugarri nagusiak	66
2.7. Talde lana eta talde estrategia didaktikoak	72
Talde laneko errendimendu faktoreak	74
Talde estrategia didaktikoak	76
3. Programa didaktikoa	79

3.1. Aurrekariak.....	79
3.2. Irakasgaiko Gaitasunak eta Helburuak.....	81
3.3. Planteamendu eta metodologia didaktikoa.....	82
3.4. Taldean burututako proiektua	88
Proiektuaren gida galdera eta agertokia.....	88
Talde tamaina.....	89
Proiektuaren ikasketa emaitzak.....	89
Proiektuaren ikasketa emaitzak lantzeko estrategiak	91
3.5. Irakasgaiaren plangintza	105
3.6. Ebaluazio sistema eta irakasgaiaren jarraipena.....	116
4. Metodologia	121
4.1. Ikerketaren testuingurua	121
Planteamendu didaktikoen desberdintasunak	123
4.2. Ikerketaren perspektiba.....	125
4.3. Ikerketa mota: kuasiesperimentala.....	125
4.4. Ikerketa diseinua	126
4.5. Ikerketa instrumentuak.....	130
Modelo Probak.....	130
Multzo Proba	139
Dokumentuak (Planoaren Proba).....	144
Inkestak	149
Elkarrizketak	153
Behaketa zuzenak.....	154
4.6. Ikerketa prozedurak	155
Datuen bilketa	155
Datuen tratamendua.....	156
Datuen analisisa.....	157
5. Ezagutza eta emaitzak.....	159
5.1. Lehenengo hipotesia	159
Laginaren ezaugarriak	160
Emaitza estatistikoak.....	162
Hipotesiaren ebaluazioa.....	191

5.2. Bigarren hipotesia	199
Laginaren ezaugarriak	200
Emaitzak	201
Hipotesiaren ebaluazioa.....	209
5.3. Hirugarren hipotesia	213
Laginaren ezaugarriak	214
Emaitzak	214
Hipotesiaren ebaluazioa.....	224
6. Ondorioak.....	227
6.1. Ikerketaren ondorioak	227
6.2. Hipotesien ebaluazioaren laburpena.....	229
6.3. Inplikazio eta aplikazioen eztabaida	233
6.4. ikerketa mugak.....	234
6.5. etorkizunerako ikerketa lerroak.....	235
7. Bibliografia	237
8. Eranskinak	251
8.1. Modelo probako planoak.....	251
Aurre testeko modeloaren planoak	253
Test ondoko modeloaren planoak	257
8.2. Multzo probako planoak	261
8.3. Plano probako multzo planoak	265

Taula eta Grafiko zerrenda

2.1 Taula. Hartman-en modelaketa prozedura amankomuna.....	37
2.2 Taula. Metodologia didaktikoaren ikuspegia. Du et al.-etik (2009) egokitua.	65
3.1 Taula. Irakasgaiaren gaitasunen garapenaren eskema.....	83
3.1 Irudia. Piezaren modelaketa jarduera. Rynne eta Gaughran -etik (2007) egokitua.	94
3.2 Taula. 1.saioaren programazioa.....	106
3.3 Taula. 2.saioaren programazioa.....	106
3.4 Taula. 3.saioaren programazioa.....	107
3.5Taula. 4.saioaren programazioa.....	108
3-6 Taula. 5.saioaren programazioa.....	108
3.7 Taula. 6.saioaren programazioa.....	109
3.8 Taula. 7.saioaren programazioa.....	110
3.9 Taula. 8.saioaren programazioa.....	111
3.10 Taula. 9.saioaren programazioa.....	112
3.11 Taula. 10.saioaren programazioa.....	113
3.12 Taula. 11.saioaren programazioa.....	113
3.13 Taula. 12.saioaren programazioa.....	114
3.14 Taula. 13.saioaren programazioa.....	114
3.15 Taula. 14.saioaren programazioa.....	115
3.16 Taula. 15.saioaren programazioa.....	115
4.1Taula. Metodologia didaktikoen arteko desberdintasuna.....	124
4.2 Taula. Lehenengo hipotesiaren ikerketa diseinua	127
4.3 Taula. Bigarren hipotesiaren ikerketa diseinua.....	128
4.4 Taula. Hirugarren hipotesiaren ikerketa diseinua.....	129
5.1 Taula. Aurre-testa eta test ondoko laginaren datuak modelo probarentzat.....	161
5.2 Taula. Laginaren datuak multzo probarentzat.....	162
5.3 Taula. Laginaren datuak plano probarentzat.....	162
5.4 Taula eta Mosaiko Grafikoa. Modelo osoak taldeka aurre-test eta test-ondoan.....	163
5.5 Taula. Akats kopurua taldeka aurre testean eta test-ondoan	164

5.6 Grafikoak. Akats kopuruaren histograma eta banaketa taldeka aurre testean eta test-ondoan	166
5.7 Taula eta Mosaiko Grafikoa. Baliozko modeloa taldeka aurre-test eta test-ondoan..	167
5.8 Taula eta Mosaiko Grafikoa. Zirriborroaren guztizko definizioa taldeka aurre-test eta test-ondoan.....	168
5.9 Taula. Kotak eta erlazioak zirriborroan taldeka aurre-test eta test-ondoan.	169
5.8 Taula eta Mosaiko Grafikoa. Aldaketak jasateko gaitasuna taldeka aurre-test eta test-ondoan.	170
5.10 Taula eta Mosaiko Grafikoa. Modelo tinkoa taldeka aurre-test eta test-ondoan.	171
5.11 Taula. Zirriborroaren soberako elementuak eta eraiketa anizkunak taldeka aurre-test eta test-ondoan.....	172
5.12 Taula. Eragiketa kopurua taldeka aurre-test eta test-ondoan.....	173
5.13 Grafikoak. Eragiketa kopurua parekatutako talde histograman aurre-test eta test-ondoan.	174
5.14 Taula eta Mosaiko Grafikoa. Modelo laburra taldeka aurre-test eta test-ondoan. ...	175
5.15 Taula. Modelo kokapen egokia, eragiketa ez egokiak eta eragiketa sekuentzia hoberenarekin bat etortzea taldeka aurre-test eta test-ondoan.	176
5.16 Taula eta Mosaiko Grafikoa. Modelo diseinu intentzioarekin bat etortzea taldeka aurre-test eta test-ondoan.....	177
5.17 Taula eta Mosaiko Grafikoa. Multzo osoa.	179
5.18 Taula eta Mosaiko Grafikoa. Multzo tinkoa.	180
5.19 Taula eta Boxplot Grafikoa. Erlazio kopuru egokiarekin mugatutako pieza kopurua multzoan.	181
5.20 Taula eta Mosaiko Grafikoa. Multzoa 1 piezatik hasi.	182
5.21 Taula eta Mosaiko Grafikoa. Piezen erlazioek diseinu intentzioa jarraitu.....	182
5.22 Taula eta Mosaiko Grafikoa. Muntaketak diseinu intentzioa jarraitu.	183
5.23 Taula eta Mosaiko Grafikoa. Multzoak diseinu intentzioarekin bat.	184
5.24 Taula eta Mosaiko Grafikoa. Piezaren interpretazio geometrikoa.	185
5.25 Taula. Eskala, bista eta ebakidura eta sekzio adierazleak.....	186
5.26 Mosaiko Grafikoak. Bista eta ebakidura eta sekzio adierazleak.	187
5.27 Taula. Ardatzak, kotatzea, perdoiak eta gainazal akaberak adierazleak.	188
5.28 Mosaiko Grafikoak. Ardatzak eta kotatze adierazleak.....	188
5.29 Taula. Perspektiba isometrikoa.....	189
5.30 Taula eta Grafikoa. Adituen irizpideekin ezarritako nota.	190

5.31 Taula. Pieza probaren laburpena.	191
5.32 Taula. Multzo probaren laburpena..	194
5.33 Taula. Plano probaren laburpena.....	196
5.34 Taula. Aurre-testa eta test ondoko laginaren datuak modelo probarentzat.....	200
5.35 Taula. Baliozko modelo dimentsioa	202
5.36 Taula. Kotak izan, kotak faltan eta erlazioak faltan azpi adierazleak.....	203
5.37 Taula. Zirriborroa erabat definitua eta aldaketak jasan adierazleak.	204
5.38 Taula. Modelo tinkoa dimentsioa	204
5.39 Taula. soberako elementuak zirriborroan eta eragiketa anizkunak adierazleak.	205
5.40 Taula eta Grafikoak. Eragiketa kopurua kontrol taldean eta talde esperimentalean.	206
5.41 Taula. Eragiketa kopurua adierazlea.	207
5.42 Taula. Modeloaren laburra dimentsioa.	207
5.43 Taula. Modeloaren kokapen egokia, eragiketa ez egokiak eta eragiketa sekuentzia hoberena.	208
5.44 Taula. Modeloa diseinu intentzioarekin bat dator dimentsioa.....	209
5.45 Taula. Dimentsio eta adierazleen efektuaren tamaina laburpen taula..	211
5.46 Grafikoa. T1. Barne funtzionamendu eta erlazio faktoreak.....	216
5.47 Taula. T1. Barne funtzionamendu eta erlazio faktoreak.....	217
5.48 Grafikoa. T2. Proiektu antolaketa eta kudeaketa faktoreak.....	219
5.49 Taula. T2. Proiektu antolaketa eta kudeaketa faktoreak.....	219
5.50 Grafikoa. Adierazle aldaketa nabarmenenak aurre eta ondoko garrantzian galdera irekietan.	222

Irudi zerrenda

2.1 Irudia. Diseinu Prozesuaren etapak (French, 1998).....	29
3.1 Irudia. Piezaren modelaketa jarduera. Rynne eta Gaughran -etik (2007) egokitua.	94
4.1. Irudia. Modelo probaren bigarren plano (Test-ondokoa).....	135
4.2. Irudia. Modelo probaren bigarren modeloa (Test-ondokoa)	135
4.3 Irudia. Molde emearekin interferentziak.....	136
4.4 Irudia. Eragiketa sekuentzia hoberenaren proposamena.....	137
4.5 Irudia. Multzo muntaketarako plano.	141
4.6. Irudia. Multzo muntatua Solid Edgen	143
4.7 Irudia. Plano probako plano.....	145

1. SARRERA

1.1 Ikerketaren iturburua

“Ez, ezin da aldatu” ikasketa amaierako proiektua egiten ari zen ikasle baten hitzak ziren tutoreak gomendatutako hobekuntzei, CAD modeloaren geometriaren ezintasunak agerian uzten zuenaren aurrean. Ez da aurreneko kasua, ezta azkena ere. Donostiako Eskola Politeknikoan emandako gertaera hau, beste edozein unibertsitatean edo CAD (Computer-Aided Design) sistemaren erabilera esparruan entzun ahal diren hitzak dira.

Produktuen adierazpen geometrikoen akatsengatik, zenbait miloi eurotako galerak industria mailan jasaten dituztela balioztatu da (Izurieta, 1998). Proiektu askoren atzerapenaren arrazoia, CAD estrategia eta inplementazio egoki falta izaten dela nabarmentzen dute zenbait autoreek (Gielingh, 2008; Jackson and Prawel, 2013). Merkatuen produktu eskari zabalagoari erantzuteko eta merkaturatze denbora azkarragoen bila, enpresek produktuaren garapen denborak laburtzen murgildu dira, ingeniariak konkurrentea, PLM (Product Lifecycle Management) kudeaketa softwarea, design thinking filosofia,... honen erakusgarri dira. Baina ez dago denbora ezta baliabiderik enpresa gehienetan produktuaren diseinu zerotik hasteko (Ong, 2008). Ondorioz, aurreko diseinu prozesuetan lortutako ezagutzak eta baliabideak aplikatzea garrantzia erabakigarria dute (Peng and Trappey, 1996; Ullman, 2009; Li et al., 2009). Merkaturatze eta lehiakortasun presioen ondorioz, CAD erabiltzaileen %44-ak produktu garapenean aldaketa gehiegi esperimentatzen dituztela diote eta %38-ak, azken orduko produktu definizioaren aldaketa sakonak, PTC-ek 2001-ean CAD joerei buruz jasotako

inkestaren arabera (PTC Study, 2001). Era berean, diseinu berrerabilpenaren egoerari buruzko txostenak (Aberden Group, 2007), kontsultatutako enpresen %100-ek produktuen diseinuak berrerabiltzen dituztela eta arazo nagusiak (1) modeloen aldaketak burutzeko aditu izan behar dela, (2) modeloak zurrinak direla eta aldaketen ostean akatsak ematen dituztela eta (3) aldaketa arrakastatsuak jatorrizko diseinatzaileak bakarrik egin ditzaketela, nabarmentzen du. Ildo beretik, Salehi et al.,-ek (2009) elkarrizketatutako 153 automobil industriako ingeniarien artean, %81-ak zaila aurkitzen zuten beste diseinatzaile batek sortutako modeloetan aldaketak egitea. Kasu hauetan modeloen konponketak eskatzen duen arduraldia, berrerabilpenerako bideraezinak bihurtzen ditu eta industrian, nahiago izaten da modeloa berriz hastea (Rodriguez et al., 1998; Mandorli and Otto, 2013; Gebhard, 2013). CAD sistemen garrantzia produktuaren garapen prozesuan kontutan izanda, produktuaren diseinua produktu birtualaren sorrerara parekatu daitekeenez (Peng et al., 2012), CAD diseinuaren konplexutasuna produktuarekin erlazionatua baino, produktuaren garapen prozesuarekin erlazionatua dagoela esan liteke (Bodein et al., 2014). Beraz, erantzuna hobetzen duten CAD modeloen eta diseinu intentzioa jarraitzen dituzten modelaketa estrategia efizienteen beharra dago, diseinu intentzioa, modeloa nola sortu beharko den eta honen portaera aldaketen aurrean bezala ulertuta (Company et al., 2014a; Otey et al., 2014; Rynne et al., 2010).

Ezagutza estrategikoa hau aletzen eta zehazten saiakerak egin dituzte zenbait autoreek (Hartman, 2004, 2005; I. Chester, 2007; Rynne et al., 2010; Peng et al., 2014). Modelaketa estrategiak eta prozedurak aztertu dituzten ikerlariak, trebakuntzaren papera ezagutza estrategikoaren igorpenean azpimarratzen dute eta trebakuntzak kontutan eduki beharko lituzkeen gakoak proposatzen dituzte. Baina proposamen hauek zalantza bat sorrarazten dute: ohiko irakaskuntza metodologiak jarraituz bideragarriak al dira? Mandorli and Otto-ren (2013) hitzetan “egungo hezkuntza filosofiak ez die ezagutza estrategiko eta ulermen nahikoa eskaintzen ikasleei CAD sistemak erabili beharko ziren bezala erabiltzeko, hau da, diseinu intentzioa garatu eta adierazteko ezagutza-intentsiboko tresna moduan”. Hari beretik, ikerlari ugari dira trebakuntzaren norabide aldaketa bat proposatzen dutenak eta goi mailako enpresak

egin bezala (Abeerden Group, 2007), CAD ezagutzak garatzeko trebakuntzaren aldeko apustua egin dutenak (Bhavnani, 2000; Chester, 2008; Company et al., 2013; David et al., 2006; Diwakaran and Johnson, 2012; Johnson and Diwakaran, 2011a; Menary et al., 2011; Rynne and Gaughran, 2007; Salehi et al., 2009).

Bestalde, lanbide jardueran baliagarri diren ezagutzen aplikazioan gaitasun beharrak hobeto asetzeko erantzun moduan jaiotzen da Problemetan Oinarritutako Ikaskuntza (PBL) (H. S. Barrows, 1996) eta Proiektuetan Oinarritutako Ikaskuntza, azkena PBL-tik eratorritako modeloa bezala eta ingeniariartzako beharretan ikuspegia jarrita (Graaff and Kolmos, 2007). Ikaskuntzaren metodologia aktiboak kontsideratuta, Goi-mailako Hezkuntzarako Europar Esparruak (GHEE) egokitzapenerako gomendio metodologikoen babesa dute. PBL-an (bai problema bai proiektuetan), ikasleak ikaskuntzaren muina dira eta taldeetan lan eginez, problemaren ebazpen prozesuaren bitartez ezagutzak integratu eta berriak bilatzen dituzte irakaslearen laguntzarekin (Schmidt et al., 2011).

PBL-ak literatur zientifiko oparoa du bere berrogei urteetako existentzian, batez ere azken hamarkadan, eta bere eraginkortasunaren ebidentzia nahiko topa daitezke hurrengo aspektuetan (H. S. Barrows, 1996; Biggs, 2011; Du, 2006; Graaf and Kolmos, 2003; Hmelo and Evensen, 2000; Jones, 2006; Kolmos et al., 2009; Lehmann et al., 2008; Savin-Baden, 2000; Strobel and van Barneveld, 2009): ikaslearen ikaskuntza aktiboa hobetzen du, diziplina aniztasun ezagutza eta gaitasunak integratzen ditu, ikaskuntzaren sakontasuna eta esanahia handitzen ditu, elkarlana, komunikazioa eta kudeaketa garatzen ditu, ikaslearen pentsamendu kritikoa bultzatzen du eta ikasketa autonomoa sustatzen du.

PBL-aren problemak diseinatzerakoan, diziplina ezagutzen eta prozesuan garatzen diren gaitasunen, talde laneko gaitasuna esaterako, oreka kontutan izan behar da (Savin-Baden, 2007), are gehiago, problemaren planteamenduak ikasleei ikasketa emaitzak identifikatzen lagundu behar die (Hmelo-Silver, 2004). PBL-eko problemen errealitate kutsuak eta ikaskuntza prozesuko hainbat elementuen (rolen esleipena, zereginen kudeaketa eta kontrola, kanpo laguntzak,...) jarduera

profesionaleko erroek, ikaskuntzari lanbide testuingurua ematen diote (Dutch, 2001; Jones, 2006; Vega Gonzalez and Fernandez Lozano, 2005). CAD irakasgai baten kasuan adibidez, gaitasunak garatzeko testuinguru profesionala, diseinuaren alorrean kokatzen diren proiektuak izatea arrazoizkoa dirudi, diseinu jarduerak proiektuetan burutzen baitira (Alemzadeh and Burgess, 2005; Ellis, 1991). Baina kurtso hauetako askok, CAD softwarearen erabilera instrumentalean zentratzen dira, kontzeptuetan arreta eskasa jarriz (Ault, 2011).

PBL-aren garapena talde txikietan ematen denez, talde lan arrakastatsurako gomendagarria da trebakuntza jasotzea (Hansen, 2006; Johnson et al., 1998; Salas et al., 2008). Taldean aritzea edo talde lana eraginkorki egitea, ez da gauza bera eta berez ikasleek garatuko duten gaitasuna izan daitekeela suposatzea, aurretik trebakuntza jaso ezean, gehiegi suposatzea izan liteke. Era berean, CAD softwarea erabiltzea eta CAD erabilera eraginkorrean gaitasuna izatea antagonikoak izan daitezke eta trebakuntza egokitu batean oinarritzen ez bada, konponbide neketsua duten ohitura ez zuzenen jatorria (Menary et al., 2011).

Aurreko testuinguruan kokatzen da Ordenagailu Bidezko Diseinuaren Gehikuntza irakasgaiaren erdiratzen den tesi honen ikerketa. CAD softwarearen erabilera eraginkorra gaitasuna garatzea helburu moduan duen irakasgaiaren planteamendu metodologikoaren berrikuspenean hasita, ikaskuntza aktiboaren aldeko proposamen bat burutzen da eta lortutako emaitzen ikerketa kuantitatiboak proposamenaren ebaluazioa bideratzen du hiru alderdietan: ohiko planteamenduekin alderatuta, proposamenean azpimarratzen diren kalitatezko CAD modeloen atributuen erlazioa modeloaren osotasunarekin aztertuz eta PBL oinarritutako planteamendua izanik, talde lanaren garapenerako baliagarritasunean, beti ere, ikerketaren zerumugan “aldaketa posiblea dela” leloa egonik.

1.2. Ikerketaren xedea

Ikerketa honen xedea, batetik CAD softwarearen erabilera eraginkorra gaitasuna lortzeko Ordenagailu Bidezko Diseinuaren Gehikuntza irakasgaiko proposamen didaktiko bat burutu eta ebaluatzea da. Irakasgaiaren planteamendu metodologikoa, ikaskuntza aktiboetan oinarritzen da, hau da, PBL-aren ikuspegitik, diseinu proiektu baten garapena taldean ardatzen duen irakasgaiaren plangintza eta jarduera programa baten diseinua burutzen dira. Proiektua irakasgaiaren ardatza bada ere, irakasgaiaren definitzen diren gaitasunak garatzen laguntzeko aldordioak diren jarduerak diseinatzen dira, ikaslearen karga kognitiboa arintzeko (Schmidt et al., 2007).

Behin planteamenduaren ezarpena burutu denean, ohiko irakaskuntzarekin alderatzen da eta berrikuspen bibliografikoak nabarmentzen dituen bi hutsuneei erantzuna ematea lortu den egiaztatzen da: batetik, PBL-era egokitutako proposamen didaktikoan, CAD trebakuntzan ikaslearen eta ezagutza estrategikoan arreta jartzea (Johnson and Diwakaran, 2010, 2011b; Peng et al., 2012; Bodein et al., 2014) eta bestetik, CAD ezagutzen ikaskuntzaren erdiespenari buruzko ikerketa enpirikoa burutzea (Hamade et al., 2007; Lang et al., 1991; Schmitz, 1999; Wu, 2009). Piegler-ek (2005) CAD trebakuntza, ordenagailu bidezko diseinuaren hamar erronken artean kokatzen du.

Bestetik, planteamendu metodologikoa PBL-an oinarritzen denez, estrategia didaktiko honi egotzen zaizkion gaitasun iraunkorrak garatzeko aipostasuna kontutan izanik (Du, 2006; Jones, 2006; Kolmos, 1996; Lehmann et al., 2008), irakasgaiaren CAD erabilera eraginkorra gaitasuna eskuratzeko, gaitasun horietako batean sakontzea aukeratzen da, talde lana. Hau da irakasgaiaren bigarren gaitasuna definitzeko arrazoia eta jarduera programa bien lanketarako diseinatzen denez, ikerketa honetan, aspektu honen baliagarritasuna neurtzeko argudioa.

Ikerketaren helburu orokor eta partikularrak

Ikerketaren helburu orokorra, PBL-an oinarritzen den planteamendu didaktikoaren baliotasuna Ordenagailu Bidezko Diseinuaren Gehikuntza irakasgaiaren definitzen diren gaitasunak garatzeko egiaztatzea da. Hau da, irakasgaiaren azterketa holistikoaren beharra antzematen da industria eta hezkuntza paradigmen bultzadaren ondorioz eta planteamenduaren berrikuspenak, diseinu proiektu baten garapenaren ildotik, CAD softwarearen erabilera eta talde lana gaitasunak erdiesteko, jarduera programa diseinatzea eskatzen du. Beraz, ikerketaren bidez bilatuko diren helburuak hurrengoak dira:

- PBLan oinarritutako planteamendu didaktikoa egitea. Irakasgaiaren gaitasunak definitu eta proiektuaren agertokira itzuli, proiektuaren ikasketa emaitzekin lerrokatuta egon daitezen eta proiektuaren garapenaren euskarri izango den jarduera programa diseinatu.
- Planteamenduaren ezarpena. Planteamenduaren gabeziak identifikatu eta ertzak borobildu.
- Ikerketa diseinua eta planteamenduaren testa. Baliozkotasunaren hipotesia egiaztatu asmoz, ikerketa probak diseinatu eta ikerketa taldeen laginak hartu.
- Ikerketaren analisia eta ondorioak. Emaitzen adierazgarritasuna eztabaidatu, ondorioak lortu eta estrapolagarriak direnak nabarmendu.

1.3. Hipotesiaren adierazpena

Ikerketaren xedeak, ikerketa bideratzen duten hurrengo galderak sortarazten ditu:

PBL-aren inplementazioak, irakasgaiko programaren berrikuspena dakar. Talde lanaren bidez garatuko den proiektuak garrantzia hartzen du, eduki eta denbora mailan, beraz, ezin da CAD softwarearen ezagutza deklaratioan (softwarearen aukera desberdinen ezagutza) lehen adina sakondu. Edukiak aukeratu eta ezagutza

estrategikoaren aldeko proposamen bat burutzen da jarduera programaren diseinuaren bidez. Planteamendu berriaren helburua ikasketa emaitzak hobetzea da, baina ohiko metodologiarekin lortzen ziren emaitzekin konparatuta, hobeak direla esan liteke?

Bestalde, ikasleek proiektua garatzen hasteko, CAD softwarearen oinarritzko ezagutzak lortzeko jarduera programa diseinatu da, besteak beste, modeloen sorreraren, multzoen muntaketaren eta planoen adierazpenaren aspektu estrategikoak nabarmenduz. Baina, jarduera programa hau aproposa al da ikasleak burutzen diseinuetan kalitatezko aspektu horien finkapenean? Ikasleen CAD modeloetan, aspektu horiek diseinatzen dituzten modeloen osotasun mailan zerikusia dute?

Era berean, planteamendu berriaren ardatza taldean garatutako proiektua denez, adituek gomendatzen duten moduan, talde lana eraginkorra izan dadin, jarduera programaren bidezko trebakuntza diseinatzen da eta hurrengo galdera azaleratzen da: jarduera programa egokia al da proiektu baten garapeneko testuinguruan talde lan eraginkorreko trebakuntza emateko ikasleei?

Galdera hauen inguruko hausnarketak, galdera hauetatik eratorritako hipotesiak egiaztatzeko, ikerketa diseinu baten antolamendua eta testa, ondorio bezala dakar. Hipotesiek, PBL-era moldatutako proposamen didaktikoak Ordenagailu Bidezko Diseinuaren Gehikuntza irakasgaiaren gaitasunak garatzeko egokitasunean dute jatorria eta honela formulatzen dira:

H1: Proposamen didaktikoan oinarritutako trebakuntza eta ohiko irakaskuntza jaso duten ikasleen CAD modelo, multzo eta planoen artean kalitate desberdintasuna existitzen da.

H2: Berrikuspen bibliografikoan identifikatu diren kalitatezko CAD modeloen atributuak, CAD modeloen osotasunarekin erlazionatuta daude.

H3: PBL-an oinarritutako proposamen didaktikoa, proiektu bat garatzeko talde lan eraginkorrean eragiten duten adierazleen hobekuntza lortzen du.

1.4. Tesiaren egitura

Lehenengo atalak ikerketari sarrera ematen dio, ikerketaren iturburua kokatuz eta ikerketaren xedea zehaztuz. Ondoren ikerketaren helburu orokor eta partikularrak definitzen dira, ikerketa hipotesien formulazioarekin bukatzeko.

Bigarren atalean ikerketaren esparru teorikoa lantzen da. CAD sistemen papera produktuaren garapenean eta diseinu industrialaren prozesuaren baldintzapenak aztertu egiten dira, CAD trebakuntzan burutu diren proposamenekin jarraitzeko. Era berean, unibertsitatearen paradigma didaktikoen eskaerak deskribatzen dira eta ikaskuntza metodologia aktiboen beharra nabarmentzen da. Metodologia horien artean, PBL-a aztertzen da, historia, oinarriak, modeloak eta ezaugarri nagusiak xehatuz. Ezaugarri nagusien artean proiektu bat garatzeko talde lanaren aspektuan sakontzen da.

Hirugarren atalean, berrikuspen bibliografikoan oinarritzen den eta Ordenagailu Bidezko Diseinuaren Gehikuntza irakasgaiaren beharrak asetzen dituen proposamen didaktiko bat deskribatzen da. Irakasgaiaren gaitasunak, helburuak, planteamendua eta metodologia didaktikoa definitzen dira. Ikasleek burutu behar duten eta irakasgaia ardazten duen proiektuaren agertokia deskribatzen da, ikasketa emaitzak eta hauek lantzeko estrategiak azalduz. Irakasgaiaren plangintzaren asteroko zehaztapenarekin jarraitzen da, ebaluazio sistema eta irakasgaiaren jarraipenarekin bukatzeko.

Laugarren atalean, ikerketa hipotesien ebaluaziorako, ikerketaren testuingurua, perspektiba, mota eta diseinua planteatzen dira. Ikerketarako datuak jasotzeko instrumentuak deskribatzen dira eta datuen tratamendu eta analisirako prozedurak xehatzen dira.

Bosgarren atalak datuen tratamendutik lortutako emaitzak azaltzen ditu. Hipotesiak banaka aztertzen dira: hipotesi bakoitzarentzat laginaren ezaugarriak deskribatu, probetatik lortutako datuen emaitza estatistikoak azaldu, emaitzak eztabaidatu eta hipotesiaren ebaluazioa burutzen da.

Azken atalean, seigarrena, ondorioak, hipotesien ebaluazioaren laburpena, ikerketaren mugak eta etorkizunerako ikerketa lerroen proposamena jasotzen da.

2. ESPARRU TEORIKOA

Ikerketaren oinarri teorikoa lantzen da atal honetan. Lehenengo puntuetan, CAD sistemen papera produktuaren garapenean eta diseinu industrialaren prozesuaren baldintzapenak, aztertu egiten dira. Ondoren, aurreko puntuetan identifikatzen diren beharrak asetzeko CAD diseinuan kontutan hartu diren aspektuak nabarmendu eta autore desberdinek CAD trebakuntzan burutu dituzten proposamenen berrikuspen bibliografikoa burutzen da.

Era berean, unibertsitatearen paradigma didaktikoen eskaerak deskribatzen dira, partikularki, ikaskuntza metodologia aktiboen inplementazioaren beharrea arreta jarritz. Metodologia aktiboen artean, PBL-a aztertzen da, bere historia, oinarriak, modeloak eta ezaugarri nagusiak xehatuz. Azkenik, ezaugarri nagusien artean, ikerketarako esanguratsua den proiektu bat garatzeko talde lanaren alderdian sakontzen da.

2.1. Sarrera. CAD sorrera eta bilakaera

CAD-eko programen aitzindaria, Ivan Sutherland-ek 1963-an bere MIT-eko tesian garatutako Sketchpad programa kontsideratzen da. Lehenengo belaunaldiko softwareak enpresa barruan sortu baziren ere, 1970ko hamarkadan azaldu ziren aurreneko CAD programa komertzialak. Geroztik, geometriaren sorreraren oinarri finkoak garatzen zentratu ziren software hauen bilakaera handia izan da (Hoffmann, 2005).

Tornincasa and Di Monaco-k (2010) solidoen errepresentazio metodoen inguruan egindako txostenean, CAD sistemen bost belaunaldi bereizten dituzte:

Lehenengo belaunaldia edo Computer Aided-Drafting, irudikatu beharreko objektuaren ertzen proiektzio, euskarri-paperezko planoetan bezala marrazten da. Bigarren belaunaldian, objektuaren ertzak 3Dko espazioan irudikatzen dira (Wireframe representation) eta 2Dko bistak sortzea posible da edozein ikuspuntutik. Hirugarren belaunaldian, objektua bere banaketa gainazalez adierazten da (Boundary Representation or B-Rep). Gainazal elementuek muntatu egiten dira modelatu beharreko objektuaren 3D espazioa mugatuz eta itxiz. Muga elementuen arteko erasoek modeloaren topologia definitzen dute eta geometria, bere propietate parametrikoei.

Laugarren belaunaldian, objektuak betetako 3D espazioaz irudikatzen dira (Constructive Solid Geometry, CSG). Modeloa, forma solido primitiboen (esferak, zilindroak, prismak,...) eragiketa boolearrekin eraikitzen da. Solido primitiboak parametrizatuak dira, adibidez, zilindroa definitzeko, oinarriaren diametroa eta altura eman behar dira. CSG bidez sortzen diren objektuak zuhaitz egiturako datu-basean gordetzen dira. CAD sistema hauetan, CSG solidoetan B-rep eragiketak konbinatzen dira.

Bosgarren belaunaldiko softwaretan objektua bere “feature” edo tasunegatik (Feature based systems) adierazten da. “Feature” edo tasuna, ezaugarri propio batzuk dituen entitate geometriko multzo bat da, forma edo funtzionaltasun batekin erlazionatu daitekeena. Mandorli and Otto-ren (2013) hitzetan “tasuna, pieza mekaniko baten formari abstrakzio maila altuagotik begiratzea da”.

Modeloak edo piezak, forma tasun atxikimendu eragiketa sekuentzien bidez eraikitzen dira (Chen and Hoffmann, 1995). Sistema hauei teknologia parametrikoki eta bariazionalak (variational) malgutasuna gehitzen die: tasunak parametroetan oinarritzen dira eta parametroek modeloaren geometria zehazten dute, hauen balioen aldaketak geometriaren eguneratzea dakarrelarik. Alegia, modelatutako objektuaren

hasierako forma eta neurriak aldatu daitezke eta ondorengo eragiketen efektuak mantendu, adibidez, ertzen biribilketa edo zuloen posizioa (Chester, 2007).

Bestalde, software erabiltzailearen diseinu pausuak erregistratzen dituzte, hau da, tasunen sortze ordena gordetzen dute historia zuhaitzean. Horregatik historian oinarritutako CAD sistema (history-based CAD system) bezala ezagunak dira ere. Modelo parametrikotan, diseinu aldaketak beharrezkoak direnean, neurriak eta erlazio aldatzea erraza da, horrekin historia zuhaitza automatikoki eguneratzen delarik. Beraz, modelaketa parametrikokoak adimena gehitzen dio historia zuhaitzari (Rynne eta Gaughran, 2007).

Azken hamarkadan, tasunetan oinarritutako CAD sistemak ingeniartzako inguru profesionaletan estandarra bihurtu dira, (Mandorli and Otto, 2013; Shah, 1995; Stroud, 2011). Honen arrazoiaren testuingurua, hurrengo puntuetan aztertuko da.

2.2. CAD eta Produktu Garapena

Produktu berrien garapen(NPD, New Product Development) prozesuak eraldaketa sakona jasan du azken bi hamarkadetan (Contero et al., 2002). Enpresek lehiakortasuna mantentzeko produktuen garapen prozesua laburtu behar dute eta prozesu hori hobetzen duten teknikak aplikatzen dituzte, produktuaren bizi-zikloaren kudeaketa (PLM Product Lifecycle Management) adibidez (Alemzadeh and Burgess, 2005). PLM informazio kudeaketa sistema bat da, informazio teknologiak produktuaren kontzeptualizaziotik, diseinu eta manufakturatik pasaz, produktuaren ezabatze edo birziklaketararte integratzen dituen, ingeniartza konkurrentearen prozesuak gauzatzuz. Ingeniartza konkurrentearen ezarpena gakoa izan da merkaturatze denbora azkarragoei, produktuaren kostuen murrizketei eta kalitate eskakizunen igoerei erantzuteko. Ingeniartza konkurrentea hurbilketa sistemiko bat da produktuak eta hauekin erlazionatutako prozesuak, manufakturatik hasita, bezeroaren arreta zerbitzurarte integratzen dituen.

Azken urteetan sortu diren enpresa modelo berriekin, ingeniari-tza konkurrentearen kontzeptua zabaltzen joan da eta enpresa bazkide eta hornitzaileak komunikazio tresna aurreratuen bidez barneratu ditu, elkarlaneko ingeniari-tza (collaborative engineering) deitzen denari pauso emanaz (Mills, 1998).

Produktu garapenean prozesatu beharreko informazio ugaria denez, informazio teknologiaz eta ingeniari-tza konkurrente eta elkarlaneko ingeniari-tza bidez lantzen da (González and Tome, 2002). PDM (Product Data Management systems) sistemak oinarri moduan hartu dira produktuaren prozesu honetan parte hartzen duten informazio fluxuak kudeatzeko. PDM sistemak, CAD fitxategi antolatzaile izatetik ingeniari-tzako datu eta prozesuak kudeatzeko funtzioak eskaintzera pasa dira (Contero et al., 2002). Hurbilketa honetan, software garatzaileek produktuaren bizi zikloaren elementuak kontsideratu behar dituzte produktuaren kontzeptualizaziotik ezabatzerarte, bezeroaren eskakizunak, kalitatea, kostua eta plangintza sartuta (Pham and Dimov, 1998).

Beraz, produktu berri baten sorreran, produktuan parte hartzen duten agenteen eskakizun eta beharrei aldi berean erantzun behar zaie. Honela produktuaren garapeneko aspektuak era integralean landu behar dira, hasieratik produktu berrien garapena prozesu iteratiboa eta aldiberekoa bilakatu delarik (Ortuño and Westermeyer, 2009).

Bestalde, produktuaren merkaturatze (time-to-market) denbora murriztea bilatzen da, beste enpresekiko lehiakortasun abantaila mantentzeko eta merkatuaren eskariei erantzuteko. Produktuaren garapen azkarrak, enpresei bere produktuaren hobekuntzak etengabe egitea errazten die (Alemzadeh and Burgess, 2005). Ikusmira diseinuan jarrita eta diseinu jarduerak duten pisua denboraren plangintzan kontutan edukita, diseinu prozesua optimizatzea bilatzen da.

2.3. Diseinu industrialaren prozesua

Produktu baten sorreran, diseinu funtzioak, ingeniaritza eta diseinu industrialak biltzen ditu (Ulrich and Eppinger, 2011). Produktuaren diseinu industrialak, produktua bere osotasunean sortzeko prozesua bezala ulertzen da, ez da bere itxura fisikora bakarrik mugatzen. Diseinu industrialak, industria produkzioarengatik baldintzatuta dauden giza inguruneak pilatzen ditu. Hau da, produktua seriean produzitzeko aspektu tekniko-teknologikoez gain, merkatuaren beharrak eta produktuaren aspektu kultural, komunikatzaile eta funtzionalak kontutan eduki behar ditu.

ICSID (International Council of Societies of Industrial Design) bere diseinu industrialari buruzko definizioaren azken berrikuspenean honako hau dio (ICSID, 2015):

“Diseinua objektuak, prozesu eta zerbitzuen aldeaniztuneko nolakotasunak ezartzea helburu duen jarduera sortzaile bat da, halaber, beraien sistema eta bizitza zikloa modu osoan ezartzen dituen. Honenbestez, diseinua berrikuntza eta teknologien humanizazioarako faktore gakoa da eta elkartruke kultural eta ekonomikorako faktore erabakigarria”

Diseinua, “industrial” epigrafea duena ere, espektro zabaleko lanbide bezala ulertzen dela aipatzen da aurreko definizioaren jarraipenean eta bizitzaren eta gizartearen hobekuntza bilatzen duten beharren konplexutasun berrietan parte hartzen duela beste lanbide askorekin gaineratzen da.

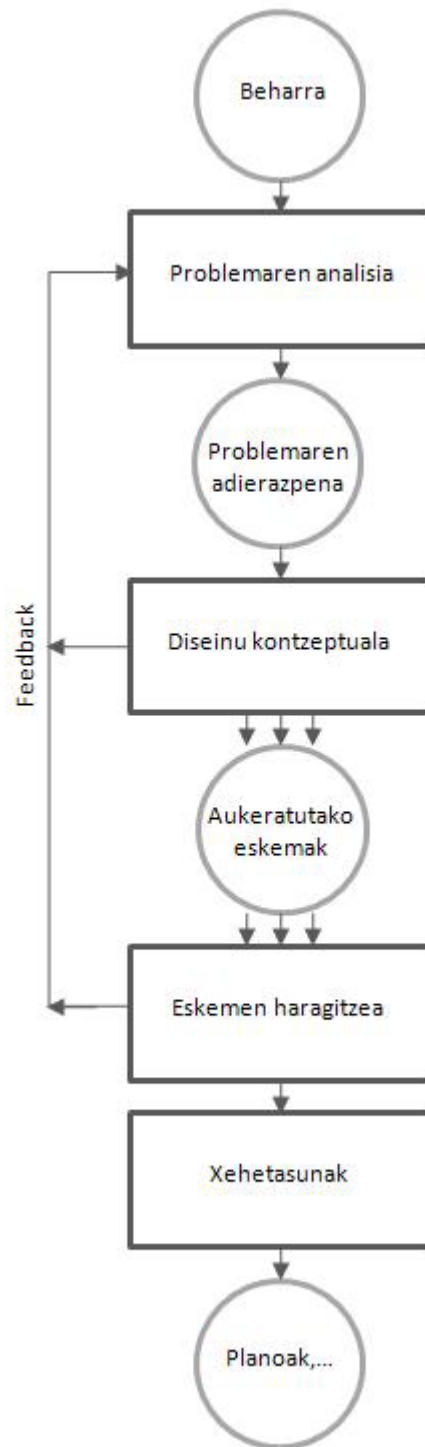
Era berean, ico-D (Council of Design) erakundeak diseinatzaileak diseinu praktika eta teoriara hurbilketa hibrido eta anitzak erabiltzen dituela, diseinatzailearen erantzukizuna eta diseinuaren inpaktua kultural, etiko, soziala, ekonomiko eta ekologikoa kontutan hartuz, azpimarratzen du (ico-D, 2015).

Laburbilduz, diseinua gutxi mugatutako problema kaltegarri moduan ezaguna da (Rittel and Webber, 1984).

Kontuan hartu beharrekoa da diseinatzailea bezeroaren beharra eta enpresaren nahien oreka bilatzen duela eta diseinatutako produktua fabrikazio prozesuan sartu aurretik irtenbide ezberdinak aztertu eta probatzeko gai dela. Xede horretan CAD sistemak ezinbesteko laguntza eskaintzen diote, CAD tresnen bidez, gero eta gehiago produktuaren diseinu prozesua, produktu birtualaren sorrera prozesura parekatzen baita (Peng et al., 2012). Diseinatzaileak CAD erremintan onura lau aspektutan nabaritzen duela esaten dute Ullman et al.-ek (1990): (1)Marrazketa tresna aurreratu baten moduan, (2) datu eta hardwarearen bistaratzean lagungarri izanik, (3) datu komunikazio eta antolaketan lagunduz eta (4) elementu finitu eta analisi zinematiko bezalako ingeniaritza tresnen datuen aurre eta prozesu ondo bezala.

Orokorrean diseinu industrialaren prozesua behar batetik hasten dela onartzen da, betekizunak zehaztu eta diseinu kontzeptualari jarraipena ematen diola, azkenik diseinu xehatua bukatzeko. Diseinu prozesuaren prozedura-modelo gehienetan bete beharreko etapa hauek aurkezten dira hurrenez hurren. Stage-gate (etapa-ate) izeneko modelo hauen arteko modelo amankomun bat proposatu zuen French-ek (1998), 4 etapan banatua:

1. Prozesua merkatuaren eskari edo behar batekin hasten da, produktuaren betekizun zehaztapen batetan bihurtzen dena.
2. Bigarren etapa, abstrakzio etapa bat da non kontzeptu ezberdinak sortzen diren behar horiei erantzuteko. Kontzeptu hauek adierazpen zehatzago batean eraldatzen dira konparatuak eta ebaluatuz izateko eta ebazpenaren oinarri izango dena lortzeko.
3. Haragitze etapan, aurreko etapako lerro kontzeptuala jaso eta behin betiko diseinuan bilakatzen da. Produktuaren arkitektura eta diseinu parametrikoa zehazten dira.
4. Azken etapan, falta diren xehetasunak produktua definitzeko gehitzen zaizkio. Produktuaren xehetasun planoak, materialen zerrenda eta fabrikazio argibideak espezifikatzen dira.



2.1 Irudia. Diseinu Prozesuaren etapak (French, 1998)

Gradualki diseinu prozesu modeloak oinarri amankomunak hartzen joan dira eta azaleko ezberdintasunetan bereizten dira (Motte, 2008). Onartuen diren diseinu prozesu modelo desberdinak orokortasuna bilatzen dute, etapa sekuentzialetan oinarritzen dira eta diseinuaren optimizazioa bilatzen dute problema-ebazpen prozesu bezala (Dym et al., 2014; Pahl et al., 2007; Ullman, 2009; Ulrich and Eppinger, 2011). Diseinua prozesu iteratiboa denez (Dym et al., 2005; Ortuño and Westermeyer, 2009) modeloetan feedback loturak ikusten dira eta modelo hauek aplikazioan, hibridoak direla esaten da. Hots, diseinuko etapak ez dira guztiz linealak: eguneko jardueran batera ematen dira etapak (Ferguson, 1994) baina etapak ezaugarri sekuentzialak dituzte (zenbait ekintza bata bestearen atzetik burutzen dira). Ezaugarri sekuentzialak etaparen definizioaren sakontasun mailaren arabera azaltzen dira. Bestalde, modelo ez linealetan (plangintza iraunarazten dutena) modelo errepikakorrak, ziklikoak edo espiralak (Ullman, 2009) aurkitzen dira. Hauek azken urteetan garrantzia hartu dute diseinu industrialagile edo extreme programming metodoetara gerturatzeko. Diseinu prozesuak hartu duen garrantziak, diseinuaren pentsaera (Design thinking) enpresa mundura egokitzea eraman du. Honela, gizakian zentratutako problema irekien ebazpen prozesua enpresa, kudeaketa eta erakunde alorretan ematen diren problema “korapilatsuei” aplikatzen zaio (Melles et al., 2012).

2.4. CAD trebakuntza

Ingeniaritzako ikasketak bukatzean dagoen ikasle batek, CAD sistemen erabilera-ezagutza beharrezkoa du, lehiakortasun handiko lan merkatuan desabantailarekin ez jokatzeko. Gaur egungo enpresek, CAD erreminta menderatzen dituzten profesionalak bilatzen dituzte (David et al., 2006), CAD sistemak produktuen diseinu prozesu osoan zehar ezinbestekoak baitira (CAD sistemak, orokorrean barneratzen dituzten CAx teknikak bezala ulertuta (CAD, CAM, CAE,...)). Bestalde CAD programen bilakaera izugarria izan da, esparru ezberdinetarako hainbat tresna topa daitezke eta erreminta horien urteroko gaurkotzea ohikoena da. Hala ere, bertsioren

gaurkotzeek orokorrean ez dute erabiltzailearengan eragozpen handiegirik suposatzen.

CAD irakaskuntzari buruzko ikerketa bibliografikoan, ikerlariak CAD erabiltzaileak garatzen dituzten bi ezaguera identifikatzen dituztela antzeman daiteke. Batetik, ezaguera deklaratihoa (declarative knowledge) edo agindu ezaguera (command knowledge), CAD tresnaren aginduen erabilera jakitea, CAD sistema bakoitzaren ezaguera partikularra izango zena eta bestetik, ezaguera estrategikoa (strategic knowledge) edo ezaguera prozedurala (procedural knowledge), zeregin espezifikoa bat burutzeko ordeko metodoak eta hauek aukeratzeko prozedura edo estrategiak jakitea. Laburbilduz, prozesu kognitiboetan lehenengo ezaguera “knowledge that” edo “knowledge what” eta bigarrena “knowledge how” bezala identifikatzen direnak izango ziren (Chester, 2007; Johnson and Diwakaran, 2011b; Lang et al., 1991; Peng et al., 2012). Aitzitik, zeregin konplexuak burutzeko ez dela nahikoa CAD erremintaren aginduak zeintzuk diren jakitea jakina da. Bhavnani-k (2000) dio: zenbait ikerlarien lanak demostratzen duten moduan, CAD erabiltzaile askok nahiz eta CAD trebakuntza jaso eta urteetako esperientzia izan, ez direla gai CAD sistema era eraginkorrean erabiltzen eta beharrezkoa dela irakaskuntza prozesuan ezaguera estrategikoa gehitzea.

Ingeniaritzako unibertsitateak kurrikulumean CAD irakaskuntza barneratu dute, baina CAD sistemak ingeniariak praktika profesionala aldatu duten bezala, kurrikulumaren eraldaketa ez da parekoa izan (David et al., 2006). Adibidez, Ye et al.-ek (2004) enpresa mailan inkesten bidez burututako ikerketan, ingeniariak unibertsitatean jasotako CAD sistemei buruzko heziketa ebaluatzen zuten: parte-hartzaileen %8-ak bakarrik jasotako hezkuntzarekin ados zeuden. Ostera, CAD erabiltzaileen %74-ak, unibertsitatean jasotako trebakuntza ez zela nahiko adierazten zuten. Unibertsitateko CAD irakaskuntzan, ohiko metodo didaktikoak nagusi dira. Gainera, pieza baten diseinuan CAD modeloaren adierazpen geometriko zuzenarekin nahikoa dela kontsideratzen da eta irakaskuntza, prozesu hori lortzeko pausuetara bideratuta dago. Peng et al.-ek (2012) gaur egungo CAD irakaskuntza gehiena ezaguera deklaratihoan oinarritzen dela baieztatzen dute, hau da, CAD ikasleek ze botoi sakatzea ikasten dutela

CAD tresna partikular batean zeregin zehatz bat burutzeko, baina ez atzetik dauden arrazoiak.

Merkatuan topa daitezkeen gidaliburu eta tutorial gehienetan gauza bera gertatzen da, CAD sistema partikular batek dituen aukera eta aplikazioetan zentratzen dira eta diseinatzaile askorentzat, zaila izaten da ezaguera hau egungo praktikara eramatea (Salehi et al., 2009). Batzuetan pieza modelaketarako praktika egokietarako gomendioak topa daitezke, baina askotan gomendio horiek planteatzen diren adibideetan ez dira errespetatzen. Company et al.-ek (2014) honek bi mezu inplizitu transmititzen dituela diote: batetik, gomendio horiek arriskurik gabe alde batera utzi daitezkeela eta bestetik, erabiltzaile adituen interesa, CAD modeloak eraikitzeaz azkartasunean zentratuago dagoela, modeloen kalitatea sorketarekin baino.

Autore desberdinek CAD trebakuntzaren norabide aldaketa aldarrikatzen dute, ezaguera estrategikoa barneratzen duen irakaskuntza batera bideratuz. Ezaguera estrategiko hori CAD tresna desberdinen artean konpartitzen den ezaguera bat izan behar du (Wærn, 1993). CAD modelaketa estrategietan oinarritzen den trebakuntza minimo batekin, ezaguera hori CAD sistemen artean transmititu daitekeela ikusi da (Lang et al., 1991; Wiebe, 2003).

Diseinu intentzioaren barneraketa CAD modeloetan

Ingeniaria edo diseinatzaileak sortzen dituen CAD modeloetan, geometria espezifikoa bat eraikitzeaz gain, diseinu intentzioa komunikatzea du helburu. Diseinu intentzioarekin piezaren forma, funtzio eta diseinua zehaztearen arrazoiak transmititzen dira, produktuaren garapen prozesuan errekan behera modeloa prozesatuko dutenek uler dezaten. Adibidez, produktuaren FEA (elementu finituen analisi) bat burutzean, emaitzek modeloaren aldaketaren bat eskatzen badute, diseinuaren intentzioa komunikatu bada, egokiak diren erabakiak hartuko dira.

Honela, diseinu intentzioa, diseinu malgutasuna maximizatu eta diseinu akatsak minimizatzen dituzten estrategia sorta bezala ikusi daiteke (Rynne et al., 2003). Diseinu

intentzioa orokorrean ulertzen den terminoa bada ere, autoreek definizio ezberdinak proposatzen dituzte nahiz eta beraien artean antzekotasun ugari izan (Dorribo-Camba et al., 2013; Li et al., 2009; Rynne eta Gaughran, 2007; Zhang and Luo, 2009). Hala ere, diseinu intentzioa CAD ikuspegitik, modelo nola sortu beharko zen eta honen portaera aldaketen aurrean bezala ulertzen dela diote jeneralean (Otey et al., 2014; Rynne eta Gaughran, 2007).

Tasunetan oinarritutako modelaketan, diseinu intentzioa modelaketa prozesuan inplizituki transmititzen dela onartzen da:

- Historia zuhaitzean aukeratutako modelaketa prozedura ikus daiteke. Tasunen aukeraketak ordena bat zehazten du eta tasunen arteko erlazioak, hauen portaera aldaketen aurrean determinatzen du. Adibidez, aita-seme erlazioekin, tasun aitaren aldaketak semeetan eragina izango du.
- Tasunetan, esanahi semantiko propioa dutelako. Ez da gauza bera modeloan zulaketa, zulo tasuna edo hustuketa tasuna erabiliz egitea. Zulo tasunak ezaugarri propioak ditu eta eraldaketa aukera gehiago ematen ditu (harizatzea adibidez). Bata edo bestearen erabiltzeak modeloaren funtzioaren arrazoia komunikatzen du.
- Parametro eta erlazioetan. Modeloaren parametroak eta hauen artean ezartzen diren erlazio geometriko eta topologikoek, modeloaren ezaugarri inbariantek mantentzea dute helburu. Modeloaren aldaketa posibleak mugatzen dituzte, diseinu intentzioa transmititzeko.

Hala ere, modelaketa estrategia zehatzak hartzen ez badira, diseinu intentzioaren komunikazioa mugatua dela diote Mandorli and Otto-k (2013). Era berean, beste autore batzuk (Pena-Mora et al., 1993; Sandberg and Näsström, 2007; Dorribo-Camba et al., 2013; Company et al., 2014a) diseinu intentzioa esplizituki transmititzeko beharra adierazten dute, oharrak edo etiketak erabiliz adibidez.

Modelaketan, diseinu intentzioaren arabera, tasunen aukeraketa, parametro eta erlazioen zehaztapena eta modelaketaren ordena eta antolaketa definitzen dira. Beraz, diseinu intentzioa ezaguera estrategikoaren barruan kokatzen da (Iyer and Mills,

2006; Chester, 2007; Johnson and Diwakaran, 2011a; Peng et al., 2012; Rynne eta Gaughran, 2007), CAD modelaketa estrategia baldintzatzen baitu. Modelaketa prozesuan diseinu intentzioa kontutan hartzen ez bada, modeloaren garapena puntu batetara iritsi daiteke, non modelaketa parametrikorekin jarraitu ezin den eta modeloaren edozein aldaketek errorea emango duten (Rodriguez et al., 1998). Kasu hauetan, konponketak eskatzen dituen esfortzu eta denborak, modeloaren baliagarritasuna baldintzatzen dute eta industri mailan, nahiago izaten da zerotik modeloa hastea (Gebhard, 2013; Mandorli and Otto, 2013; Rodriguez et al., 1998).

CAD Modeloen Berrerabilpena

Gaur egun elkarlaneko ingurune batean, merkatuaren produktu eskaria handiagoa eta zabalagoa azkarrago asetzeko, enpresek diseinu prozesuan ere batera lan egin behar dute abantaila konpetitiboa lortzeko bidean. Hala ere, enpresen denbora eta baliabide mugaketak produktu berrien sorrera zerotik egitea bideraezina bihurtzen dute (Ong, 2008). Honela, produktuak era azkarrean eta eraginkorrean sortzeko, aurreko diseinu prozesuetan lortutako ezaguera, produktu berriaren garapenean aplikatzea geroz eta garrantzi handiagoa du (Li et al., 2009; Ullman, 2009). Beste era batean esanda, CAD modeloen aldaketak eta berrerabilpenak prozesu honetan gakoa dira. Are gehiago, diseinatzen dena produktu bat beharrean, produktu familia bat denean. Baina CAD modelo baten diseinuak arazoak eman baditzake ere, modelo horien berrerabilpenak arazo hauek areagotu ditzake.

Aberdeen Group-ek 2007an gidatutako diseinuaren berrerabilpen egoerari buruzko burututako txosten batean, kontsultatutako enpresen %100 produktuen diseinuak berrerabiltzen zituzten eta CAD modeloei buruzko arazo nagusi bezala hurrengoak azpimarratzen ziren: (1) Aditu izan behar da modeloen aldaketak burutzeko, (2) modeloak zurrinak dira eta aldaketen ostean akatsak ematen dituzte eta (3) jatorrizko diseinatzaileak bakarrik egin ditzake aldaketa arrakastatsuak. Ildo beretik, Salehi et al.-ek (2009) elkarriketatutako 153 automobil industriako ingeniarien artean, %81-ak zaila aurkitzen zuten beste diseinatzaile batek sortutako modeloetan

aldaketak egitea. Aberdeen Group-eko txosten berean, erronka hauei erantzuteko, goi mailako enpresek CAD gaitasuna hobetzeko trebakuntza sustatu eta aldaketa eremu zabalagorako diseinatzen dutela adierazten zen.

Goi mailan sailkatu daitezkeen enpresa horiek, diseinu prozesua kudeatu, teknologia aplikatu eta baliabideak inbertitzen dituzte, diseinuaren hasierako urratsetatik CAD modeloen berrerabilpena ziurtatzeko. CAD modeloen garrantzia, produktuaren garapen prozesuan aktore nagusi moduan denez, CAD modelaketa estrategia egokien beharra eta modeloak kalitatez burutzeko beharra nabarmentzen da.

Produktuen datu kalitate (Product Data Quality, PDQ) estandarrak eta CAD modeloen trukean existitzen diren prozedurak aztertuz, Contero et al.-ek (2002) hiru kalitate maila identifikatzen ditu: *Maila morfologikoa*, CAD modeloen geometria eta topologia zuzentasunarekin erlazionatutakoa. Gaur egungo PDQ estandarren arreta nagusia bertan kokatzen da, adibidez, SASIG PDQ-rena (Strategic Automotive product data Standards Industry Group). *Maila sintaktikoa*, modelaketa konbentzioen erabilera egokia biltzen du, adibidez, izendatze arauak tasun, datu, pieza, plano eta multzoentzat; parametroak pieza edo eta multzoentzat, etab. *Maila semantikoa*, CAD modeloaren berrerabilpena eta aldaketak kontsideratzen dituen kalitate maila.

CAD modeloen kalitate maila beharren araberakoa izaten da. Aurkezpen batetarako edo maketa digital bat sortzeko, modeloaren zuzentasun geometriko eta topologikoa nahikoa izan daiteke (maila morfologikoa). Enpresen artean modeloak konpartitzen direnean, hauen inguruan informazio gehiago behar da eta enpresenak propio diren konbentzioak erabiltzen dira. Modelaketa konbentzioak maila sintaktikoa osatzen dute eta modeloaren irakurketa erraztu behar dute. Aurreko maila, modeloaren aldaketak edo berrerabilpenak mugatzen du, azken honek maila semantikoan kontutan hartzen baita.

Ingeniariarentzat, CAD modeloak berrerabiltzean, akatsen agerpena ez da gauza berria (Peng eta Trappey, 1996). Enpresetan, diseinu prozesuko modeloen berrerabilpena eta kalitatea arazo nagusi bat da (Ullman, 2009). Erabiltzaile mailan, CAD

sistema batzuk eskaintzen dituzten ikuskatze erremintak aplikatu daitezke arazoari aurre egiteko, baina orokorrean, erreminta hauen erabilpena diseinatzailearen esku geratzen dira. Zenbait enpresek CAD modeloen osotasuna egiaztatzen dituzten (eta batzuetan automatikoki konpontzen dituzten) softwareak garatzen dituzte. Enpresa batzuetan ohiko da ere, diseinatzaileak jardunbide egokiak jasotzen dituen dokumentuetan oinarritzea, baina dokumentu hauek enpresaren ezaguera estrategikoa osatzen dutenez, ez dira publikoki eskuragarriak izaten (Company et al., 2014b). Azken urteetan, berrerabilpenaren arazoari aurre egiteko, CAD sistemetan modelaketa zuzena (*direct modeling*) garatu da. Teknologia honek, inportatzean historia zuhaitza galtzen duten CAD modeloen aldaketan problema konpondu dezake. Baina, ikuspegi metodologikotik modeloen berrerabiltzearen problema atzeratzea besterik ez du lortzen, aldaketa burutzerakoan sortzen diren interpretazio arazoengatik (Mandorli eta Otto, 2013). Hau da, hainbeste askatasun gradu ematen ditu modelaketa zuzenak, ze edozein eragiketarak modeloarene diseinu intentzioa galarazten du eta errodamenduak, errodamendu izateaz uzten du, mahaiak, mahai izateaz,... (Ushakov, 2008).

Produktuaren diseinu prozesuan, CAD modeloen diseinu egokia nabarmendu behar da, modelaketa estrategiak ez badaude diseinu intentzioarekin lerrokatuak eta ez badituzte aldaketak aurreikusten, modeloaren kalitatea arriskuan egon daiteke. Kalitate semantikoa barnerratzen dituzten modelaketa estrategia beharra dago eta horiekin bat datorren eta ezaguera estrategikoan oinarritzen den trebakuntza.

Modelaketa prozedura eta estrategiak

Ingeniariak objektu bat modelatzeko, diseinatu beharreko objektuaren informazioa zehatza eduki behar du. Modelaketa hasi aurretik, planifikatzea oso garrantzitsua da (Rynne eta Gaughran, 2007; Soto, 2010), modelaketa prozesua nola izango den pentsatuz: diseinu intentzioa islatuko dituzten parametro eta erlazioak aukeratu (Chester, 2007; Rodriguez et al., 1998), modelo eraikitzean erabiliko diren

tasunak eta eraikitze ordena eta antolaketa aurreikusi behar da. Modelaketa efiziente bat lortu behar da, piezaren diseinu helburua barneratuko duena.

Hartman-ek (2005) CAD aditu profesionalen trebetasuna definitzeko burutu zuen ikerketan, bere lagineko adituek jarraitu zuten modelaketa prozesu amankomun bat azaleratu zen (2.1. Taula).

Modelaketa prozedura komuna
1. Zirriborroaren plano zehaztu
2. Zirriborro profila
3. Murriztapenak/erlazioak gehitu
4. Kotak gehitu
5. Forma tasunak aplikatu
6. 1 pausotik 5 pausora errepikatu beste tasunak gehitzeko
7. Materiala kentzeko tasunak gehitu (zulo, mozketak, ...)
8. Bukaerako tasunak gehitu (biribilketa, alakak, ...)

2.1 Taula. Hartman-en modelaketa prozedura amankomuna.

Prozedura honen pausuek, Wiebe-k (1999) identifikatutako modelaketa sekuentzia orokor baten pausuekin erlazioa dute. Rynne eta Gaughran-ek (2007) tasunetan oinarritutako prozedura hau, modelaketa parametrikoko CAD sistema guztietan erabiltzen dela diote. Ikerlari berak prozedura deskribatzen dute, ematen diren erabakiak azalduz:

Modelaketa hasi aurretik, objektua hoberean identifikatzen duen eta ondoren beharko diren tasun kopurua minimizatzen dituen oinarritzko tasun bat definitzen da. Sistemak pieza bat sortzean eskaintzen dituen erreferentzia planoak kontutan hartuta, oinarritzko tasuna eraikitze plano zehazten da. Aukeratutako plano horretan, oinarritzko tasunaren profil bat definitzen duen zirriborroa marrazten da, bere elementuen dimentsioak eta erlazio geometrikoak, diseinu intentzioaren arabera

ezarriz. Oinarrizko tasunaren zirriborroa ondo egitea, pauso kritikoa da modelaketan, honek definituko baitu tasunaren jatorria non dagoen, zein profil marraztuko den eta zein planotan, ondorengo tasunen eransketak erraztuz. Zirriborroko bi dimentsioetako profila, solido batean bihurtzeko eragiketa bat aukeratzen da (estrusio, biraketa, ekorketa edo sekzioen bidez) eta zirriborroa, eraikitako tasunarekin erlazionatua geratzen da CAD programaren historia zuhaitzean. Tasun guztiak historia zuhaitzean erregistratzen dira, baita beraien ordena eta antolaketa ere. Tasun bat aldatu nahi bada, tasuna sortzeko eragiketa edo zirriborroa (tasuna sortzeko definitu bada) editatu daiteke eta historia zuhaitzean aldatutako tasunarekin erlazio duten tasunetan eragina izango du. Ondorengo tasunak, oinarrizko tasuna erreferentzia izanik definituko dira eta modeloari materiala gehitu edo kenduko diote. Bukatutako modeloa masa solido bat bezala ikusi ordez, diseinu intentzioaren arabera aldatu daitekeen tasunen konposizio moduan ulertu behar da.

Era berean, Johnson eta Diwakaran (2011), Diwakaran eta Johnson (2012) eta Peng et al. (2012) autoreen ikerketek, modelaketa sekuentzia zuzena, oinarrizko tasun batekin hasi eta tasun laguntzaile edo kosmetikoekin (alaka eta ertz-biribiltzea adibidez) bukatu behar duela diote.

Hirz et al.-ek (2013) eginiko ikerketan CAD modelaketa teknikak azaltzerakoan, solidoen modelaketa prozesua adibide baten bidez aztertzen du: Oinarrizko gorputz edo tasun batetik hasita, materiala gehitu edo kenduko dioten tasunak aukeratzen ditu. Ondoren bukaerako tasunak (alakak, ertz-biribiltzea) gehitzen ditu, aurreko autoreek proposaturiko prozesua jarraituz. Berak proposaturiko adibideko piezarekin bukatzeko, kasurako egokiak diren eragiketak hautatzen ditu (simetria eta piezaren kenketa). Azken eragiketa hauek ez dira modelaketa prozesu orokorrean sartzen, bere adibideko pieza zehazki modelatzeko eragiketa partikularrak direlako.

CAD modelaketa aztertu duten ikerlariak bat datoz, tasunen sekuentzien artean efizienteagoak direnak topa daitezkeela (Allsop, 2009; Company Calleja et al., 2014; Hartman, 2003; Hirz et al., 2013; Rynne eta Gaughran, 2007), diseinu intentzioa hobeto jasotzen dutenak, hau da, aldaketak jasaterako orduan malgutasuna eskaini eta era

berean modeloaren sendotasun geometrikoa mantentzen dutenak. Parametrikoko modelaketaren arazo nagusi honi (Anderl eta Mendgen, 1996) erantzuna emateko modelaketa estrategia desberdinak proposatu dira. Modelaketa estrategien helburua, modelaketan tasun sekuentzia eraginkorraren aukeraketa da, modeloaren aldaketa beharrei erantzun azkarra eta efizientea emateko.

Modelaketa estrategia horien artean modelaketa funtzionala (*functional modeling*) aurkitzen da, ingeniartzako funtzionaltasun teknikak (APTE edo FAST adibidez) aplikatuz determinatutako erreferentziak, CAD modelaketan esplizituki aplikatzean datza (Salehi et al., 2009). CAD modelaketan estrategia honen pausuak hurrengoak izan daitezke: piezaren atal funtzionalak eta hauen arteko erlazioak identifikatu beharko ziren, erreferentziak eta solidoak sortu atal bakoitzarentzat eta hauen arteko erlazioak, erreferentzia elementuen bidez adierazi.

Modelaketa eraikitzailea (*constructive modeling*) pieza osagai nagusietan eta hauek eragiketa boolearren bidez piezaren CAD modeloa lortzera bideratzen da. Modelaketa aldatzailea (*modification modeling*), beste CAD sistema batetik inportatutako piezaren aldaketak burutu behar direnean eta honek historia zuhaitza ez duenean, erabiltzen den estrategia bat da. Solidoari tasunak gehitu edo kenduz lortzen da emaitza. Estrategia hau, modelaketa zuzenaren (*direct modeling*) ikuspegiarekin erlazionatua dago, non diseinatzailea geometriaren sorreran kontzentratzen den. Baina aurreko strategi hauetan, piezaren kalitate semantikoa ez bada kontutan hartzen, aurreko puntuan aipaturiko diseinu intentzioaren komunikazio ezaren problemak azaleratuko dira.

Modelaketa simetrikoa (*symmetry modeling*) CAD modelo zehatz batzuk sortzeko estrategia eraginkorra da (Bhavnani eta John, 1997). Simetria, modelaketa zirriborroko segmentuetan eta piezaren tasunetan aplikatzen da. Era berean, elementuak edo piezak kopiatzeko estrategia erabili daiteke. Estrategia hauek, modelaketa kasuistika partikular batzuetan, modelaketa azkarra eta efizientea lortzen dute.

Modelaketa horizontala (*horizontal modeling*) patentatutako estrategia da: oinarritzeko tasun batetik hasi eta honi pieza definitzeko beharrezkoa diren datu planoak erlazionatzen zaizkio. Ondoren sortu beharreko tasun guztiak datu planoak abiapuntu dituzte eta aita seme dependentziak ekiditen dira. Estrategia honek daukan arazo nagusietako bat, historia zuhaitzean inplizituki adierazten den diseinu intentzioa galtzen dela da (Yares, 2013). Patentatua dagoenez, estrategia honen erabilera lizentziaren jabetzara mugatua dago. Hala ere, industri eta mundu akademikoan antzeko estrategiak ezagunak izan dira aurretik, eskeleto estrategia (*skeleton strategy*) adibidez. Estrategia honetan eskeleto modelo bat sortzen da, eta ondorengo tasun edo piezak eskeleto horri erlazionatzen dira. Era honetan, eskeletoaren aldaketak, berarekin erlazionatuta dauden tasun edo piezen eguneraketa automatikoa ekarriko du. Estrategia honen bariazio bat, multzo konplexuak muntatzeko erabiltzen dena da. Non eskeleto funtzioa, piezak muntatu aurretik eraikitzen den datu plano eta zirriborro sorta bat den.

Resilient modeling azken urteetako proposamen bat da (Gebhard, 2013). CAD modelo egonkorrak eta aldaketak erraz jasaten dituztenak ditu helburu. Historia zuhaitza era ordenatu batean kudeatzeko (tasunen aita-seme erlazioak kontrolatzeko asmoz) eta modelo solidoak era estandarrean eraikitzeko estrategia bat da. Horretarako historia zuhaitzaren tasunak 6 kategorietan banatzen dira:

1. Erreferentzi tasunak (reference features): piezaren gidari diren plano, irudi edo modeloak bertan egongo dira.
2. Eraikitze tasunak (construction features): modeloa aldatuko duten kurba eta gainazalen atala da.
3. Funtsezko tasunak (core features): modeloaren forma orokorra emango dioten tasunak dira.
4. Xehetasun tasunak (detail features): modeloaren nukleoari lotzen zaizkien zulo, arteka, etab. dira.
5. Aldatu tasunak (modify features): existitzen den geometria aldatzen duten tasunak, hala nola, patroia edo simetria.

6. Berrogeialdi tasunak (quarantine features): tasun kosmetikoak (ertz-biribiltzea, alakak,...) biltzen dituen kategoria.

Modelaketa prozesuaren hausnarketan zentratzen diren estrategia kognitiboak ere badaude, baina hauek ataleko azken puntuan izango dira aztergai.

Pieza bat modelatzerako orduan, estrategia bat edo bat baino gehiago aukera daiteke (Allsop, 2009; Wiebe, 2003). Aniztasun honek, modelaketa estrategia berdinarekin eta era berdinean eginga dagoen modelo bat topatzea zailtzen du (Bodein et al., 2014). Modelaketa ikuspegia bera ez izateak, modeloen ulergarritasuna mugatzen du. Diseinatzaileek aldaketak egin nahi badituzte, modelaketa prozesua aztertu behar dute eta diseinuaren arrazoibidea ez bada ezagutzen, jarduera neketsua izaten da. Are gehiago, modelo batean egiten diren aldaketek erroreak ematen badituzte, diseinatzaileek nahiago izaten dute hutsetik pieza bat berriz eraikitzea (Gebhard, 2013; Mandorli eta Otto, 2013).

Orokorrean, modelaketa estrategia eraginkor batek, modeloa sortzerakoan dauden aukera anitzak mugatzen ditu, piezaren eraikitze prozesua ulergarriago eginez eta modeloaren funtsa areagotuz. Ildo beretik, aurreko estrategiek modelaketa prozedura arintzea eta kalitatezko modelo efizienteak lortzea bilatzen dute. Kalitatezko modelo efizienteak eraikitzeko, hauek bete behar dituzten atributuak aztertzen dira hurrengo puntuan.

CAD modeloan atributuak

CAD modelo bat erraztasunez egitea, ez da aldaketak era erraz eta intuitibo batean onartzen dituen modeloa eraikitzearen parekoa. Modelo baten eraikuntzan hainbat ezaugarri edo atributu kontutan hartu behar dira, modeloak diseinu intentzioarekin bat egin dezan eta diseinu prozesuaren natura iteratiboa onartu dezan. CAD modeloei buruzko ikerketen ikuspegi desberdinen artean, modeloak zehazki eduki beharko lituzkeen atributuak izendatzen eta ebaluatzen dituzten ikerketak aztertzen

dira ondoren. Rynne eta Gaughran-ek (2007) modelo sendo eta efizienteak eduki beharko lituzkeen atributuak hauek direla dio:

- Oinarrizko tasuna diseinatzeko zirriborro plano egokiaren aukeraketa.
- Modeloaren jatorriaren kokapen hobereena.
- Oinarrizko tasun zuzena.
- Piezaren orientazio zuzena.
- Simetria planoen erabilera egokia.
- Zirriborroko geometria sinplea.
- Zirriborroko erlazio zuzenak.
- Zirriborroko geometria guztiz definitua.
- Tasun sekuentzia zuzena.
- Aita-seme erlazioak.
- Tasunen bukaera egokiak.
- Tasunen bikoizketa zuzenak.
- Piezaren diseinu intentzio zuzena.
- Piezaren moldaketa planeatutako eta ustekabeko aldaketei erantzun egokia (tasuna akatsik gabe).

Johnson eta Diwakaran (2010, 2011) eta Diwakaran eta Johnson-ek (2012), piezaren atributuen papera modelaketan eta aldaketan aztertu egin zuten. Diseinu intentzioarekin bat datozen modeloen atributuei buruzko ikerketa enpiriko sakonen urritasuna iragartzen dute (Johnson eta Diwakaran, 2011). Aurreko autorearen zerrendan oinarrituta, beraien esperientziarekin bi CAD programentzako atributu zerrenda (SolidWorks eta ProEngineer) egokitu, atributuak gehitu eta neurtzeko eskala bat proposatzen dute. Erabili zituzten atributu zerrenda eta neurketak hurrengoak dira:

- Hasierako zirriborro plano egokiaren aukeraketa (1-bai/0-ez)
- Modeloaren jatorriaren kokapen hobereena (1-bai/0-ez)
- Oinarrizko tasun zuzena (1-bai/0-ez)
- Piezaren orientazio zuzena (1-bai/0-ez)
- Tasun sekuentzia zuzena (1-bai/0-ez)
- Tasun kopurua (zenbaki osoa)

- Erreferentziako geometriaren erabilera - datu tasunen erabilera plano eta koordinatu sistema lehenetsia kenduta- (zenbaki osoa)
- Zirriborro eta tasun geometria sinplea - estrusio edo biraketen bataz besteko zirriborroko segmentuak; alaka eta biribiltze kopurua tasun bakoitzeko- (zenbaki erreala)
- Zirriborroko geometria guztiz definitua – zirriborroa guztiz definitzeko dimentsio kopurua (zenbaki osoa)
- Tasunen bukaera egokiak – bukaera egokia ez duten tasunen kopurua (adibidez, alderik aldeko zulo horrela ez definitzea)- (zenbaki osoa)
- Patroi tasun kopurua (zenbaki osoa)
- Ispilu tasun kopurua (zenbaki osoa)
- Erlazio matematikoen erabilera (1-bai/0-ez)
- Tasun berrien kopurua – aldaketak burutzeko gehitutako tasun kopurua- (zenbaki osoa)
- Ezabatutako tasun kopurua – aldaketak burutzerakoan ezabatutako tasun kopurua- (zenbaki osoa)
- Atxikitutako tasun ehunekoa – jatorriko modelotik aldatutako modelora mantentzen diren tasunen ehunekoa (zenbaki erreala)
- Aldatu gabeko tasun kopurua (zenbaki osoa)
- Aldatutako tasun kopurua (zenbaki osoa)
- Mugitutako tasun kopurua (zenbaki osoa)

Ikerketa, helburu desberdina duten bi taldeetan banatutako CAD erabiltzaileetan oinarritzen da. Batak piezaren modelaketa denbora murriztena lortzea du helburu, besteak, piezaren aldaketak erraztasunez egitea. Eratorritako ondorioak, besteak beste, aldaketa denbora berrerabilpenera begira diseinatutako modeloentzat laburragoa dela, diseinu intentzioarekin bat datozen modeloen aldaketan berrerabili daitekeen tasun kopurua altuagoa dela eta guztiz definitutako zirriborroak aldaketa denborarekin negatiboki erlazionatua dagoela dira. Ikerketa berean, Hamade et al.-ek (2007) eta Hamade eta Artail-ek (2010) adierazitako konfirmatzen da: tasun kopurua korrelazioa positiboa eta tasun konplexu kopurua korrelazio negatiboa dute piezaren

modelaketa denborarekin. Era berean, CAD trebezia eta esperientzia tasunen konplexutasun handiagoa eta kopuru txikiagoarekin erlazionatzen dute.

Ildo beretik, Peng et al.-ek (2012), atributu zerrenda NX softwareera egokitu eta unibertsitateko lehenengo kurtsoko CAD ikasleen emaitzak pieza modelaketa eta aldaketan aztertu zituzten. Aurreko ikerketen emaitzak konfirmatzen dira eta ikasleek dituzten ahultasunak identifikatzen dira. Hala ere, beraien ikerketaren muga nagusia lagin tamaina da.

Mandorli eta Otto-k (2013) ezagutza negatiboa (negative knowledge) proposatzen dute modelaketa prozesuan zenbait egoeretan egin beharko ez zena definitzeko, modelaketa aukerak murriztuz. Diseinu intentzioa CAD modeloetan inplementatzeko eta CAD modeloak diseinu intentzioaren arabera ebaluatzeko balio duela argudiatzen dute. Ezagutza negatiboak, hasiberriek normalean CAD modeloetan egokiak ez diren egiturak sorrarazten dituzten erroreak murrizten ditu. Ezagutza hori definitzeko aurreneko pausua, CAD modelaketan ematen diren eskasiak topatzea da. Tasunetan oinarritutako softwareetan, tasunen eskasiak bezala identifikatu daitezke. Hauek modelaketa prozesuaren zenbait egoeren neurri kualitatiboa ematen dute eta autoreek bi taldeetan sailkatzen dituzte, adibideak emanez:

- Oinarrizko tasunen eskasia
 - o Tasun mota eskasa (araututako zulo bat egiteko, ebakidura erabili).
 - o Tasun forma eskasa (manufakturarekin kontraesana, adibidez daratuluaz egin beharreko zulo itsuaren bukaera laua uztea).
 - o 2D-ko tasun profil eskasa (zirriborro batean profil itxi bat baino gehiagok, patroia bat sortuko dute, tasun bakarra eraiki ordez).
 - o Tasun geometria asoziatibo eskasa (ertz baten erabilera geometria entitate moduan biribiltze eragiketa batera elkartua, modeloan desagertzeko arriskua du).
 - o 2D tasun murrizketa eskasa (adibidez, profil karratu bat guztiz definituta ez badago, modeloaren aldaketa batek profila trapeziora eraldatzera eraman dezake)

- 3D tasun murrizketa eskasa (aldez aldeko ebaketa bati, sakonera jakin bat ematea).
- Tasunen sekuentzia eskasak
 - Tasun sekuentzia erredundantea (nerbio triangeluar bat egiteko, profil laukizuzen batetik estrusio burutu eta ebaketa baten bidez forma triangeluarra lortu).
 - Kenketa tasun sekuentzia (tasun baten modelaketak aurretik sortutako tasunaren geometria ezabatzea, adibidez, estrusio baten bidez, aurretik ebaketaz sortutako forma ezabatzea).
 - Tasun sekuentzia suntsitzailea (tasunaren esanahi funtzionala galtzen da, adibidez, zulo bat partzialki estaltzen duen errefortzu bat gainetik eraikitzea).
 - Tasun sekuentzia ezegonkorra (alaka bati erreferentziatutako zuloa bat adibidez. Alaka diseinu eskakizunengatik ezabatuz gero, zuloa erreferentziarik gabe geratuko zen).

Contero et al.-ek (2002) CAD modeloetan identifikatutako kalitate mailak linguistikoak kontutan hartuz eta Requicha-k (1980) proposaturiko adierazpen eskemen propietate formaletan oinarrituz, Company et al.-ek (2013) CAD modeloen kalitatearen sei dimentsio zehazten dituzte. Errubriketan dimentsioak osatzen dituzten baieztapenak jaso eta errubriken erabilera kalitate kontzeptuaren komunikazio tresna bezala CAD-eko irakaskuntzan, ikertu dute (Company et al., 2014b). Landutako dimentsioak eta hauek biltzen dituzten baieztapenak hurrengoak dira:

- Modeloa baliozkoa da
 - Ez da dokumenturik faltatzen eta ez dago errorerik hauek irekitzeko orduan.
 - Modeloak ez dute errore mezurik.
- Modeloa osoa da
 - Modeloak piezaren forma erreproduzitzen du.
 - Modeloak piezaren tamaina erreproduzitzen du.
- Modeloa tinkoa da
 - Modeloak aldaketa lokalak onartzen ditu.

- Edozein ekorketa eragiketaren profila guztiz definitua dago eta ez ditu segmentu bikoiztuak.
- Modeloa laburra da
 - Profilak ezin dira lortu, murriztapen kopurua era adierazgarri batean gutxiagotuz.
 - Modeloak ezin dira lortu, eragiketa kopurua era adierazgarri batean gutxiagotuz.
- Modeloa argia eta ulergarria da
 - Modeloaren eragiketak diseinu intentzioa komunikatzeko izendatuta daude.
- Modeloak diseinu intentzioa adierazten du
 - Geometria murriztapenek profiletan geometria diseinua nabarmentzeko balio dute.
 - Modeloak funtzionaltasuna komunikatzeko balio duten eragiketak erabiltzen ditu.
 - Modeloak egokiak diren datuak erabiltzen ditu eta ez beharrezkoak ez direnak.
 - Modeloak diseinu tasunak erabiltzen ditu.

Multzoak. Osagaien kokapen metodoak

Produktu bat sortzeko osagai edo modulu desberdinen beharra dagoen heinean, multzo muntaketaren garrantzia nabarmentzen da. Produktuaren elementu osagarriak elkar konbinatu eta erlazionatu behar dira, produktuaren funtzioa definitzeko. Erlazio hauek, sekuentzia logiko bat jarraituz, produktuaren egitura zehazten dute. Produktuaren egiturak osagaien arteko hierarkia maila (osagaien muntaketa ordena, funtzionaltasuna kontsideratuz) eta erlazio loturak (osagaien arteko estekak) definitzen ditu. Gure inguruko produktu gehienak pieza bat baino gehiagoz osatuta daudela abiapuntu bezala izanik, produktu egituraren konplexutasunak eta diseinu betekizunek muntaketa ikuspegia baldintzatuko dutela ikus daiteke, hau da, ez da gauza bera 3 pieza bakun dituen bihurkin bat edo

Volkswagen Beetle-ak dituen 10000 pieza bakunak muntatzea (Ulrich eta Eppinger, 2011). Muntaketan, kontutan izan behar da, piezen lotura ez ezik, jendearen, enpresen eta produktuaren bizitza zikloarekin erlazionatutako prozesuen integrazioa lortzen dela ere (N eta Chakrabarti, 2014).

Muntaketa, CAD sistemetan teknologia heldua da (Chen et al., 2004) eta CAD erabiltzaileak muntaketak egiteko bi hurbilketa edo ikuspegi nagusietan oinarritu daitezke, behetik gorako hurbilketa (Alberts et al., 1992; Holland eta Bronsvort, 2000; Tseng eta Liou, 2000) eta goitik beherakoa (Chen et al., 2012; Demoly et al., 2011; Gui eta Mäntylä, 1994; Sodhi eta Turner, 1994). Behetik gorako diseinuaren erabilera arrunta da industrian (Aleixos et al., 2004), non diseinatzaileak geometria erabiltzen duen multzoaren diseinuari murriztapenak jartzeko (Mullins eta Anderson, 1998). Hau da, multzoaren elementu osagarriak muntaketa aurretik definitzen dira eta beraien arteko loturak multzoa osatzeko ondoren zehazten dira. Izan ere, tasunetan oinarritutako softwaretan behetik gorako diseinua erabiltzeko arazorik ez dago: piezak hutsetik diseinatzen dira eta elkarren arteko erlazio eta loturekin multzoak sortzen dira (Aleixos et al., 2004).

Goitik beherako diseinuan, diseinatzaileak, diseinuaren funtzionaltasunaren deskribapenean oinarrituta diseinu kontzeptuala proposatzen du. Produktuaren maila baxuagoek diseinu kontzeptualaren zehaztapenak jarauntsi behar dituzte argitasunez. Beraz, lehenen produktuaren muntaketa egitura definitzen da eta honek, produktuaren maila gorenetik baxuraino, diseinu intentzioa komunikatzeko balioko du (Aleixos et al., 2004). Multzoaren osagaiak izango diren piezak, produktuaren egiturak baldintzatuta, beharrezko zehaztapen mailan diseinatu eta elkarren arteko erlazioekin muntatu egiten dira. Era berean, funtzionaltasun aldaketa burutzen bada, produktu egituratik aldaketak erasaten dien multzoko piezetara barreiatuko da. Diseinu ikuspegi honek DFA (Design for Assembly) bezalako erreminten erabilera barneratzen du (Tate, 2000).

Diseinu mekanikoa goitik beherako prozesua bada ere, diseinatzailea zirriborroekin hasita, xehatuz eta finduz produktua zehaztera iristen da, eta ingeniariak konkurrenteak goitik beherako ikuspegia hobesten badu ere (Aleixos et al.,

2004; Mun et al., 2009), existitzen diren modelo ugariak berrerabiltzeko, goitik beherako eta behetik gorako ikuspuntuak bateratzen dituzten bideak miatu behar dira (Chen et al., 2012). Ildo beretik, Abrahamson et al.-ek (1999) produktu garapenerako sistema integratu baten betekizunetariko bat, modelo xehatuak eta modelo osatugabe edo gutxi gorabeherakoen nahasketa barneratzea dela diote, goitik beherako eta behetik gorako diseinua jasateko. Autore desberdinak zentzu berean egin dituzte ekarpenak (Mun et al., 2009; Noort et al., 2002; Sodhi eta Turner, 1994).

Diseinuaren bi ikuspegietan, multzoko osagaien arteko erlazioen zehaztapena eta kokapena espazioan, garrantzi handiko eginkizuna da, produktuaren diseinu arrakastatsua lortzeko. CAD sistemetako muntaketa espazioan, osagaiak banaka edo multzoka kokatu eta erlazionatu daitezke, osagaien kokapen finkoa edo definitutako translazio-errotazio mugimenduak lortuz. Multzoko osagaien kokapena burutzeko estrategia desberdinak topa daitezke, horien artean murrizketa bidezko muntaketa, eskeleto bidezko muntaketa eta koordenatu sistema nagusi bidezko muntaketa (Hirz et al., 2013).

Murrizketa bidezko muntaketan, erlazio geometrikoak multzoaren osagaien artean emanaz, muntaketa burutzen da. Erlazio hauek osagaien elementuen (puntu, zuzen, plano edo gainazal) arteko distantziak eta angeluak definitzen dituzte eta kointzidentziak zehazten dituzte (koaxialatasuna, aurpegien kointzidentzia,...). Muntaketa estrategia honetan, erreferentziatzko elementu bat definitzea garrantzitsua da. Multzoaren oinarritzko osagai finkoa izan daiteke, ondoren gehituko diren piezak kokapen erreferentzia argi bat izan dezaten. Behetik gorako ikuspegiarekin lerrokatuta dagoen estrategia hau, erlazioak zuzenean zehazteko arrazoia duten multzo txikietan aplikatzen da (Hirz et al., 2013).

Goitik beherako ikuspegian ohikoa da *eskeleto modeloen bidez muntaketa* burutzea (Mun et al., 2009). Produktu egitura behin definitzen denean, eskeleto modeloa lehenengo osagaia da muntaketan kokatzen eta izendatzen (Csabai et al., 2002). Eskeleto modeloa, muntaketan parte hartzen duten osagai banandua da, multzoko osagaien kokapen eta kontrol efizientea lortzen duena eta produktuaren

zehaztapen eta funtzioak oinarritzko elementu geometrikoetara, ardatz eta plano modukoetara, itzultzen dituena. Multzoko osagaiak eskeletora erlazionatzen dira eta diseinuan eskeletoa kontutan edukiz gero, eskeletoko aldaketa batek, osagaiaren posizioan ez ezik, bere definizio geometrikoan ere eragina izan dezake. Beraz, diseinuan aurreikusten bada, eskeletoak diseinu prozesuaren funtzioen zentralizazioa eskaini dezake. Muntaketa handietan erlazio parametrik-asoziatiboekin konektatuta dauden eskeleto desberdinak erabiltzen dira eta multzoa moduluetan banatzen da (Hirz et al., 2013).

Bi aurreko estrategiaz gain automobilen industrian urteetan erabili den beste estrategia bat garatu da: *koordinatu sistema nagusi bidezko muntaketa* (Hirz et al., 2013). Multzoko osagai bakoitza koordinatu sistema nagusi batekiko kokatu egiten da, honela osagaia produktu egituran sartzean, dagokion kokapena hartzen du. Muntaketa doitu kontsideratu daiteke, osagaiaren kokapen efizienterako ez delako erlazio gehiagorik behar. Aitzitik, estrategia honek diseinu parametrik eta asoziatiboaren erlazio eta loturen onurak ez ditu guztiz ustiatzen. Adibidez, osagaien kokapen aldaketa eskatzen duen dimentsio bat aldatzen bada, osagaiak banaka koordinatu sistemarekiko birkokatu behar dira.

CAD trebakuntzan proposamen pedagogikoak

CAD sistemak sortu zirenetik, sistema hauen trebakuntza-irakaskuntza garrantzi handiko gai izanda unibertsitate eta industria arlotan (Rossignac, 2004; Sapidis eta Kim, 2004; Wu, 2009). Piegl-ek (2005) CAD trebakuntza, ordenagailu bidezko diseinuaren hamar erronken artean kokatzen du. Trebakuntza testuinguru baten barruan ulertu behar da. CAD ikasleek behar dituzten ezagutza eta gaitasunak definitzeko, etorkizunean edukiko dituzten betekizunak aurretik ulertu behar dira (Ye et al., 2004). Era berean, ikasketa eskakizunak ezberdinak dira CAD erabiltzaile maila arabera. Field-ek (2004) adibidez, gehiengokoak (erabiltzaile hasiberriak barne), aditu eta “super-user”-ean sailkatu eta bakoitzaren trebakuntza beharrak identifikatu zituen. Tesi

honetan aztertzen den CAD kurtsoan, ikasleen CAD erabilera-ezagueraren oinarri sendoak lortu nahi dira, hasiberri mailatik aditu izaterako prozesua errazteko.

Jakintza eremu batean aditu bihurtzeko prozesua, trebetasun eta ezaguerak eskuratzeko etengabeko prozesua da (Hartman, 2004). Aditu izateak, abilezia, ezagutza eta prozesu kognitiboak monitorizatu eta kontrolatzen dituzten mekanismoak behar beste garatzea da, jarduera jakin bat, era eraginkor eta efizientean burutzeko asmoz (Patel et al., 1997). Trebetasuna edozein ikuspegitik aztertuta, adimen praktikoa eta hau garatzeko eremu espezifikoarekin erlazionatua dago. CAD sistemen esparruan, adimen praktikoa CAD erreminten erabilera estrategikoarekin lotuta dago (Hartman, 2005), hau da, ezagutza estrategikoarekin.

CAD erreminta menderatzeko bide horretan, ikasleek diseinu prozesu efiziente bat burutzeko beharra barneratu behar dute. Lang et al.-ek (1991) dio, ikasleak komandoak ikasten hain lanpetuta egoten direla, ze arreta urria eskaintzen diote bestelako informazioari, esaterako, ezagutza estrategikoari, azpimarratzen dute. Komandoetan bakarrik zentratuta eta aurreikuspen egokirik gabe, pieza baten modelaketa, irtenbiderik gabeko puntu batera iritsi daiteke (Rodriguez et al., 1998). Hau ekiditeko, estrategia kognitiboek garrantzia hartzen dute eta ezagutza estrategikoa, trebakuntzaren aurreneko urratsetatik kontutan izan behar da (Chester, 2008). Nahiz eta ezagutza hau CAD efizienteki erabiltzeko kritikoa izan, sarri, honen garrantzia ez da azpimarratzen CAD trebakuntzan (Peng et al., 2012). Berrikuspen bibliografiko bat eginda, ikerlari desberdinek egindako hurrengo proposamenak trebakuntza hobetzeko aurkitzen dira:

Lang et al.-ek (1991), trebakuntza programaren helburu bat, ikasleek CAD sistemen bidez jarduerak burutzerakoan duten aldakortasuna mugatzea dela diote. Bere esperimientuen emaitzetatik, hurrengo proposamenak ondorioztatzen dira: (1) trebakuntza ezagutza deklaratioa erakustea bakarrik ez dela nahikoa eta hasiberriek ezagutza prozeduralaren testuinguruan irakatsi behar zaiela, (2) CAD erabiltzaileen artean elkar biltzea eta estrategiak eztabaidatzea, modelaketa prozedura efizienteagoak topatzeko baliagarria dela eta (3) hasiberrientzat modelaketa prozesua

aurretik planifikatzea eta modelaketa antolatzea garrantzi handikoa dela. Autoreek CAD sistemen artean ezagutza estrategikoa transferigarria dela baieztatzen dituzten ebidentziak lortzen dituzte esperimentalki. Norabide berean, Ault-ek (2011), ikasleen arteko modelaketa kontzeptuen eztabaidak, CAD eta diseinu gaitasunen garapenean laguntzen dutela esperimentalki lortu zuten.

Rodriguez-ek (1998), tutorial elkarreragileen bidez diseinu intentzioan oinarritutako CAD trebakuntza proposatzen du. CAD modeloak sortzeko pausuak eta pausu hauek aukeratzeko arrazoiak, tutorial hauetan jasotzen dira. Beraien ikerketaren emaitzak, tutorial elkarreragileen erabilera babesten dute.

Bhavnani et al.-ek (1999) ezagutza eskuratzeko bi prozesu identifikatzen dituzte: *Begiratzeko ikastea* (Learning to See) eta *Egiten ikastea* (Learning to Do). Begiratzeko ikastea prozesua, jarduera zehatz batean aurrean dituen aukeren artean erabili beharreko estrategia partikularra ikasleak antzematea izango zen. Egiten ikasteak, aukeratutako estrategia horiek inplementatzen irakatsiko dio. CAD tresnaren erabilpenean, aurreneko prozesuak komandoen aukeraketa egokia eskatzen du, eta bigarrenak komandoen konbinaketa eta gauzatzeko ezagutza. Begiratzeko ikastea eta Egiten ikastea prozesuetan erabilitako estrategiak ebaluatzeko, autoreek, ikasleak modelaketa prozesua esplizituki deskribatzea proposatzen dute, hau da, emandako ekintza sekuentzia azaltzea. Proposamen pedagogiko honen interesgarritasuna, modelaketa estrategia publikoa bilakatzen duela da. Beraz irakasleen feedback-a ez da emaitzarena bakarrik izango, erabilitako strategiaren egokitasuna ebaluatu eta prozesuan ematen diren akatsak ohitura bihurtu aurretik zuzendu ahalko dira.

Dankwort et al.-ek (2004), CAX-en (CAD, CAM, CAE) trebakuntza pertsona talde eta lanpostu zehatzetara zuzenduta egon behar duela dio. Bere aburuz, etorkizunean egingo diren proposamenek pertsonen pentsamolde eta komunikazio ikuspegitik bideratuko dute CAD sistemen garapena.

Alemzadeh eta Burgess-ek (2005), unibertsitateko hirugarren urtean proposaturiko CAD ikaskuntza planteamendutik, proiektuaren erabilpena oso lagungarria dela ikasleak CAD oinarriak lortu eta praktikan jartzen gai izateko

ondorioztatzen dute. Dym et al.-ek (2005) proiektuetan oinarritutako ikaskuntzak ikasleen erretentzioa, asebetetzea eta ikaskuntza hobetzen dituela diote. Kasu azterketak, laneko testuinguruan dauden arazoak deskribatzeko eta atzeranzko ingeniaritza, disezioaren bidez pentsamendu integrala sustatzeko baliagarriak direla dio ere. Hartman-ek (2004), CAD erreminten erabiltzean aditu bilakatzeko trebakuntzan, curriculum pedagogikoak kontutan hartu beharko lituzkeen hurrengo puntuak proposatzen ditu:

- Jarduerak burutzeko ikasleen elkarlana.
- Jardueren testuingurua emango dion agertokiaren planteamendua.
- Bezero potentzialen beharrak kontutan izatea.
- Ikasleen modelaketa jardueren ebaluazioa, modeloen diseinu intentzioan oinarritua egotea.
- Pieza konplexuen atzeranzko ingeniaritza/ berdiseinua.
- Modelaketa praktika geometria forma desberdinetara zabaldu.
- Aldaketa eta eguneraketan ebaluazioa.
- Testuinguruarekin bat datozen diseinu aldaketak.

Ikaskuntza jarduerak, proiektuetan oinarritu eta diseinu problemak ematen diren testuinguruan burutu behar direla dio. Field (2004), aurreko autorearen baieztapenarekin bat dator, diseinu jarduerak burutzeko CAD talde lan giroan egin behar direla esanez.

Spence eta Doyle-k (2008) eginiko unibertsitatetako curriculumeko CAD proiektuen bidezko irakaskuntza kurtsoen berrikuspenean, proiektuen bidezko irakaskuntzak, ikasleei CAD ezagutza sakonagoaren irudipena eta emaitza hautemangarriagoa ematen diela adierazten dute. Lorenzo-Yustos et al.-ek (2010), PBL-ren bitartez eta CAD erremintekin landutako proiektuek, ikaslea lan munduko praktikara hurbiltzen dutela diote.

Chester-ek (2007), hurbilketa psikologiko kognitiboaren bidez CAD trebakuntza aztertzen du. Trebakuntza estrategien garapena ezagutza estrategikoa hobetzeko, prozesu metakognitiboen garapenaren bidez ematen dela dio. Trebakuntza

metakognitiboa, prozesu kognitibo konplexu eta ikusezinak, simple eta ikusgarriagoetan banatzea datza, jarduera konplexuak jarduera sinpleagoetan banatzen dituen bezala. Honela irakasleak prozesu kognitiboak fidagarritasunez azaldu ditzake eta ikasleek ziurtasunez burutu ditzakete.

Trebakuntza estrategien artean lau proposatzen ditu: (1) Irakasle adituaren modelaketa, non irakaslearen prozesu kognitiboak esplizituki deskribatzen dira pieza baten ebazpen prozesuan. Hau da, ze komando aukeraketa burutzen dituen, ematen diren pausuak eta atzetik dagoen arrazoinamendua azaleratzea da. (2) Aldamioak, ikasleak behatutako prozesuaren errepikapena irakaslearen gidaripean datza. (3) Lankidetzako ikaskuntza eta (4) norberaren azalpena, norberaren prozesu kognitiboa eta pentsamenduak hitzez adierazteko aukera ematen du, ezagutzan sakonduz.

Bere ikerketa esperimentalaren emaitza adierazgarri bat, aurretik CAD ezagutzen ez dutenen ikasleen artean, ezagutza estrategikoaren trebakuntza efektiboagoa dela da. Badirudi, aurretik CAD tresnaren batean trebatutako ikasleei, aurreko planteamendu didaktikoak ezagutza estrategikoa barneratzea eragozten diela (Chester 2007).

García et al.-ek (2007), unibertsitateak CAD sistema komertzial bakarraren trebakuntzara ez direla mugatu behar, adierazten du. Ikasleak, CAD sistema desberdina erabiltzeko arriskua edo CAD sistema horren eguneraketaren ondorioz, bertsio berri batetara egokitu beharko du lan mundura iristean. Horregatik, unibertsitateko trebakuntzak, tresna partikular batean zentratu ordez, tresna guztiak erabiltzeko gaitasuna garatzean arduratu behar da. Hau da, CAD sistemek konpartitzen dituzten funtsetan oinarritzen diren trebakuntza modeloak garatu behar dira (Wiebe, 2003).

Rynne eta Gaughran-ek, (2007) CAD irakaskuntza eta trebakuntzaren arteko bereizketa lauso bat gomendagarria dela dio, biak era berean sustatzeko. Honela CAD trebakuntza efektibo bat, transferigarriak diren gaitasun eta kontzeptu eta printzipioen ezagutzaz arduratuko da.

CAD ikaskuntzaren ebaluazioari buruzko ikerketa gutxi burutu direla argudiatzen du Wu-k (2009) eta Hamade et al.-ek (2007) egin bezala, ikaskuntza kurbetan oinarritutako ebaluazio metodologia bat proposatzen du.

Peng et al.-ek (2012), (Johnson eta Diwakaran, 2010, 2011b; Diwakaran eta Johnson, 2012) lana jarraituz, CAD sistema desberdinetan CAD modeloak ebaluatzen dituzte eta modelaketa prozedura hobetsiak aurkitzen dituzte beraien ikerketetan. Prozedura hauen barneraketa trebakuntzan proposatzen dute, ezagutza deklaratioa ez ezik, ikasleek modelaketa efiziente eta eraginkorragoa lortzeko prozedurak ikasi ditzaten. Literatura zientifikoan, ikerketa gutxi aurkitzen dira CAD modelaketa prozeduretan trebetasuna aztertzen dutenak (Peng et al., 2014).

Company et al.-ek (2013, 2014b) CAD modelaketaren praktika egokien taxonomia bat proposatzen dute, CAD modeloen kalitate dimentsioak definituz. Praktika egokiak trebakuntzaren gidari izateko, irakasle eta ikaslearen partaidetza sustatzen dituzten errubriken erabilpena proposatzen dute. Errubriken bidez, ikasleek espero den emaitzaren ebaluazio irizpideak ezagutzen dituzte eta modelaketan kontutan izan ditzakete. Era berean, irakasleek praktika egokiek bete beharreko baldintzak esplizituki adierazten dituzte. Branoff eta Dobelis-ek (2014) ere, errubriken erabilpena proposatzen du ikasleek egindako CAD modeloen eta proiektuen ebaluazioa burutzeko.

2.5. Unibertsitateko paradigma didaktikoa

Ingurune ekonomiko-sozial eta eskari profesional aldakorrek, irakasten diren gai askoren zaharkitzea dakar urte gutxiren buruan eta edukiz asetutako unibertsitateko curriculum-ak egoera honi ezin diote aurre egin. Arazo hau aurreneko bider agerian utzi zuena Accreditation Board for Engineering eta Technology (ABET) akreditazio komisio estatubatuarra bere “Criteria 2000” bidez izan zen. 90ko hamarkadan burutu ziren estudio pilotuen emaitzek lagunduta, erakunde honek unibertsitateko programen ebaluazio irizpideen ikuspuntua edukietatik emaitzetara aldatu zuen. Honek, hezkuntza

komunitatearen ikuspegi aldaketa bat dakar, programen diseinuaren fokua sarreretatik (irakasteko programaren barruan ze sartuko zen) ikaskuntza emaitzetara (graduatuak eduki behar dituen ezagutza, gaitasun eta jarrerak) mugitu delarik (Heitmann eta Vinther, 2009).

Bestalde, industriak, graduatutako ingeniariaren jakite teknikoaz gain bestelako gaitasunak eskatzen ditu (Duderstadt, 2007) eta industriak emandako laguntza eta babesa ABET-eko irizpideei, ingeniarietzako oinarritzko ezagutzen lorpena eta jardura profesionalerako baliagarriak diren bestelako gaitasunen orekaren garrantzia azpimarratzen du ingeniarietza programetan (McMasters, 2004).

Ikuspegi berri honen eragina ingeniarietzako ikasleen kasuan, ABET-ek ingeniarietza programen akreditazio estandarrak garatzen dituen dokumentuko (ABET Engineering Accreditation Commission, 2008) hirugarren ebaluazio irizpidean jasotzen da, non programa hauetako ikasle guztiek hurrengo gaitasunak erakutsi behar dituztela adierazten du:

- a) Matematika, zientzia eta ingeniarietza ezagutza aplikatzeko gaitasuna.
- b) Esperimentuak diseinatzeko eta burutzeko gaitasuna, datuen analisi eta interpretazioa barne.
- c) Behar edo zehaztapen batzuk betetzen dituen sistema, osagai edo prozesu bat diseinatzeko gaitasuna.
- d) Diziplina anitzeko taldeetan lan egiteko gaitasuna.
- e) Ingeniarietza problemak identifikatzeko, adierazteko eta ebazteko gaitasuna.
- f) Erantzukizun etiko eta profesionalak ulertzekoa.
- g) Era efektibo batean komunikatzeko gaitasuna.
- h) Ingeniarietzako inaktuaren ulermena testuinguru sozial eta global batean ahalbidetzen duen heziketa zabala.
- i) Ikaskuntza etengabearen (life-long learning) beharraren onarpen eta inplikatzeko gaitasuna.
- j) Problema garaikideen ezagutza.
- k) Ingeniarietza praktikarako teknika, trebezia eta tresna modernoan erabilerak gaitasuna.

Europar Boloniako 1999ko deklarazioak, Goi-mailako Hezkuntzarako Europar Esparrua (GHEE) oinarritzen du, lankidetzaren, konparagarritasunaren, mugikortasunaren eta kalitatea printzipioetatik abiatuz (Ministerio, 2006). GHEE-ak lehenengo eta bigarren zikloko titulazioak lortzeko gaitasunaren esparru orokor bat zehazten du, hauek betetzen dituzten ikaslearen ezaugarriak azaltzen dituen, hala nola, ezagutza jabetza eta aplikazioa, arlo profesionaleko gaitasunak, izaera sozial, zientifiko edo etikoa barneratzen dituen pentsamendu kritikoa, komunikazio efektiboa, ingurune berri eta diziplina anitzetan problemak ebazteko gaitasuna, ikaskuntza trebeziak (autozuzendua). Ildo beretik, European Network for Accreditation of Engineering Education-en (ENAE, 2008) ingeniari programak akreditatzeko markoan, EUR-ACE, Boloniako deklaraziotik eratorritako jarduketaren jarraipena ematen dioten ebaluazio irizpideak zehazten ditu.

Orokorrean, gaur egungo mendebaldeko unibertsitateen paradigman, akreditazio programen azterketa eginez gero, ikasleek konplitu beharreko betekizun globalen arteko berdintasuna antzematen da. Batetik, ingeniariak eduki behar dituzten ezagutza zientifiko eta matematikoen maila zehazten dute eta bestetik, industriaren eskariak bultzatutako gaitasunaren menderatzea ziurtatu behar dituzte, hala nola, komunikazioa, pentsamendu kritikoa, talde lana, problemak ebazpen gaitasuna, etab.

Espanian, Hezkuntza eta Zientzia Ministerioak, 2006an, unibertsitate eskaintzari buruzko diagnostiko bat burutu zuen. GHEE-rako egokitzapen prozesua, egitura akademiko eta curriculum antolaketa ikuspuntutik garatu dela nabarmentzen da, baina ez irakaskuntza antolaketa berriak laguntzen dituzten ikuspegi metodologiko berrietatik (Ministerio, 2006). Ministerioaren txostenak irakaskuntza metodologia berriek kontutan hartu behar lituzketen gomendio batzuk jasotzen ditu. Metodologia berrikuntzaren hamar proposamen artean, hurrengo garrantzia azpimarratzen da:

- Ikaslearen ikasketa hobekuntza sustatu behar du, titulazioan adierazitako heziketa helburu eta gaitasunak lortzen diren neurrian.
- Irakaslearen lan era berri baten garapena sustatu behar du. Klaseak, mintegiak, tutoretzak, tailerrak, practicum-ak, enpresa praktikak, karrera amaierako proiektuak, kasu praktikoak, IKT lanak,... jarduketaren multzo

zabala da, irakasletza arteko jarduera koordinatu eta lankidetasun handiagoko batera gidatu behar duena. Irakasletzaren irakaskuntza gaitasunaren hobekuntza beharrezkoa du.

- Ikaslearen oinarriko hezkuntza, gauzatuko duen jarduera profesional errealaren bateraketa behar du.
- Unibertsitate instituzioaren arduradun akademikoen lidergo, konpromiso eta babespean izan behar du.
- GHEE-ko eraikuntza prozesuak barneratutako planteamendu didaktikoetara hurbildu behar du: ikaslearen protagonismo handiagoa bere ikasketan, elkarlana eta gaitasun araberako lana, ikasketa tresnen erdiespena, ikasketa autonomia, ebaluazio jarraia,... errazten dituzten material didaktikoen garapena.

Gaitasun berrien eskakizuna, irakaskuntza metodologikoen berrikuntza proposamenarekin bat dator. Espainian, gertaera honek hausnarketa sakon bat eragin du eta metodologia berriak probatzea zenbait unibertsitateetan, Problem-based learning (PBL) adibidez (García eta Perez, 2009). Ingeniaritzan kasuan, non porrot akademikoa ratio altua ohikoa arazoa izan den, metodologia honen sarrerak, unibertsitateetan errendimendu baxuko ikasleen emaitzak hobetzen ditu era esanguratsu batean (Alcober et al., 2003).

2.6. Problemetan Oinarritutako Ikaskuntza

Historia

60ko hamarkadaren erdialdera, diagnostiko egokiak eta erabaki zuzenak hartzeko prozesu kognitiboaren garapenarekin interesatuak dauden McMaster Unibertsitateko (Kanadan) hezkuntzako ikerlari talde bat, momentuko behar profesionalen aurrean, beraien ikasleen prestakuntza hobetzeko irakaskuntza eraldatze prozesuan topatzen ziren. Aurrerapen teknologiko eta informazioaren

hazkunde esponentzialak, jarduera profesionalaren eskari aldakorrarekin batera, azalpenezko klaseak eta irakaskuntza klinikoan oinarrituriko irakaskuntza modeloa egokiena ez izatea ondorioztatzen zuen. Medikuntzako lizentziatuek, problemen ebazpenerako trebeziak garatu behar zituzten, hau da, informazio bilketa eta sintesia eta hipotesiaren formulazio eta frogaketa informazio osagarriarekin burutzea. Eskakizun hauek oinarri izanik, McMaster Unibertsitateko Osasunaren Zientzien Fakultate berria eraiki zen eta irakaskuntza metodologi berri bat garatu zen, ondoren Problemetan Oinarritutako ikaskuntza (Problem Based Learning - PBL) bezala ezagutuko dena (H. Barrows, 1996).

70ko hamarkadaren hasieran beste medikuntza eskolek (Maastricht-eko Limburg Unibertsitateak eta Australiako Newcastle Unibertsitateak) irakaskuntza estrategia hartu eta curriculum egitura aldatzen dute. 80ko hamarkadan Mexiko Berriko Unibertsitatea (Estatu Batuetan) metodologiaren erreferente bilakatu zen. Azken hogeita hamar urteetan, irakaskuntza filosofia hau, mundu osoko unibertsitate gradu eta graduondoko ikasketa desberdinetara zabaldu da. Metodologia ezarri duten unibertsitate eta ikasketa zentroak anitzak dira (Prince eta Felder, 2006). Arrazoi argiengatik medikuntza arloan metodologiaren literatura ugariena topatzen bada, ingeniariaritz, erizaintza, arkitektura, pedagogia, psikologia, informatika, etab alorretara ere zabaldu da.

Gaur egun, Europa mailan, PBL-aren garapenean bi unibertsitate nabarmentzen dira: Aalborg-eko Unibertsitatea (Danimarka) eta Maastricht-eko Unibertsitatea (Holanda).

PBL-aren oinarriak

Barrows-ek (1986), PBL-ko aitzindariak definitzen duen bezala, Problemetan Oinarritutako Ikaskuntza “ezagutza berrien erdiespen eta integratzaileko problemak abiapuntu moduan erabiltzen dituen ikasketa metodo bat da”. Definizio hau, metodoaren ezaugarri nagusien bidez osatzen da:

- Ikasketa ikaslean ardazten da.
- Ikasketa talde txikietan ematen da.
- Irakasleak prozesuaren eragile edo bideratzaileak dira.
- Problema antolaketaren guneak dira eta ikasketaren pizgarri.
- Problema, problemen ebazpenerako gaitasunen garapenerako gidariak dira.
- Informazio berria ikasketa autogidatuaren bidez lortzen da.

PBL-a, giza ikaskuntzaren korrante teoriko desberdinetatik elikatzen da, partikularki konstruktibismotik, non premisa nagusi bezala ezagutza berri baten garapena edo eraikuntza aurreko batean oinarritzen den (Serpil Acar eta Newman, 2003). Ez da hartze-ezagutza edo testuingururik gabeko ezagutza sustatzen duen metodoa, ezta prozesu metakognitiborik gabekoa (norberaren hausnarketa eta ikasketa prozesuen kontzientzia hartzen da), baizik eta ikaste autorregulatu bat da eta teoria konstruktibistan oinarritutako printzipioei erantzuten diena (Savery eta Duffy, 1995):

- Adimena ingurunearekin elkarrekintzan sortzen da. Vygotsky- ren psikologia ikuspuntutik, giza jokabideak bere testuinguru historiko sozialean ulertzen dira eta elkarrekintza sozialen bitartez, ikasleak bakarrik lan eginda baino garapen maila altuagoa lortu dezake (Helle et al., 2006). Era berean, ezagutza ez da eraikitzen soilik, baizik eta elkar- eraikitzen da (Prince eta Felder, 2006).
- Gatazka kognitiboa egoera berri baten aurrean ikasketa sustatzen du. Piaget-ek gatazka kognitiboa norbanakoaren pentsamendu edo ideiak beste gizabanakoen ideiekin edo informazio berriarekin kontraesanean daudela ohartzeko balio duen mekanismo bezala definitzen du (Helle et al., 2006).
- Ezagutza, prozesu sozialen antzemate eta onarpenaren bidez eta fenomeno beraren bakarkako interpretazio desberdinen bideragarritasunaren ebaluazio bidez, garatzen da.

PBL-ak ikasleak pentsamendua kritikoa trebatu dezan exijitzen du. Pentsamendu kritikoa ez da ebazpen ikaskuntza prozesura itsasten den elementu bat,

baizik eta prozesuko elementu bat. PBL-ak ikasleak problema ulertu dezan eta ebazteko ezagutzetan sakondu ditzan, problemaren testuinguruko alderdiak (alor sozial, psikologiko, praktiko,...) integralki kontsideratzen dituen ikuspuntu batetik bultzatzen ditu. Problema era irekian planteatzen dira ebazpen prozesuan aukera anitzak emanez. Ikasleak bere ebazpen bide propioa hautatu dezake eta honek ikaslearen motibazioa eta inplikazioa areagotzen du. Era berean, planteamendu irekiak talde lana elkarlaneko ikaskuntza esperientzia batean bilakatzen du (ITESM, 1999).

Problemetara bideratutako ikaskuntzak, ikaslearen ikasketa aktiboa sustatzen du eta ikaskuntza estilo desberdinen ezaugarriak konbinatzen ditu. Besteak beste, lankidetzan ikaskuntzan, talde lanean, problemen ebazpen gaitasunean eta auto gidatutako ikaskuntzan ardatzen da, honela, problemaren ulermenerako diziplina aniztasunak duen garrantzia nabarmenduz (Wu, 2002). Beraz, PBL-ak ikasleek gidatutako ikaskuntza maila adierazgarria exijitzen du (Prince, 2004).

PBL-a, laburbilduz, hezkuntzarako fase anitzeko elkarlaneko hurbilketa moduan ulertzen da, non irakasleak arretaz diseinatutako problema ebazten den heinean, ikasleek taldeka lan eginez, ezagutzak barneratzen dituzten. Problema ebazpen prozesuaren bidez, ikasleek ezagutzak integratu eta berriak bilatzen dituzte irakaslearen laguntzarekin (Schmidt et al., 2011). Ikaslea ikaskuntzaren ardatza eta gidaria da, prozesuko rol aktibo bat jokatuz.

PBL modelook

PBL-a praxian jaio eta garatzen denez (Graaf eta Kolmos, 2003), unibertsitatean izan duen ezarpenaren arabera, kontsiderazio teoriko desberdinak eragin ditu, hau da, aplikazio alorraren arabera PBL modeloek aldaketak azaltzen dituzte. Inplementatu duten erakundeek, beraien beharrak asetuko dituen PBL-aren bertsioa garatzeko joera dute (Jippes eta Majoor, 2008). Bestalde, alorraren irismena eta alorra bera aldatzeak eta PBL izendapen berdina izateak, PBL modeloen arteko konparazioak zailtzen ditu eta terminologia propioa duten korrontea sorrarazi ditu, hala nola, PBL Problem based

learning, PoPBL Project oriented and problem based learning, Project based learning, P5BL, Case Based Learning,... Literatura zientifikoan ohikoenak aurreneko hiru izendapenak dira. Aurreneko izendapena, Maastricht (Herbehereak), Linköping (Suedia), McMaster (Kanada) eta Newcastle(Australia) partekatutako modelo bezala, eta bigarren eta hirugarrena Roskilde eta Aalborg Unibertsitateek (Danimarka) garatutako modelo bezala, proiektuetara bideratua (Graaf eta Kolmos, 2003).

Problem based learning-eko lehenengo modelo McMaster-eko Unibertsitatean sortu eta garatua zen, medikuntza irakasle eta ikasleen atsekabea ikaskuntza teorikoa praktikara eramaterako orduan konpontzeko. Hmelo-Silver eta Barrows (2006) eta Barrows-ek (2002), PBL metodoaren lau gako zerrendatu zituzten (1) ikasleari problemak zehaztugabeak aurkezten zaizkio, jarduera profesionalean gertatzen den bezala, (2) ikasleak bere ikaskuntzaren ardura gain hartzen dute, (3) irakasleak ikaskuntzaren gidari edo bideratzaile rola du eta (4) aukeratutako problemak ikaslearen lanbide-karreran topatzeko egokienak direnak dira.

Maastricht-eko Unibertsitateak, McMaster Unibertistateko modeloaren moldaketa bat garatu zuen. Ikaskuntza esperientzia errazteko ikasleentzako laguntza moduan, Maastricht-eko Unibertsitateak 7 pausuetako problemen ebazpen prozesuaren modelo garatu zuen (Wood, 2003). Mundu mailan, PBL-aren inplementazioan izan duen oihartzunarengatik, urratsak ondoren azaltzen dira:

1. Agertokian aurkeztutako zehaztapenak eta kontzeptuak argitu. Ulergaitz dirautenak zerrendatu.
2. Problema definitu. Ikasleek kontutan hartu behar diren ikuspegi desberdinak eduki ditzakete. Taldean identifikatutako problemak idatzi.
3. Problema analizatu. Brainstorming saioak eta problemen eztabaida ematen dira momentuko ezagutza mailarekin proposaturiko azalpenekin. Ezagutza arlo ezezagunak identifikatzen dira.
4. Azalpenak bilatu. Bi eta hiru pausuak berrikusten dira eta behin-behineko erantzunak ematen dituzten azalpenak adosten dira.

5. Ikaskuntza helburuen formulazioa. Taldeak helburuei buruzko adostasuna lortzen dute eta tutoreak helburu horiek bideratuta, lorgarri, globalak eta aproposak direla ziurtatu behar du.
6. Banakako ikasketa. Ikasle guztiek helburuei buruzko informazioa bilatzen dute.
7. Banakako ikasketaren emaitzak taldean partekatzen dira eta informazioa frogatzen da. Ikasleek beraien iturriak partekatzen dituzte. Tutoreak ikasketa gainbegiratzen du eta taldea aholkatzen du.

PBL prozesuaren antzeko modelook existitzen dira, Morales eta Landa-k (2004) deskribaturiko zortzi faseak, Stix eta Hrbek-ek (2007) proiektuentzat proposaturiko 9 pausuak edo (Mills, 2008) bost agertokiak bezala. Modeloen desberdintasunak, prozesuaren pausu sekuentzian topatzen dira batik bat. Modelo desberdinek, feedback-aren garrantzia prozesuan azpimarratzen dute, prozesuaren hobekuntza eta garapena suspertuz.

Ingeniaritzara bideratuta, enpresek ingeniariari behar sozialekin lerrokatutako konpetentzia multzoaren eskariei erantzuteko, Aalborg-eko Unibertsitateak proiektuetan oinarritutako bere modeloa proposatu zuen (Graaff eta Kolmos, 2007). Problemetan Oinarritutako Ikaskuntzan oinarritzen bada ere, Proiektuetan Oinarritutako Ikaskuntzan, proiektuaren iraupenak pisu handiagoa dauka curriculum-ean, hezkuntza esperientziaren forma eta testuinguru tekniko, sozial eta politikoa emanez (Kolmos et al., 2004). Proiektuetan oinarritutako ikuspegia, ingeniaritza bezalako diseinura bideratutako lanbideen hezkuntzarentzat, erakargarria dela ikusten da (Banerjee eta Graaff, 1996).

Modelo honen gakoak, problemetan oinarritutako ikaskuntzarekin partekatzen dituenak, hurrengoak dira: (1) proiektuaren inguruan antolatzen da ikaskuntza, (2) edukiak diziplina aniztasunetik lantzen dira eta hutsuneak praktika eredugarrien bidez betetzen dira eta (3) talde lana, ezagutzaren lorpenean gakoa da (Graaf eta Kolmos, 2003).

PBL-eko modelo desberdinek, metodologiaren planteamendu eta garapenean beraien nabardurak aurkezten dituzte (Garmendia et al., 2009). Hala ere, Problemetan Oinarritutako Ikaskuntza Ingeniaritza eta Hezkuntza Zientifikoko lehenengo sinposiotik (2008ko uztailan Aalborg-eko Unibertsitatean ospatua), Problem Based Learning eta Project Based Learning buruz aritzerakoan, PBL siglak bateratzea bilatzen da eta PBL curriculum eta antolaketa aldaketaz gain, aldaketa kultural bat inplikatzen duen ikaskuntza filosofia bat dela azpimarratzen da (Du et al., 2009). Filosofia honen ikaskuntza printzipio amankomunak hiru ikuspegitan laburtzen dira (Kolmos et al., 2009):

Ikaskuntza kognitiboaren ikuspegian, ikaskuntza problemen inguruan antolatzen dela eta proiektuetan ebazten dela adierazten da. Proiektu batek, problema bat baino gehiagoren planteamendu eta ebazpena suposatzen du, baita entrega data bat ere. Problema abiapuntua finkatzen du eta ikaslearen esperientziaren arabera testuinguru bat ematen du.

Edukien ikuspegiak, problemaren irismena ematen du, irakasgai baten mugak gainditu ahal dituenak (diziplina aniztasuna). Helburu curricularrak betetzen diren heinean, irakasteko baliagarria da. Problemetan oinarritutako ikaskuntza metodologia, ikerketa lanaren sistematikara hurbiltzen da.

Elkarlaneko ikaskuntza ikuspegiak ezagutzaren sorrera interakzio eta talde elkarrizketaren bidez ematen dela adierazten du. Ikasleak ikaskuntza prozesuaren jabeak dira, bereziki, planteatutako problema birformulatzean ikusten den moduan.

Kolmos et al. (2009)-ek, Savin-Baden-ek (2007) proposaturiko PBL-aren bost modeloetan iradokituta, problema eta proiektuetan oinarritutako curriculum-eko elementuak bideratuko dituen modelo bat planteatzen dute. Savin Baden-ek, abiapuntuan, problemaren epistemologian eta aztertzen dituen sei dimentsioen (ezagutza, ikaskuntza, problemaren agertokia, ikasleak, bideratzaileak eta balorazioa) irismen mailan, desberdintzen diren bost modelo proposatzen ditu. Kolmos et al.-ek, aldiz, curriculum antolaketa batean oinarritutako elementuak (ikaskuntza helburuak, problemen tipologia, proiektu eta klaseak, aurreratzea, tamaina eta iraupena, ikasleen

ikaskuntza, pertsonal akademikoa, espazio eta antolaketa eta balorazio eta ebaluazioa) lerrokatzen dituen ikuspegi holistiko bat proposatzen dute.

Ikuspegiaren arabera, irakaslean oinarritua edo ikaslean oinarritua, modeloaren elementuak aldatu eta besteengan eragina dute. Aukerak aletzea ez da kontua, baizik eta inplementazioan kontsideratu beharreko aspektuak ugariak direla eta PBL-aren praktikan ematen diren aldakuntzak ugariak direla ohartzea (2.2 Taula).

Taularen bi zutabeek irakaslean oinarritutako ikuspegiaren eta ikaslean oinarritutako ikuspegiaren muturrak azaltzen dituzte. Irakaslean oinarritutako ikuspegiaren adibidea garbia, ohiko irakaskuntzako azalpenetan oinarritzen diren klaseetan topa daiteke, problemetan oinarritutako ikaskuntzarena berriz, eskuineko zutabearekin bat etorriko zen. Literatur zientifikoan bi mutur hauen arteko konparazioak topa daitezke, bataren onurak azaltzeko bestearen desabantailak nabarmenduz. Ohiko irakaskuntzan, irakasleak, gertakariak era logiko eta ordenatu batean azaltzen ditu eta ikasleak, subjektu pasibo moduan, informazioa jasotzen du. Pentsamendua, hausnarketa edo eztabaida sustatzen ez duen informazioaren transmisio bat ematen da. PBL-an aldiz, jarduera profesionalera lotutako problema batetik hasten da eta problema hau irekia denez, ikaslearentzat erronka bat suposatzen du eta jakin-nahia pizten dio, bere ikaskuntza prozesuaren protagonismoa bere gain hartuz, GHEE-k aholkatzen duen moduan.

Klaseak, PBL-ko parte izaten jarraitzen dute, baina desberdintasuna argia da, mutur batean edukien arabera ikaskuntza helburuak ezarri eta proiektua ezagutza hauen aplikazio soila diren bitartean, beste muturrean, klaseek proiektua laguntzen dute.

PBL-eko onuren artean, ikaslearen motibazioa altuagoa dela eta ohiko irakaskuntzan baino lan gehiago egiten dutela defendatzen da (Jones, 2006; Lehman et al., 2008; Morales eta Landa, 2004), aztertzen duen alorraren konplexutasunaren maila altuagoko ulermena lortzen duelarik. Ezagutza sakonagoa lortzea espero bada ere, ezagutza orokorrago baten ikuspegia galtzeko arriskua dagoenez, PBL-an, ikaslearen ezagutza hutsune horiek betetzeaz arduratu behar da etorkizuneko erabilerara begira

(Graaff eta Cowdroy, 1997). Honi praktika eredugarria edo ezagutza metodologikoa deitzen zaio (Graaff eta Kolmos, 2003).

Curriculum elementua	Irakaslean oinarritua	Ikaslean oinarritua
Helburu eta ezagutzak	Ohiko helburuak Diziplina ezagutzak	PBL eta helburu metodologikoak Diziplina anitzeko ezagutza
Problema eta proiektu motak	Itxiak eta ondo definituak Diziplinako proiektuak, irakatsitako aplikatzeko Klaseek proiektua mugatzen dute	Irekiak eta gutxi definituak Problema berritzaileetan oinarritutako proiektuak Klaseek proiektua laguntzen dute
Aurreratzea, tamaina eta iraupena	Aurreratzea ez da ikusgarria Curriculumaren zati txiki bat	Aurreratzea argia eta ikusgarria da Kurtso/curriculum-aren zati nagusia
Ikasleen ikaskuntza	Ez dute laguntza kurtso-rik Ezagutzaren eskuratzea Irakaslearen ardura Bakarkako ikaskuntzarako elkarlana	Laguntza kurtsoak dituzte (elkarlana, talde lana, proiektuen kudeaketa) Ezagutzaren eraikuntza Ikaslearen ardura. Taldea ikaskuntzarako elkarlana
Pertsonal akademiko	Irakaskuntza trebakuntzarik gabekoa Irakasleak gainbegiratuak. Adituaren rola	Irakaskuntza trebakuntzarekin Prozesu gidari, bideratzaile. Tutore rola
Espazio eta antolaketa	Ohiko kurtso eta ikasgaietan oinarritutako curriculum-entzat Liburutegiaren ohiko egitura Klase ikasgela	PBL-an oinarritutako curriculum-entzat egokitua PBL-arentzako liburutegia Taldea lana errazten duen lekua
Balorazio eta ebaluazioa	Bakarkako balorazioa Ebaluazio jarraia Irakasleak zehaztu eta gauzatuak	Taldea balorazioa Ebaluazio hezigarria (akatsetatik ikasten da) Ikasleak talde eta bere ebaluazioan aktiboki murgiltzen da.

2.2 Taula. Metodologia didaktikoaren ikuspegia. Du et al.-etik (2009) egokitua.

PBL-aren ezaugarri nagusiak

PBL ezaugarrien artean, problema edo proiektuak, irakaslearen rola eta ikaslearen ardaztutako ikaskuntza, eta PBL-aren ebaluaketa aztertzen dira. Maila berean, ikasleek proiektua garatzeko edo problema ebazteko burutu behar duten talde lana aurkitzen da, baina ikerketa honetan duen garrantziarengatik, talde lana aparteko puntu moduan aztertuko da.

Problema edo proiektuak

PBL metodologiaren ardatza, problema da. Problemaren formulazioak, helburu didaktikoen lorpenaren arrakastara edo porrotera eraman dezakeenez, problemak bete beharreko ezaugarriak kontutan eduki behar dira. Autore batzuk (Duch et al., 2001; Jones, 2006; Vega Gonzalez eta Fernandez Lozano, 2005) PBL –ko problema on batek eduki beharko lituzkeen ezaugarriak zehazten dituzte:

1. Problemen diseinuak, ikaskuntza eta helburu didaktikoak kontutan eduki behar ditu. Ikaslearen ikaskuntza-aldiarekin bat etorri behar du.
2. Problema, irakaslearen motibazioa eta interesa gaien inguruan sakontzeko piztu behar du.
3. Problemaren formulazio irekiak eta problema jarduera profesionalarekin lotuta egoteak, ikaslea ikaskuntza prozesuan murgiltzea laguntzen dute.
4. Problema, eztabaida, pentsamendu kritikoa eta informazio logiko eta funtsatuan oinarritutako erabakien hartzea estimulatu behar du. Informazioaren bilaketa aktiboa sustatu behar du, aditu, literatura edo interneteko kontsultekin batera.
5. Problemaren konplexutasun mailak, talde lanaren beharra eta taldeko banakakoen artean jardueren banaketa soilarekin ez ebaztea ziurtatu behar du.

Problema on bat ez da PBL-aren arrakastarako baldintza bakarra, baina bai derrigorrezkoa (Hmelo-Silver, 2004). Savin-Baden eta Major-ek (2004), problemak diseinatzerako orduan irakaslearen arduretako bat, problemaren konplexutasuna eta iraupena kontrolpean izatea dela diote. Honen aurrean, irakasleak problemaren

ebazpenak behar dituen ezagutza desberdinak identifikatu behar ditu, ikasleari problema ebazterako orduan, ezagutza hauen aplikazio desberdinen beharra egon daitekeela ohartzen laguntzeko. Beraz, diziplinaren ezagutza eta prozesuko gaitasunen (problema ebazpen edo talde lana bezalako gaitasunen) arteko oreka bilatu behar da, problema edo proiektuaren konplexutasuna zehazteko.

Proiektuetan oinarritutako ikaskuntzaren kasuan, ezaugarri nagusi bat, problemetara bideratua dagoela da (Blumenfeld et al., 1991) eta proiektuaren inguruan antolatzen dela ikaskuntza. Proiektuak, ikasleek diseinu, ikerketa, problemen ebazpen, komunikazio, erabaki hartze, etab. bezalako jarduera konplexuak burutzeko erabiltzen dira. Proiektuaren jatorria ematen dion problemak, aurretik aipaturiko problemen ezaugarriak betetzen ditu. Hala ere, Thomas-ek (2000) proiektuetan oinarritutako ikaskuntzari buruz eginiko berrikusketan, proiektuen aukeraketan kontutan izan beharreko bost irizpide azpimarratzen ditu:

- Proiektuak curriculumaren muina dira: Proiektuaren bidez, ikasleek intereseko kontzeptuak topa eta ikasten dituzte. Ohiko irakaskuntzan adibide praktiko edo lan gehigarri moduan erabiltzen diren proiektuak ez dira PBL moduan kontsideratzen, ez baitira ikaskuntzaren gidari nagusiak.
- Proiektua kontzeptu zentralak eta diziplinaren printzipioak topatzera bideratzen duen galdera edo problemaren oinarritzen da: Proiektuaren planteamenduari hasiera ematen dion problemaren aurkezpena, proiektua bideratuko duen galdera batekin egiten da. Galdera bideratzaile horrek, ikasleek beharrezko kontzeptuak ikastera gidatu behar ditu, baina ez da mugatua egon behar, ikasleek beraien ikuspegiak edo problemari hurbilketa pertsonala garatu dezaten. Ikaslearen ikaskuntzaren autonomiarekin lotuta dagoen aspektua da.
- Proiektuak ikaslearen ikerketa eraikitzailea sustatzen du: PBL-an proiektuak burutzeko egiten diren jarduerak, ikasleak ikaskuntza eta gaitasun berriak eraikitzea eragiten dute. Ikasleek proiektu jarduera horiek aurretik duen ikaskuntza eta gaitasunak erabiliz burutu ahal badute, aplikazio proiektua kontsideratzen da, baina ez PBL-ko proiektua.

- Proiektuak ikaslearen autonomia bultzatzen du: PBL-ak ohiko irakaskuntzarekin alderatuta, erantzukizun handiagoa, gainbegiraketa gutxiago eta proiektua garatzeko askatasun handiagoa ematen dio ikasleari. PBL-ko proiektuek ez daukate aurretik determinatutako emaitza bakarra edo garatzeko bide bakarra.
- Proiektuak errealistak dira: ikasleek proiektuaren errealismo eta benetakotasun kutsua antzematen dute. Proiektuaren gaiak, jarduerak, ikaslearen rolerak, proiektua burutzeko kanpo laguntzek, lortutako emaitzak eta ebaluatzeko irizpideak, jardura profesionalean erroak dituzte. Proiektuaren emaitza edo produktuak, inplementatzeko aukera azaldu behar du.

Proiektu eta problemetan oinarritutako ikaskuntzaren arteko desberdintasuna nagusia, proiektuek bukaerako produktua behar dutela da eta problemek ez da (Savin-Baden, 2003). Proiektuen inguruan sortzen den giroa, ikasleak lanbide jardueran izan dezakeen antzeko eskarmentua bilatzeko da. Honela, ikasleak garatzen dituen gaitasunak lanbide testuinguru batetara errazago eraman ditzake.

Irakaslearen rola eta ikaslearen ardaztutako ikaskuntza

Edozein hezkuntza metodologia berriaren ezarpenak, teknologiko edo pedagogikoa, aurreko irakaskuntza eran aldaketa edo etenaldia suposatzen du. Inplementazio pedagogiko berri bat, PBL-arena adibidez, ikaslearen ikasteko eran eta irakaslearen ikaslearen ikaskuntza errazteko eran erabateko aldaketa dakar (Gabb eta Keating, 2006). PBL-ak aldaketa kultural baten beharra du, non ikaskuntza ikaslearen erdiratzen den eta irakaslearen ikaslearen ikaskuntza bakarka eta taldean bizitu eta gidatzen dituen. Irakaslea eta ikaslea, beraien rol berrietara egokitu behar dira eta PBL metodologiaren garapenean arrakasta izateko bien prestakuntza ezinbestekoa da.

PBL-ak esanahi berria ematen dio irakasleari. Problemetan oinarritutako ikaskuntzaren errazte eta gidaritzaren testuinguruan, irakaslearen rola zabaldu egiten da eta informazioaren igorle eta ezagutzaren kudeatzaile izatetik, ezagutzaren

baliabide eta sustatzaile izatera pasatzen da (Poikela eta Poikela, 2005). Ikerlariak, irakaslearen tutoretza edo gidaritzaren garrantzia PBL-an, azpimarratzen dute. Tutoretza-gidaritza, irakasleak garatu behar duen trebezia da, behar den momentuan galdera aproposa planteatzeko, ikasleen ikaskuntzaren aurrerapena kontrolatzeko eta ikaskuntza prozesuaren erritmoa mantentzeko. Tutoreak, problema ulertzeko eta ebazteko ikasleak bere buruari galdetu beharreko galderak planteatzen ditu (Barrows, 1988). Tutoreek estrategia malgu desberdinak erabiltzen dituzte PBL-aren prozesuko etapa desberdinetara egokitzeko (Hmelo-Silver, 2002).

Tutore-laguntzailea PBL metodologiaren gakoa izanik (Savin-Baden, 2003), laburbilduz, irakasleak hurrengo ezaugarriak biltzen ditu:

- Ikaslea, bere ikaskuntzaren arduradun bezala kontsideratzen du, ikaslearen autonomia indartuz.
- PBL metodologia ezagutzen du eta ebaluazioa sistema, metodologiara egokitzen du.
- Diziplinaren ezagutza sakona du, tutore edo bideratzaile papera hartuz.
- Tutore moduan, ikaslearen ikaskuntza piztu eta aukera desberdinak eskaintzen dizkio.
- Ikaslearen ikaskuntzaren aurrerapena etengabe jarraitzen du.
- Ikaslearen pentsamendu kritikoa eta gogoetatsua bultzatzen du, ikaskuntzarako garrantzizko galderak planteatuz.
- Taldeko gatazkak kudeatzen laguntzen ditu eta talde lanerako erremintak taldeari hornitzen dizkio.

Ikaslearen kasuan, ikaskuntza metodologia aktiboen eta konstruktibismoaren oinarritutako hurbilketa pedagogikoen ezaugarri nagusia bezala, ikaskuntza ikaslearen erdiratzen da (Helle et al., 2006). PBL-a ikaslearen ardazten den metodologia didaktikoa denez, ikasleak bere papera zein den ezagutzea funtsezkoa da, baita ere, irakaslearen rola zein den, talde lana nola gauzatuko den eta bere ikaskuntza nola ebaluatua izango den.

Brown-ek (2004) hiru ezaugarri nagusi azpimarratzen ditu ikaslearen ardaztutako ikaskuntzari buruz: aukeraketa askatasuna ikaskuntzan, ikaslearen erantzukizuna ikaskuntzaren garapenean eta ikaskuntza laguntzeko ingurugiroaren sorrera. Batetik, ikasleak bere ikaskuntzaren autonomia handiagoa du, ikaskuntza helburuen definizioan adibidez, eta erantzukizun handiagoa ikaskuntza garatzeko, ohiko ikaskuntzarekin alderatuz. Proiektuetan oinarritutako ikaskuntzaren kasuan, ikasleek zertan lan egin, nola lan egin eta ze produktu lortu aukeratzeko eta kontrolatzeko posibilitatea dute (Blumenfeld et al., 1991). Eta bestetik, ikaskuntza laguntzen duen ingurugiroa sortzeko ikasleak aktiboki parte hartu behar du eta tutoreak lagundu egin behar dio. Partaidetza aktiborako, ikaslearen motibazioa beharrezkoa da eta PBL-aren kasuan, lanbide jarduerarekin oinarritzen diren problema eta proiektuek, ikaslearen interesa piztu egiten duen errealismo kutsua ematen diote (Jones, 2006).

Ikuspegi kognitibo batetik, ikasleek ikaskuntza sakonagoa lortzen laguntzeko jarduerak burutzen dituzte: aurreko ezagutzak erabiltzeko aukera dute, beraien hipotesiak edo diseinuak probatzeko aukera dute, ezagutza berria garatzen dute eta lankidetzako interakzioen bidez ezagutza sendotzen dute. Jarduera hauek aurrera eramateko aukera eta kontrola ikaslearen esku geratzen dira erabat. Beraz, PBL-arekin ezagutza sakonago bat lortzen dela esan daiteke (Biggs, 2003).

PBL metodologiak, ikasleak hurrengo puntuak bete ditzan bilatzen du:

- Ikaskuntzaren protagonismoa hartzen du, aktiboki lan eginez.
- Ikaskuntza autonomia burutzen du, informazio iturri desberdinetan bilaketak eginez, informazioa analizatuz, sintetizatuz eta partekatuz.
- Taldean lan egiteko, taldekideen proposamenak entzuteko eta bereak proposatzeko gai da. Elkarlanean badaki.
- Taldean sortzen diren gatazkak kudeatzeko gai da.
- Bere ikaskuntza prozesuaz ohartzen da, bere plangintzatik ebaluaziorarte.

PBL-aren ebaluazio

Metodologia berri batek, ebaluazio sistema berri baten beharra exijitzen du. Ohiko irakaskuntza normalean bukaerako proba batek ikaslearen ezagutza maila determinatzen bada, PBL-ko ebaluazioa, ikaslearen ikaskuntzaren prozesu bat bezala kontsideratzen da (Martinez Cano, 2008). PBL-ak, ikaskuntza helburuak eta curriculum-eko gaitasunak lortzeko elkarlaneko ikaskuntza eta ikaskuntza autonomoa sustatzen ditu, beraz ikaskuntza prozesua eta emaitzak ebaluatzen dituzten erremintak behar ditu.

Ebaluazioak, irakaslea, ikaslea eta taldea integratu behar ditu, ikaslearentzat feedback iturri izan dadin eta irakaslearentzat ikaslearen ikaskuntza jarraitzeko sistema izan dadin. Bestalde, ebaluazio estrategiek ikasketa emaitzak eta hauek lortzeko burutzen diren jarduerekin lerrokatua egon behar dute. Era berean, ikaslea ebaluazio prozesuan parte hartu behar du alderdi interesatu moduan, baita ebaluazio irizpideen finkapenean ere (Savin-Baden, 2004). PBL-ko ebaluazioa, ohiko azterketara mugatzen bada, nahasmena eta frustrazioa sententzioa sorrarazten die ikasleei (Ortiz Perez, 2004).

Ikuspegi aldaketa bat beharrezkoa da ebaluazio sistema hezitzailea, zigortzailearen aurrean hobesten duena. Beraz, ebaluazio estrategiak anitzak izan behar dira eta hauek gauzatzeko bat datozen instrumentuen aukeraketa beharrezkoa da. PBL-aren ebaluazioa sistema osatu dezaketen tresna multzoa, hurrengo instrumentuak izan daitezke (Heywood, 2005; Holgaard eta Kolmos, 2009; Leifer eta Sheppard, 1998):

- Banakako azterketak: ikaskuntzaren transferentzia problemaren garapenean zehar gauzatu dela ziurtatzen duena. Edukien erreproduktzio automatikora ez mugatzea, gomendagarria da.
- Autoebaluzioa: Ikaslearen jarduera, inork baino hobeto, ikasleak berak ebaluatu dezake. Ikasleari bere ikasketaren ikuspegi globala eskaintzen dio, hau da, ezagutzen duena, ezagutzen ez duena eta ezagutu behar duena problemaren ebazpen jarduerak burutzeko, ikusteko aukera ematen dio.

- Taldekideen arteko ebaluazioa eta talde ebaluazioa: ikasleak bere taldekideak eta taldea funtzionamendua ebaluatzen ditu. Ebaluazioa errazten duen inkesta baten bidez burutu daiteke.
- Aurkezpenak: PBL-ko tresna garrantzitsua da, ikaslearen komunikazio gaitasunak erakusten baititu.
- Txostenak edo portfolioak: Idatzizko dokumentazioak, ikaskuntza maila eta ikaskuntza hori lortzeko prozesua islatzen ditu.
- Tutorearen ebaluazioa: nahiz eta ikaslearen ikaskuntzaren prozesuan ez sartu, irakaslearen feedback iturri nagusia izan daiteke metodologia berriaren aspektuak zuzentzeko, jarduerak berrikusteko eta plangintza aldatzeko.

Metodologia berri honetan, irakasle-tutoreak bakarkako lana eta talde lanaren eboluzioa ezagutzen du, PBL-ak bultzatzen dituen feedback kanalen bidez (taldearen jarraipenak, tutoretzak, komunikazio euskarri eta online ikaskuntza, ebaluazioak,...). Ikasleak zentratzen den ebaluazioan, proiektuetan oinarritutako ikaskuntzaren kasuan, banakakoen lana eta ekarpenak identifikatzea eta ebaluatzea zailak dira (Dutson et al., 1997). Honenbestez, irakasleak ebaluazio mekanismo bat osatuko duten erreminta multzoa aukeratu behar du, ikaslearen bakarkako eta taldean lortutako ikaskuntzaren ezagutza emaitzen konplimendua ziurtatzen dituen.

2.7. Talde lana eta talde estrategia didaktikoak

Markes-ek (2006), UK eta Europar Batasuneko zenbait herrialdeen eremuan burututako ikerketan, talde lana, enplegarritasunaren gaitasunen artean eskatuenerako bat bezala identifikatzen du. Era berean, Hodge eta Lear-ek (2011) Estatu Batuetan enplegatzailen artean burututako hiru inkesta nagusien (Partnership for 21st Century Skills (2008), NACE research report: Job outlook 2010 (2009) eta American Management Association Survey (2010)) arteko konparaketa burutzean, gehien baloratutako gaitasuna artean talde lana topatzen da. Ikerketa berean, taldean lan

egiten jakitea enplegua lortzeko gaitasun nagusia bezala identifikatzen dute unibertsitateko desberdinetako irakasleek. Autore ugari izan dira antzeko iritziak adierazi dituztenak talde lanari buruz (Gabriele et al., 1994; Newell, 1990; Sloan, 1982).

Ingurune profesional eta akademikoan ematen diren aldaketek, ikasleak taldean lan egiteko gai izatea eskatzen dute, hau da, helburu amankomun baten bila lan egitea eta bere lorpenean konprometitzea, barne gatazkak konpontzeko gai izatea, gaitasun osagarriak garatzea eta talde lanean, bakarka baino, etekin handiago lortzea. Katzenbach eta Smith-ek (2005) jardueren helburuak eta hauek lortzeko bata bestearen erantzule izatea, talde definizioari erantsten diote.

Bestalde, PBL-aren ezaugarrietako bat talde txikietan ikastea da eta bertan ematen dira ikaskuntzaren prozesu gehienak (Kolmos et al., 2004), beti ere ikasleek ikaskuntza prozesuaren gidari izanik. Talde ikaskuntza, ikaskuntza sozial moduan kontsideratzen da eta ikaslearen ikaskuntzan lortzen dituen onuren inguruko informazioa ugaria da (Slavin, 1987, 1999; Sharan, 1990; Millis eta Cottell, 1998; Kagan, 1994). Beste metodologia didaktiko berritzaile askoren antzera, PBL-an talde lana erreminta bezala erabiltzeak, elkarlaneko eta lankidetzako ikaskuntza eragin dezake (Helle et al., 2006; Prince, 2004; Prince eta Felder, 2006).

Baina PBL-aren garapenean, ikasleei taldean lan egiteko informazioa eta gidaritzaren ematen ez bazaie, talde lana arrakastatsua ez izatea litekeena da, aurretik trebakuntzarik jaso ez badute (Hansen, 2006). Talde lanean trebakuntzak, talde lanaren etekinean duen eragina argia dela ikusten da Salas et al.-ek (2008) egindako meta-analisiaren ondorioetan. Trebakuntza baliagarri batek, talde lan eraginkorrean zerikusia duten faktoreak kontsideratzen ditu eta horiek garatzeko estrategia didaktiko aproposak aukeratu. Ondorengo puntuetan bi aspektu horiek landuko dira, talde laneko errendimendu faktoreak eta talde estrategia didaktikoak.

Talde laneko errendimendu faktoreak

Talde lana ikasleek garatu beharreko gaitasuna dela aho batez onartzen da. Hala ere, talde lan efektiboan eragina duten alderdiak determinatzeko ikerketa lanak ez dira ugariak. Kontutan izan behar da lan hauek jorratzen duten alorraren arabera, autoreek planteatzen dituzten talde lanaren proposamenak desberdinak direla. Industria, negozioak eta kudeaketa, talde lanaren inguruan landutako alorren artean, bibliografia ugariena dutenak dira.

McNair et al.-ek (2011), industriako jardueran ematen diren auto kudeatutako lan taldeak (self managing work-teams - SMWT) ikaskuntza testuingurura egokitzea proposatzen du. Beste ikerlariei erreferentzia eginez hurrengo talde lan faktoreak lantzen ditu: (1)era kolektibo eta autonomoan jardutea, (2)talde barrutik sortutako lidergoa, (3) jardueren interdependentzia eta (4)langileen ahalduntzea.

Alper et al.-ek (1998) taldeen zenbait helburuek ahalduntze eta emaitzen efikazian eragin zuzena dutela erakusten du. Helburu kooperatiboek adibidez, auto kudeatutako taldeen konfiantza eta lankidetzaren sustatzen dutela azpimarratzen du.

Ikerlarien artean, talde lan efektiboaren muinean interakzio sozialak daudela onartzen bada ere, aurre-aurreko interakzioen ikerketak beharrezko sakontasun mailaz gutxitan burutzen dira (Tonso, 2006). Talde txikien erabaki hartze prozesua azterketa abiapuntu izanik, negozio kudeaketako ikerlari batzuk, talde lan eraginkorrarekin erlazionatutako jokabideak aztertu dituzte. Beraien ikerketa, jarrera egokietatik abantailak lortzeko eta gatazka kudeaketa trebearen bidez, jokabide negatiboen murrizketara bideratu dago (Mayer, 1998).

Levi eta Slem-ek (1995), talde lan efektiborako lantaldearen babesaren zuzendaritzatik, talde osaketaren aspektu sozialak aintzat hartzea eta taldearen barne eta kanpo erlazioak kontutan hartzearen garrantzia, azpimarratzen dute. Helburu eta jarraibide argiak, lidergo ona, talde lanerako jardura egokiak eta beharrezko baliabideak, zuzendaritzaren babesaren barruan sartzen diren aspektuak dira. Ikerlari hauek taldearen aspektu sozialetan taldekide gaituak, konpromisoa eta sariak,

adibidez, nabarmentzen dituzte. Heylen et al.-ek (2008), erlazio sozialen papera PBL-ko taldeen jarduera egokian azpimarratzen dute. Era berean, irakaslearen eragina lanerako talde giro baldintzak sortzeko, nabarmentzen dute.

Zafft et al.-ek (2009), ikasleen lidergo profilen eragina talde lan eraginkorrean aztertzen dituzte. Taldekideen rol desberdinen esleipenarekin, lidergo partekatua erabilera aztertzen dute eta taldekideen arteko partekatzea gomendagarriago dela, pertsona batek lidergoa eduki baino, ondorioztatzen dute. Ikerlariak desberdintatutako lau lidergo profilen identifikazio eta ulermenak ingeniarietako ikasleen papera talde barruan jakitea ekarriko du eta ondorioz taldearen funtzionamendu eraginkorragoa.

Talde lana aztertzerakoan, kontutan izan behar da testuinguru akademiko profesionalarekin desberdindu behar dela. Hau da, ingeniarietako alorrean talde lanean inpaktua duten eraginkortasun faktoreak, testuinguru akademikoan eragin bera izango duten eta zuzenean transferigarriak diren aztertu behar da. Badirudi jarduera profesionaleko baldintzak hobeto errepikatzen badira, adibidez testuinguru profesionalean topatuko zuten proiektu baten garapena taldean burutzea eskatzen bazaie ikasleei, bi testuinguru hauetan talde lan faktoreen neurketak bat etorriko direla gehiago. Cano et al.-ek (2009), Proiektuen Kudeaketako irakasgai batean 92 ikasleei emandako galdetegi baten analisian, estatistikoki adierazgarriak diren emaitzak topa zituzten proiektu taldearen jardueraren kalitatea eta testuinguru profesionalean aipatzen diren hurrengo faktoreetan: helburu amankomuna, lan ingurugiro atsegina, taldekideen arteko komunikazio ona, taldekideen rol definituak, jardueren banaketa eta taldearen koordinazioa. Era berean, Hirsch eta McKenna-ek (2008), Ingeniaritza Diseinuko 75 ikasleen aurre-ondoko galdetegi baten erantzunen azterketan oinarrituz, talde jarduera arrakastatsuen antzeko faktoreak identifikatzen dituzte: Talde lanaren banaketa parekoa, helburu amankomuna, komunikazioa, konfiantza/errespetua, aniztasuna/sendotasun desberdineko taldekideak, talde arauak, lidergoa, denbora-proiektuaren antolaketa eta kudeaketa, gatazken konponketa eta elkar ezagutzea/ondo pasatzea/eroso sentitzea.

Faktore gehienak ikerlari desberdinen lanetan topa daitezke nahiz eta batetik bestera izendapena, sailkatzeko era edo talde lana egiten den testuinguruan arabera ko ñabardurak ematen diren. Davis et al.-ek (2009) azken hamar urteetan (2008rarte) ingeniariaren hezkuntzarekin zerikusia duen literatur zientifikoaren berrikuspena burutzen du eta talde laneko atributu eta jokabideak identifikatzen ditu: rolak, ardurak/lan-kargaren oreka; taldekideen garapena/lidergoa/ekimena; jardueren aurreikuspena/kontuak eman; maila berekoen ebaluazioa-autoebaluazioa; kritika eraikitzailea; jokabide arauak, errespetua, besteentzako laguntza, giroa; partaidetza/interdependentzia, borondatea; talde gauzatzea/desberdintasunen erabilera, abileziak; gatazka konponketa/talde eraikuntza; helburu ezarpena/ helburura zuzendua/ helburu amankomuna; egitura/planen garapena/ proiektuen kudeaketa; erabaki hartzea, adostasuna; potentzia/produktibitatea; lehiakortasun puntuala; prozesuaren monitorizazioa, berrikuspena; bilerak; komunikazioa, entzute aktiboa, pertsuasioa; ulermen/ikaskuntza partekatua.

Talde estrategia didaktikoak

Talde lan eraginkorraren gaitasuna garatzeko baliozkoak diren estrategia didaktikoen artean lankidetzak eta elkarlaneko ikaskuntzak topatzen dira (Johnson et al., 1998, 2007). Elkarlaneko ikaskuntza, lankidetzak ikaskuntzarekin sarri nahastu edo esanahi berdinarekin erabiltzen dira, nahiz eta zenbait autorek beraien arteko desberdintasunak daudela adierazten dituzten (Gillies eta Ashman, 2003; Prince, 2004). Oro har, desberdintasun nagusia lankidetzak ikaskuntza egituratuagoa dela eta irakasleak kontrolatzen duela da (Springer et al., 1999). Lankidetzak ikaskuntza, oinarrizko ikaskuntza bat bilatzen den arloetan edo/eta taldekideek aurreko ezagutza edo talde laneko esperientzia ez duten kasuetan erabilgarriagoa dela kontsideratzen da ere.

Aurretik aipaturikoa kontutan edukita, lankidetzak ikaskuntza estrategia didaktiko bat da, non helburu amankomun baten bila ikasleek elkarrekin talde txiki

heterogeneotan lan egiten duten (Kagan, 1994). Ikasleek jarduera akademikoak eta beraien ikaskuntza garatzeko taldeetan lan egiten dutenez, beraien helburuen erdiespena talde helbururen lorpenaren baitan daude. Benetako lankidetzak ikaskuntza ingurugiro batek, hurrengo oinarritzko elementuak ditu (Johnson, 2003):

- Interdependentzia positiboa: Jardueran arrakasta izateko taldekide guztien partaidetza beharrezkoa da. Rolak esleipena eta lanaren banaketaren bidez partaideen dependentzia ziurtatzen da. Taldekide bakoitzak rol bat bete behar du, bete ezean, taldeak jasaten ditu ondorioak.
- Banakako erantzukizuna: Taldekide bakoitza bere lana eta taldeko lanaren aurrean erantzuten du. Ikasleak taldeko lana osoz arduratu behar da.
- Aurre-aurreko interakzioa: Taldekideak interakzio izan dezaten baimendu behar da. Topaketa hauetan taldekideek lanari buruzko ideien trukaketa, eztabaida eta feedbacka jasotzen dute eta elkar animatzen dira.
- Pertsona arteko trebeziak: Talde lanerako garrantzitsuak diren gaitasunak garatzen dira, esaterako, komunikazioa, erabaki hartzea, gatazken kudeaketa,...
- Hausnarketa: Ikasleari eta taldeari beraien aurrerapenaren balorazioa egiteko eta hobetzeko aldizkako jarduerak programatzen dira.

Talde laneko arrisku bat, taldekideen konfiantzaren aurrean, ikasleek beraien banakako ardura eta pentsamendu independentea gutxietzea da (Blumenfeld et al., 1991). Ikerketen emaitzek lankidetzako ikaskuntzan murgildutako ikasleek, motibazioa, estimu eta konfiantzaren handitzea esperimendatzen dituztela azpimarratzen dute (Felder eta Brent, 2004; Johnson et al., 2007). Horregatik lankidetzako ingurugiroaren onurak esperimendatzeko, pertsona arteko trebeziak eta banakako erantzukizuna garatzeko baliabideak eskaini eta landu behar dira. (Johnson et al., 1998) lankidetzak taldeak erabiltzen direnean, taldekideek talde lanerako trebakuntza jasotzea gomendatzen dute. Oro har, lankidetzak ikaskuntzak, ikasleak erlazio positiboetan oinarritzen diren sareetan sozialki integratzea lortzen du (Johnson et al., 2007).

Slavin-ek (1999) lankidetza ikaskuntza, hezkuntza berrikuntzaren arrakasta handien artean bat dela, kontsideratzen du. Zenbait hamarkadetako ikerketak babesten duten baieztapena da hau. Literatur zientifikoan lankidetza ikaskuntzari buruz egindako berrikuspenen artean (meta-analisiak) lankidetza eta elkarlaneko ikaskuntzak eragiten dituen hurrengo abantailak azpimarratzen dira (Johnson et al., 1998, 2000; Springer et al., 1999) Prince-k (2004) jaso zituen bezala:

- Ikasleek batz besteko emaitza akademiko hobeak lortzen dituzte
- Ikasleen arteko erlazioen kalitatea hobetu egiten da
- Ikasleen autoestimua hobetzen da
- Babes sozial hautematea handitzen da
- Ikasleen jarrera hobetzen da
- Ikasleen atxikipen maila handitzen da

Hattie-k (2009) lankidetza ikaskuntzari buruzko 11 meta analisisien sintesia egiten du eta Kyndt et al.-ek (2013) eginiko meta analisiaren moduan, ikasketa emaitzen, jarreraren eta beste hainbat aldagaietan lankidetza ikaskuntzaren aldeko emaitza adierazgarriak lortzen ditu.

PBL eta lankidetza ikaskuntza, ikaskuntza aktiboaren ikuspuntu desberdinak badira ere, proiektuetan oinarritutako ikaskuntzan oinarritzen den proposamen didaktiko bat burutzean, irakasleak beraien erabilera bateratuak sortu ditzakeen sinergiak kontutan hartu beharko lituzke. PBL-aren garapenerako, taldeen beharra du eta lankidetza ikaskuntzak talde lan eraginkorra sustatzeko baliagarri dela ikusi da (Johnson et al., 2007). Era berean, problema erreal batean oinarritutako proiektuaren testuinguruak, lanbide jarduerak eskaintzen duen eta lankidetza ikaskuntzaren printzipioa den taldekideen interdependentzia, eman diezaioke (Prince, 2004). Beraz, PBL-a, talde estrategia didaktikoez hornitzen dela esan daiteke.

3. PROGRAMA DIDAKTIKOA

Aurreko ataleko berrikuspen bibliografikoan jaso diren CAD trebakuntzaren beharrak eta proposamenak abiapuntu izanik eta Unibertsitateko paradigma didaktikoaren aldaketaren bultzada jarraituz, atal honetan, Ordenagailu Bidezko Diseinuaren Gehikuntza irakasgaiarako proposamen didaktiko bat deskribatzen da. Irakasgaiaren gaitasunak, helburuak, planteamendu eta metodologia didaktikoa definitzen dira. Irakasgaiaren proposamen didaktikoa PBL-an oinarritzen da eta ikaskuntza metodologia aktiboak integratzen ditu. Ikasleek talde lanean garatu behar duten proiektua irakasgaiaren ardatza denez, proiektuaren agertokia, eratorritako ikasketa emaitzak eta hauek lantzeko estrategiak zehazten dira. Azkenik irakasgaiaren asteroko plangintza eta irakasgaia jarraitzeko eta ebaluatzeko sistemak adierazten dira.

3.1. Aurrekariak

Ordenagailu Bidezko Diseinuaren Gehikuntza irakasgaia, 2009 urterarte, ikasleen CAD softwarearen erabileraren oinarriak finkatzean eta sendotzean oinarritzen zen. Irakasgaiaren curriculumaren diseinua, ikasgelan azaldu beharreko edukien sekuentzia logikoaren determinazioan zentratzen zen, ondoren edukiekin bat zetozen ariketa edo jarduerak burutzeko. Gai-zerrenda irakasgaiaren hari nagusia zen, diapositiba bidez softwareak eskaintzen dituen tresna eta aukerak teorikoki azaltzen ziren, ondoren, adibide sinpleen bidez aukera horiek erabiliak izateko. Bakarka ebatzi beharreko aplikazio ariketa batzuk proposatzen zitzaizkien ikasleei eta azkenik,

irakasgaiaren sintesi moduan, kurtso amaieran burutzeko, multzo mekaniko txiki baten diseinua burutzen zuten ikasleek.

Irakasgaiaren planteamendu honetan, gai-zerrenda itxia zen, berdina ikasle guztientzako eta CAD programak eskaintzen zituen aukera anitzen azalpena nagusi zen, nahiz eta aukera horietako batzuk, ikasleek burutzen zituzten ariketetan bakarrik lantzen ziren. Bestalde, zereginen planteamendua bakarkakoa izatea, ikaslearen aurrerapen maila neurtzea zuen helburu, baina honela, industrian lana egiteko era arruntena ez zen lantzen, hau da, gaur egungo makina eta multzo mekanikoen diseinuak, talde lanean burutzen dira. Honek, planteamendu didaktiko desberdin batek irakasgaiaren helburuak aurrera eramateko eskaini ditzakeen aukeren inguruko ikerketaren beharra nabarmentzen du.

Ikerketa oinarritzen den irakasgaiaren hasierako datuak hurrengoak dira: Ordenagailu Bidezko Diseinuaren Gehikuntza irakasgaia bigarren lauhilekoan lau taldeetan (bi gazteleraz eta bi euskaraz) Donostiako Eskola Politeknikoan (Euskal Herriko Unibertsitatea) irakasten den hautazko irakasgaia da. Bataz besteko ikasle kopurua 28tik gertu izan ohi da. Irakasgaia, 4,5 ECTS-rekin, asteko 3 orduetako laborategiko praktika jarraietan garatzen da. Laborategi praktikak, Adierazpen Grafikoko Laborategietan ematen dira. Gela hauek, ilaraka antolaturiko mahaietan, ikasleak ordenagailu bana izatea eskaintzen dute. Erabilitako CAD softwarea SolidEdge izan da, v19-an hasita, bertsioen eguneraketaren ondorioz ST2-aren erabilpenarekin bukatu da.

Ikerketa tratamendua, hau da, PBL metodologian oinarritutako programa didaktikoa, urte bakoitzean euskarazko talde bati eta gaztelerazko beste bati aplikatzeko helburua eduki eta bete da.

3.2. Irakasgaiko Gaitasunak eta Helburuak

Ordenagailu Bidezko Diseinuaren Gehikuntza irakasgaiak, ikaslearen ordenagailu bidezko diseinuaren ezagutza eta software espezifiko baten erabileraren menperatzea bilatzen du, ingeniartzako diseinuaren inplikazioak ulertu, zehaztu eta burutzeko helburuarekin, adibidez, piezaren diseinuan softwareak eskaintzen dituen aukeren artean egokiak aukeratzea, multzoen muntaketan piezen funtzionamendu erreala ziurtatuko dituzten erlazioak zehaztea eta planoen sorrera araudiaren araberakoa izatea. Guztia, lanbide jarduerarekin bat datorren lan giroko prozedurak sustatuz eta baldintzapenak kontsideratuz, hala nola, burutzeko epeen finkapena, baliabideen murriztapena eta emaitzen kalitatea.

Irakasgai helburutik, ikasleak bereganatu beharreko gaitasun nagusi bezala hurrengoak definitzen dira:

1. CAD softwareak eskaintzen dituen erreminten erabilera eraginkorra, softwarearen tresna eta aukera egokienak erabiliz, piezen eta makinaren diseinuaren sekuentzia hoberena lortzeko.
2. Irakasgaiko edukiak eta prozedurak barneratzen dituen proiektu bat garatzeko talde lanean jardutea, kalitate onargarriko produktu bat eraginkorki lortzeko.

Esparru teoriko atalean azaldu bezala, irakasgaiaren helburu eta gaitasunak hobekien garatuko duen metodologia didaktikoa aukeratzen da, PBL -a, eta irakasgaiaren planteamendua era adierazgarri batean aldatzen da. Ikaskuntza, proiektuaren inguruan ardatzen denez, irakasgaiak sakondu beharreko helburuak definitu behar dira eta era honetan zehazten dira:

- PBL-an oinarritutako irakasgaiaren curriculum diseinua garatu, irakasgaiko edukien ikasketa eta definitutako gaitasunen garapena ziurtatzeko.
- Irakasgaiarekin bat datozen ikasleen aurreko irakasgaietako ezagutzen finkapena lortu.
- Lanbide jarduerako praktikak barneratzea.

- Talde laneko gaitasuna garatu, taldean ikasleen elkarlaneko ikaskuntza erraztuz.
- Talde lana gauzatzeko plangintza eta koordinazio teknikak ikasleei eskaintzea.
- Erabaki hartzea, pentsamendu kritikoa, komunikazioa, problemen ebazpena, etab. gaitasunak lantzea.

3.3. Planteamendu eta metodologia didaktikoa

Irakasgaiaren planteamendu berrian, taldean burutu beharreko proiektuak garrantzi handiagoa hartzen du eta kurtso osoan zehar garatzen da. Aurreko planteamenduan, ostera, proiektua (multzo mekaniko txiki baten diseinua) kurtsoaren azken asteetara mugatzen zen. Gertaera honek, programaren egokitzapena eskatzen du. Honela, 4,5 kreditutako irakasgaia, 15 astetan zehar 3 orduetako saioetan irakasten dena, hiru zati nagusietan banatzen da, irakasgaiko bi gaitasunak aldi berean lantzeko asmoz. Hasieran programaren edukietan gehiago sakontzen da, ondoren proiektuari esleitutako denbora gradualki handitzeko (Taula 3.1).

Laburbilduz, irakasgaiaren aurreneko zatian, CAD softwarearen oinarrizko edukiak irakasten dira, ikasleen ezagutza maila desberdinak kontutan edukiz, eta proiektua definitu eta planifikatzen da, honela, behin oinarrizko ezagutzak lortu dituztenean, taldeak proiektuaren egikaritzearekin hasi daitezke. Bigarren zatian diseinuari buruzko eduki aurreratuak lantzen dira, taldeek beraien proiektuetan barneratu ditzaketenak. Azkenik, programaren hirugarren zatia malgua da eta ikasleen intereseko edo proiektua garatzerako orduan sorturiko beharretara moldatzen da. Azken zati honi proiektuaren aurkezpen eta defentsak amaiera ematen dio. Hasieran, klaseko bi ordu gutxi gorabehera CAD softwarea menperatzen erabiltzen dira eta taldean proiektuan geratzen den ordua. Kurtsoa garatzen den heinean, proportzio hau aldatu egiten da, kurtso amaieran, proiektuan erabiltzen diren orduak nagusi izanik.

Software erabilpen gaitasuna	Proiektua talde lanean gaitasuna
Softwarearen oinarrizko ezagutzen edukiak (modelo, multzo eta planoen diseinurako tresna eta aukerak).	Taldean eraketa, proiektuaren definizioa eta zereginen antolaketa eta plangintza.
Softwarearen ezagutza aurreratuentzako edukiak (formatuak, aldagaien erabilera, pieza familiak, multzo familiak) eta araudia jarraituz plano industrialen interpretazio eta adierazpena.	Programatutako planaren gauzatzea, irakasleak buruturiko jarraipena, softwareko erreminta aurreratuen integrazioa proiektuan.
Aukerako edo ikasleen proiektuaren beharregatik eskatutako edukiak (animazioa, fotorrealismoa,...).	Plangintzaren birdoitzea, azken zereginen zehaztapena, proiektuaren defentsa eta aurkezpena.

3.1 Taula. Irakasgaiaren gaitasunen garapenaren eskema.

Proiektuari esleitzen zaion denborak, klasean aurkeztu diren edukien murriztapena eragiten du, beraz, aurreko planteamendua ez da bideragarria. Gai-zerrendako erreminta eta aukera denak ezin direnez landu, jardueren bidez CAD erremintaren oinarrizko aukerak aplikatzea bilatzen da. Beraz, gai-zerrenda ez da “dagoen denboran ikus beharreko guztia bezala” definitzen, baizik eta “ikasleak bere kabuz ikasten jarraitzeko behar duen oinarrizko ezagutza”. Honela, nahiz eta irakasgaiaren aurreko planteamenduaren gai-zerrenda mantentzen bada ere, gai bakoitzean sakontzen den maila baxuagoa da eta eduki gutxiago azaltzen dira aurreko urteekin alderatuz (ez da programaren aukera eta kasuistika guztian sakontzen). Hala ere, erakusten diren oinarrizko edukiak, aurkeztu ez diren edo taldeak erabakitako proiektua egiteko beharrezkoak diren beste edukietara sarrera ematen diote ikasleari. Aitzitik, proiektuaren garapenean ikasleek lortzen duten aukeren ezagutza, sarri, klaseko esposizioarekin lortzen dutena baino sobera sakonagoa da.

Planteamenduaren aldaketa honek edukiak aurkezteko metodologian ere eragiten du, ez baita diapositiba erakusketa eta adibideen ebazpen sekuentzia jarraitzen, ariketa eta problema moduan espresuki aukeratutako jardura sekuentzia

baizik. Jarduerak zehaztutako zailtasun mailan edo lanbide jarduerako erabilpenari lotuta definitzen dira, softwarearen oinarrizko edukiak lantzeko eta hauek lanbide jardueraren testuinguruarekin adierazgarri izan daitezen (Hartman, 2004). Software espezifiko baten ezagutza entziklopedikoa baino ikasleari erabilgarriago izango zaion maila altuagoko pentsamendua (estrategikoa) saritzen duten jarduerak definitzen dira (Wiebe, 2003). Jarduera hauek, proiektuaren euskarri izango diren jarduera programa osatzen dute.

Ikaskuntza aktiboan bezala, irakasgai honetan, ikasleak ikasten duenez eta nola ikasten duen ohartzea eta ezagutza hori komunikatzeko gai izatea, bilatzen da. Ikaslearen prozesu metakognitiboen trebakuntza sustatu nahi da, hau da, ikasleak akatsik gabeko oinarrizko eragiketa kognitiboak exekutatu ditzala eta era berean, irakasleak trebakuntzarako sortu ditzala (Landa, 2013). Horretarako, besteak beste, lankidetzaren teknikak erabiltzen dituzten jarduerak diseinatzen dira. Teknika hauekin, ikaslearen diseinu prozesuari buruzko hausnarketa kritikoa bultzatu ez ezik, ikasleak eztabaidatu eta adostutakoa komunikatu behar duenez, diseinuaren nondik norakoak eta zergatiak argi izatea lortzen da.

Proiektuaren eskakizunengatik edo ikasleen interesagatik CAD softwarearen aukera zehatzak azaldu behar direnean, irakasleak ordenagailuan burutu eta proiektagailuari esker ikasleak azalpenaren pausuak jarraitu eta dudak galdetzen dituzte.

Aurrekoaz gain, astero ikasgelatik kanpo burutzeko jarduera bat proposatzen da, klasean ikusitakoa finkatu eta sendotzeko.

Taldeko-lanaren planteamendua gauzatzeko esparru teorikoan aztertu diren zenbait ikerlarien ekarpenak kontutan eduki dira (Adams et al., 2002; Felder eta Brent, 2003; Gibbins eta Brodie, 2008; Hirsch eta McKenna, 2008; Kaufman et al., 2000; Shuman et al., 2005; Tonso, 2006). Talde lanaren bidez, proiektu konplexu bat garatzea bilatzen da, jarduera profesionalean egiten den moduan. Honela, ikaslea lanbide jardueraren girora hurbiltzen da, bere jarduerari zentzua emanaz eta zeharbidez, ikaslearen motibazioa maila igoz (Cooper, 2014).

Proiektua garatuko duten taldeen ezagutza eta gaitasun mailan aniztasuna ziurtatzeko, ikasleek CAD ezagutzei eta aurreko talde lan esperientziari buruzko inkestak betetzen dituzte. Emaitzak aztertu ostean, irakasleak proiektu taldeak eratzen ditu taldekideen nahasketa eta indar aniztasuna bilatuz. Taldeak osatzerako orduan, generoa ere kontutan hartzen da, genero bakarreko taldeak ahal den heinean ekidinez.

Behin taldeak osatu direnean, talde lana eraginkorki burutzeko oinarriak finkatzen dira. Aurreko esperientzia talde lanean kontutan izanda (aurretik zenbait irakasgaietan talde lana burutu badute ere, ez dute inoiz trebakuntzarik jaso talde lanaren potentzialari probetxua ateratzeko), trebakuntza egokitzen da. Taldearen funtzionamendua leunarentzako eta taldekideen konpromisoa lortzeko, taldeek proiektua garatzerakoan duten helburua, funtzionamendu arauak eta koordinazioa ezartzen dituzte. Erabaki guzti hauek hitzarmen moduan jasotzen dira taldekideen izenpea barne. Irakasleak talde eraketa prozesua gainbegiratzen du eta faltatzen dena betetzeko aholkuak ematen ditu. Era berean, irakasleak hitzarmenak berrikusi eta talde laneko aspekturik falta den egiaztatzen du, adibidez, komunikazioa, errespetua, adostasunez erabaki hartzeak, konfiantza,... Koordinazio sistema argitzea komenigarria da, bilerak burutzeko taldekideen klase kanpoko denbora tarte erabilgarriak zehazteko eta komunikazioa zein plataformetan oinarrituko den determinatzeko (Moodle-ko foro eta wikiak, sare sozialak, hodeian kokatutako biltegiak, etab.). Bilera guztien aktak idazteaz, taldeko idazkaria arduratzen da. Bertan, hartutako erabakiak jasotzen dira, besteak beste. Akta hauek wikien bidez eskuragarri daude irakasle eta beste taldeentzat.

Honekin batera rolen erabilpena taldean nola burutu behar den zehazten da. Taldekideek, beraien artean koordinatzaile eta idazkari paperak aukeratzen dituzte eta beste rolen erabilpenaren gomendio jasotzen dute, hala nola, modelo zuzentzailea, plano zuzentzailea, diseinatzaile grafikoa, etab. taldeak aurrerantzean erabili ditzakeenak. Proiektuen garapena ikusgai dago talde ororentzat, are gehiago, taldeko rola bat benchmarking-aren arduraduna izatea aholkatzen da, beste taldeen garapenak jarraitzeko eta beste taldearekin ideiak eta arazoak konponbideak partekatuzeko.

Planteamendu erabat irekia da, ezagutza norbanakoen interakzioaren sustapenean handitzen dela oinarri izanda.

Behin taldearen funtzionamendua ziurtatu denean, proiektuari sarrera ematen dioten agertokiak aurkezten dira. Proiektuaren garapen etapak, French-ek (1998) diseinu prozesuari buruz proposaturiko modelo amankomunean oinarritzen dira. Lehenengo etapan, agertokian aurkezten den problema aztertzen da, produktuaren betekizunak izango direnak identifikatuz. Hurrengo etapan, taldeek irakaslearen aholkuekin brainstorming saio bat burutzen dute, problemari erantzuna emango dioten kontzeptu desberdinak sortuz. Kontzeptuen aukeraketa burutzeko irizpideak, ikasketa emaitzarekin lerrokatzen direla ziurtatu behar du irakasleak. Aukeraketa irizpide hauek, ikasleen artean adostutako irizpideekin osatzen dira (produktuaren bezero potentzial moduan baloratuko lituzketenak). Aukeratutako lerro kontzeptualak irakasleari eta klaseko beste ikasleei aurkezten zaie (moodboard aurkezpena), ideiak partekatu eta feedback lortzeko asmoz.

Hirugarren etapan, lerro kontzeptualen haragitzea dator, produktuaren arkitektura eta diseinu parametrikoa zehaztea du helburu, lanaren zatiketa egitura, zereginak zehazteko burutzen delarik. Zereginei denbora epe eta indarren arabera arduradun bat esleitzen zaie, lan kargaren bidezko banaketa eginez. Emaitzaren erantzukizuna taldekide guztiena denez, koordinazio sistemak garrantzia hartzen du eta ikuskatzailearen beharra, konplizten diren zereginen kalitatea bermatzeko ezinbestekoa da.

Taldearen bilerak irakasleak ezarritako gai-zerrenda jarraituz burutzen dira hasieran. Klase denboran garatzen dira, denbora epea finko batean antolatutako bilerak (30-45 minututakoak), era eraginkorrean egiteko ohitura lortzeko. Laugarren bileratik aurrera, taldeari bileren ardura pasatzen zaie, noiz bildu eta ze gai-zerrenda landu, beraien erabakia delarik.

Proiektuaren jarraipena egiteko, astero irakasleak, ikasleak klasean talde lanean ikusten ditu eta beraien aurrerapena, aktetan jasota geratzen da. Irakasleak taldeen funtzionamenduari buruzko notak hartzen ditu jarraipen liburuan eta identifikatzen

diren arazoak taldearentzako hausnarketa moduan planteatzen dira, eztabaida bidez ebazteko. Talde barruko gatazkak urriak dira eta irakaslearekin kontaktua jarrai denez, sortzen direnean, okerrera joan baino lehen konpontzeko baliabideak jartzen dira. Aktak wikietan jasotzen direnez, irakasleak uneoro jakin dezake proiektuaren nondik norakoa eta beharrez gero, wikian bertan edo klasean feedbacka eman al dio taldeari. Proiektuaren bide erdian, zortzigarren astean, talde bakoitzeko taldekideek ordurarteko talde funtzionamenduari buruzko inkesta bete behar dute eta hortik aurrera hobetu ditzaketen aspektuak proposatu. Taldeek aspektu horietan aholkurik behar badute, irakasleak laguntzen die.

Hiru aste faltan, proiektuaren egoera txostena eskatzen da, planifikatutakoa ze mailatan bete den ikusteko eta beharrez gero, zereginen egokitzea egiteko. Kasu batzuetan, proiektuaren helburuak murriztea onargarria da, hauek lortzeko denborarik ez badago.

Azken saioan, proiektua eta taldearen funtzionamendua ebaluatzen dira, baita taldekideen ekarpenak proiektuari eta irakaslearen aholkularitza ere. Taldeek proiektua klase aurrean aurkezten dute, ikasketa emaitzen eta proiektuaren aukeraketan erabilitako ebaluazio irizpideen asetze maila nabarmenduz. Aspektu hauek jasotzen dituen proiektuaren txostena, fitxategi eta planoak entregatzen dituzte irakasleak ebaluatu ditzan, hau da, diseinu prozesuaren azken etapari dagokion diseinu xehatua izango zena. Planteamendu honetan ikaslearen ikaskuntza prozesua laguntzeko eta honen jarraipena burutzeko ebaluazioaren papera garrantzitsua da. Ebaluazio sistema integrala diseinatu behar da, ikasleari eskatzen zaion inplikazioarekin bat etortzeko. Arlo honek duen garrantzi espezifikoarengatik, irakasgaiaren ebaluazioa eta jarraipena, 3.6 puntuan aztertzen da.

3.4. Taldean burututako proiektua

Proiektuaren gida galdera eta agertokia

Behin taldeak osatu eta talde lanerako talde barneko arauak eta funtzionamendua zehaztu direnean, proiektuari hasiera eta testuingurua emango dioten gida galdera eta agertokia aurkezten zaizkie ikasleei. Proiektuak, produktu industrial baten diseinua du helburu eta horretarako aukera bat baino gehiago aurkezten dira:

Proiektua 1: kompetenziaren produktu bat hobetu dezakegu? (eta merkatu kuota kendu)

Enpresa bateko B+G departamentuan lan egiten duzue. Zuzendaritzatik kompetenziaren produktu baten alderantzizko ingeniartzaren proiektu bat burutzea eskatzen dizuete. Hau da, produktua sakonean aztertu eta hobekuntza proposamen bat aurkeztu. Hobekuntza aspektu desberdinak kontsideratu ditzake, esaterako, funtzionaltasuna, irizpide estetikoak, diseinuaren sinpletasuna, produktuaren erabilera aukerak zabaldu, etab. Produktua, zuen aukera da.

Proiektua 2: Arrakasta izango duen asmaketa bat egin al duzue?

Zuen lagun taldearekin mendira joan zarete eta bidaiari luze baten ostean, kanpadenda muntatu behar duzue. Zuen lagun batek hasperen batez esaten du “bakarrik muntatzen den kanpadenda balego...”. Hori da zuen helburua: existitzen den eskaria asetuko duen produktu baten diseinua (kanpadenda asmatua dago jada).

Proiektua 3: Ze jostailu izatea gustatuko zitzazun?

Jostailu lantoki baten diseinu departamentuan lan egiten duzue. Jostailu berri baten diseinua eskatzen dizuete, hurrengo ezaugarriak izan ditzakeena: pertsonalizagarria izatea (konfigurazio desberdinak eskaintzen dituena, erabiltzaileak “bere” jostailu bezala

konsideratu dezan) edo jostailu eraikitzailea izatea (pieza kopuru mugatu batekin, eraikuntza konplexuak burutzea ahalmentzen duena).

Hiru edo lau pertsonetako taldeak osatuko dira, bakoitzak, gutxi gorabehera, 20 orduko lan karga izango du (proiektuan erabilitako ordu kopurua 80 inguruan izango delarik). Proiektua irakasgaian ikasitakoaren “aurkezpen txartela” izango da. Proiektuan diseinu estrategia aurreratuen erabilera (pieza familiak, aldagaien erabilerak,...), zailtasun maila edo era autonomo batean landutako eta proiektuari aplikatuko edukiak kontutan izango dira. Proiektua bi aspektuengatik baloratuko da: (1) proiektuaren emaitza edo produktuaren kalitate maila eta (2) proiektua taldean garatzeko prozesuaren eraginkortasuna.

Talde tamaina

Proiektuetan oinarritutako ikaskuntzan, taldean lan egitea ohikoa da, lan merkatuko agenteen eskariak finkatzen duten norabidean (Heywood, 2005). Taldean burutzen diren proiektuetan, talde tamaina proiektutik proiektura aldatzen da, biko taldetik klase osoko talderarte, baina sarriagotan hiru, lau edo bost kideetako taldeak izanik (Dutson et al., 1997; Helle et al., 2006). Talde txikien desabantaila nagusia, kideetako batek irakasgaia uzten duenean ematen da, taldearen potentzialaren proportzio handi bat galtzen delako. Talde handietan ordea, kideetako batzuen jarduera eza taldearen etekinaren atzean ezkutatu daiteke. Ondorioz, proiektua garatzeko taldekide kopurua, 3-5 bitartean finkatzen da, talde gehienak laukoak izanik.

Proiektuaren ikasketa emaitzak

Proiektuaren garapenaren bidez, ikaslea kurtso bukaeran gai izan behar da ezagutza, gaitasun eta jarrera batzuk azaltzeko. Proiektutik eratorritako ikasketa emaitzak honela definitzen dira:

IE1. Diseinu intentzioarekin bat datozen, diseinu aldaketak kontutan dituzten eta modelaketaren optimizazioa bilatzen dituzten modeloak diseinatzea, CAD programaren bidez.

Ikasketa adierazleak: modelo osoa, baliozkoa, laburra, tinkoa eta diseinu intentzioarekin bat etortzea

IE2. Muntaketaren sekuentzia diseinu intentzioarekin bat datozen eta multzoaren funtzionamendua errealaren erreproduzitzen duten multzoak muntatzea, CAD programaren bidez.

Ikasketa adierazleak: multzoa osoa, baliozkoa, laburra, tinkoa eta diseinu intentzioarekin bat etortzea

IE3. Araudiaren araberako planoen adierazpena CAD programaren bidez egitea.

Ikasketa adierazleak: modelo/multzoaren interpretazio eta adierazpen zuzenak

IE4. Modeloak, muntaketak eta planoak egiterako orduan CAD programaren aukera aurreratuak ebaluatu (pieza-multzo familia, aldagaien erabilera, adibidez) eta egokienak aplikatzea planteatzen den testuinguruan.

IE5. Taldean lankidetzan produktu bat diseinatzeko antolatu, zereginak planifikatu, jarraitu bete eta zuzentzea.

Ikasketa adierazleak: taldearen barne faktoreak (taldekideen aniztasuna; rolen esleipena; helburu komuna; talde arauak; komunikazio egokia; errespetua, konfiantza; erabaki hartzea, adostasuna; giro atsegina) eta proiektu antolaketa eta kudeaketa faktoreak (ohiko bilerak, proiektuaren plangintza, taldekideen indarra kontsideratuz zereginen esleipena, lanaren bidezko banaketa, zereginen egitea, proiektuaren jarraipen eta balorazioa).

IE6. Taldean lankidetzan produktu bat diseinatzeko diseinu beharrak zehaztea, asetzen dituzten kontzeptu berritzaileak sortzea, kontzeptuak ebaluatzea eta kalitatezko emaitza lortzea.

IE7. Behar berrien aurrean ikasketa autonomoa burutzea (CAD programaren aukera berriak lantzea adibidez)

Ikasketa emaitza batzuen barruan, ikasketa adierazleak definitzen dira. Ikasketa adierazleak, emaitza hori bilatzeko landuko diren faktore zehatzak dira eta horiek izango dira ikerketa tesi honetan irakaskuntza metodologiaren konparaketaren erabiliko diren aldagaiak.

Proiektuaren planteamendu honek, ingeniartzako diseinuan daukan potentzialagatik, izan ere ingeniariaren produktua proiektua baita eta diseinua ingeniartzako jarduera nagusi moduan kontsideratzen den (Simon, 1996), proiektuaren garapenean ikasleek landutako gaitasun gehiago, ikasketa emaitza moduan jarri zitezkeen. Baina irakasgaiaren denbora eta diziplina mugaketarengatik, hauek ez direnez neurtu, aurreko zerrendatik kanpo geratzen dira.

Proiektuaren ikasketa emaitzak lantzeko estrategiak

Proiektua, irakasgaiko gaitasunak, bai CAD programaren erabilera bai talde lanaren bidezko proiektuaren garapena, lantzeko diseinatu da aurretik aipatu bezala. Izan ere, proiektuak diseinuaren heziketan, ikaskuntza antolatzeko ohiko metodoa da (Davies, 2009; Knoll, 1997; Lee, 2009) eta CAD sistemen oinarriak landu eta testuingurua emateko proiektua aproposa da (Alemzadeh eta Burgess, 2005; Lorenzo-Yustos et al., 2010; Spence eta Doyle, 2008). Horregatik, aurreko atalean azaldu bezala, irakasgaiaren landuko diren gaitasunetan oinarritzen diren proiektuaren ikasketa emaitzak definitu dira.

PBL prozesuan, metodologian hasiberriak diren ikasleei, ohiko metodologiarekiko aldaketa leuntzeko eta nolabaiteko egitura bat emateko aldamiok

erabiltzen dira, honela ikasleen karga kognitiboa arindu egiten da (Schmidt et al., 2007). Ikaskuntzaren aldazio edo euskarri moduan, proiektuaren garapenaren beharrek inkerkatuta dauden edukiak aukeratu dira, jardura programa diseinatu eta hauek lantzeko atal honetan ikusiko diren estrategia didaktikoak zehaztu dira.

Ikasleen abiapuntua finkatzeko, irakasgaiko bi gaitasunei buruzko hasierako inkerstak burutzen dira. Ikasleek inkersta horietan ikasketa adierazle moduan aukeratu diren faktoreen aurreko betetze mailari buruz erantzuten dute. Inkerstak, aurreko ezagutza maila zehaztu ez ezik, irakasgaiaren jarraipen eta ebaluazio erreminta moduan erabiltzen dira IE1-IE7 ikasketa emaitzentzat. Ebaluazio sistema, erreminta desberdinez osatzen da irakasgaiaren planteamendura egokitzeko eta lortutako ezagutzen erabilera eta aplikazioa proiektuaren testuinguruan neurtzea du helburu (3.6 puntua, ebaluazio sistema eta irakasgaiaren jarraipena ikusi). Gainera, ikaslea bere ikaskuntzan ebaluazioan integratzen da, proiektuan adibidez, taldearen eta norbanakoen notaren erabakian parte hartuz (IE5-IE6). Estrategia honek ikasleen talde laneko esperientzia inklusiboa izatea eta jarrera ezkorra ez eragitea bilatzen du (Pfaff eta Huddleston, 2003).

Ikasleen hasierako ezagutza maila determinatu ondoren, proiektuaren inguruan ikasketa emaitzak bakarka edo elkarrekin lantzeko estrategiak diseinatzen dira. Adibidez, CAD programaren erabilerekin erlacionaturiko ikasketa emaitzen (IE1-IE4) ondorioz, ikasleak gai izan behar dira pieza baten diseinu prozesu efiziente bat lortzeko, piezen aldaketak aurreikusiz diseinu intentzioa komunikatzeko, eta modelatutako piezei erabilera desberdinak emateko (multzo muntaketa eta planoen adierazpena adibidez). Honek esanahi du, ezagutza estrategikoa CAD programen erabiltzaile hasiberrientzat berebiziko garrantzia duela, hau da, modelaketan diseinu intentzioa barneratzen bada, modelaketako akatsak ekidin ahal dituelako ohitura bihurtu aurretik (Chester, 2007). Horregatik, hasieratik ikasleekin modelo, multzo eta planoen adierazpenean, IE1-IE3 ikasketa emaitzen ikasketa adierazleek betetze egokia lantzen da, ezagutza estrategikoaren trebakuntza ahalik eta arinen gaineratuz, zenbait autoreek gomendatzen duten moduan (Chester, 2007; Johnson eta Diwakaran, 2011a).

Orokorrean, ikasketa emaitza gehienak lantzeko estrategiak, talde txikien ebazpen prozesuan laguntzen dira: eztabaidaren bidez ikuspegien gatazkak, arrazoiketa kritikoa, adostasuna eta erabaki hartzea sustatu nahi da. Talde txiki edo bikote arteko eztabaidaren garrantzia, ikaskuntzaren emaitzak hobetzeko jakina da (Ault, 2011; Fink, 1999; Hartman, 2004; Lang et al., 2002), are gehiago, lankidetzak bikoteak material teknikoa hobeto ikasi dezaketela bakarka lan egiten dutenek baino adierazten du Dansereau-k (1988). Bestalde, irakaslearen aholkularitza publikoak ebazpen prozesua irekia egiten du, honela, ebazpen urratsak eta arrazoiketak ikasle guztiek jarraitu dezakete (Bhavnani et al., 1999; Chester, 2007).

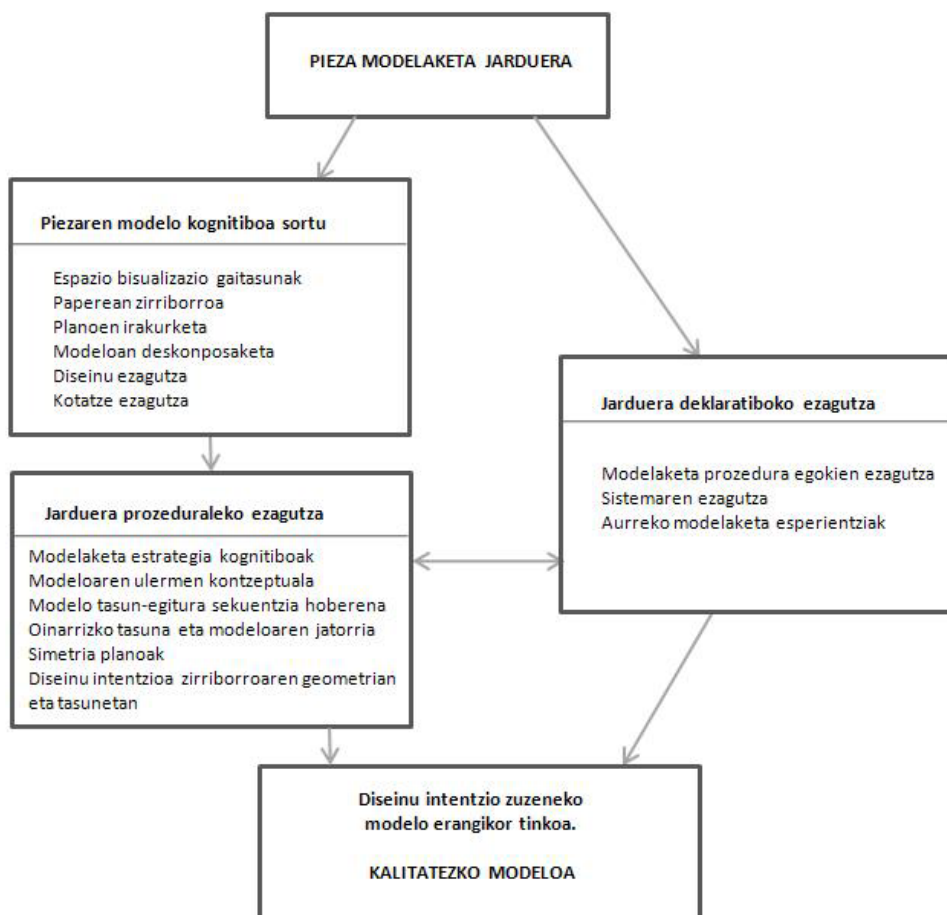
Planteamendu orokorraz gain, ikasketa emaitzak indibidualki lantzeko, hurrengo estrategiak erabili dira:

IE1. Diseinu intentzioarekin bat datozen, diseinu aldaketak kontutan dituzten eta modelaketaren optimizazioa bilatzen dituzten modeloak diseinatzea CAD programaren bidez.

Ikasketa adierazleak: modelo osoa, baliozkoa, laburra, tinkoa eta diseinu intentzioarekin bat etortzea

Hasieran nahiz eta ikasleek geometrikoki zuzenak diren CAD modeloak lortu, modelaketa estrategia alderraiak erabiltzen dituzte eta ez dute diseinu intentzioa kontutan izaten (Branoff eta Dobelis, 2014). CAD modeloen erabilgarritasuna bermatzeko, beharrezkoa da azpitik dauden diseinu erabakien arrazoiak ulertzea, hau da, nola eta zergatik era zehatz batean modelatu den jakitea (Iyer eta Mills, 2006). Modelaketa parametrikotan oinarritzen diren CAD programek, pieza baten adierazpen adimendunak sortzen dituztenez, diseinu erabakien hausnarketa modelaketa hasi aurretik egitea garrantzitsua da, hau da, modelaketa sekuentzia eraginkorrena lortzeko analisia eta plangintza egitea (Lang et al., 1991; Rynne eta Gaughran, 2007). Horregatik CAD modelaketa jarduera guztietan, hausnarketa denbora ezinbestekoa da

ordenagailuan modelaketa hasi aurretik (Chester, 2007) eta irakasgaien ohitura bihurtzeko ahalegina egiten da.



3.1 Irudia. Piezaren modelaketa jarduera. Rynne eta Gaughran -etik (2007) egokitua.

Hausnarketaren ondorioz ikasleak piezaren modelo mentala (kognitiboa) sortzen du, modelaketa emaitzaren kalitatea baldintzatuko duena. Modelo mentalaren garrantziak piezaren tasunen deskonposizioan datza, honen arabera, ikaslea oinarritzko tasuna identifikatuko du eta elementuak gehituz modeloaren bukaerako konfigurazioa lortuko du. Ezagutza prozeduraleko (estrategikoko) jarduerak gidatuko dituen modelo mentalarik gabe modelaketa prozesua ez da efiziente izango, nahiz eta esperientziaz softwarearen erabileran trebezia izan (Rynne eta Gaughran, 2007). Modelo mentalen sorreran, modeloaren deskonposiziorako gaitasunaz gain, espazio bistaratzea,

papereko zirriborroak egitea, planoen irakurketa, diseinu eta kotatze ezagutzak kontsideratu behar dira. Rynne eta Gaughran -ek (2007) proposaturiko modelaketa parametrikoren taxonomia kognitiboaren prozesua jarraituz, barneratutako ezagutza prozedurala (estrategikoa) eta deklaratiboarekin, ikasleak diseinu intentzio aproposa duen modelo tinko eta efizientea sortzeko gai da (3.1 Irudia. Piezaren modelaketa jarduera).

Modelo hoberenak lortzeko bidean, CAD programaren oinarriak sendotu eta aplikazio aukera zehatzak lantzeko, jarduerak elkarlaneko eta lankidetzako ikaskuntza tekniketari oinarritu dira Hartman (2004). Horietako bat, LITI-en (Lankidetzako Ikaskuntza Talde Informala) erabilpena izan da, ondoren deskribatzen den moduan garatuz: (1) bakarka, piezaren interpretazioa, elementu adierazgarri edo tasunen identifikazioa eta modelaketa sekuentziari buruzko hausnarketa burutu (2) talde informaleko bikotearekin eztabaida eta modelaketa sekuentziaren adostasuna lortu, (3) bakarkako modelaketa egin. Bigarren pausuan, kontzeptuen eztabaidak akatsen murrizketa dakar, esperimentalki frogatu den moduan (Ault, 2011; Lang et al., 1991). Gainera sortzen diren zalantzak klase aurrean planteatzen dira beste ikasleek erantzun ditzaketelarik eta irakaslearen gainbegiratua eta aholkularitzarekin modelaketa sekuentzia egokia izatea ziurtatzen da. Izan ere, modelaketa estrategia eskas batek, modelaketa denbora luzatu eta editatzeko zailtasunak handitzen ditu (Rynne eta Gaughran, 2007). 2.4 atalean azaldu den bezala, modelaketa sekuentzian piezaren araberakoa da baina ezin da ahaztu modeloak piezaren oinarriarekin hasi beharko lukeela eta bukaerako eragiketekin (biribilketa eta alakekin) amaitu (Aleixos et al., 2004; Peng et al., 2012), ondorengo analisiak errazteko, adibidez, elementu finituen analisia.

Behin modelaketa burutu denean, zuzenketa prozesua hasten da. Horretarako talde informaleko bikote bat irakaslearen ordenagailuan, modeloaren diseinua burutzen du, emandako pausuen zergatia azalduz. Honela, Hartman-ek (2003, 2004, 2005) proposatzen dituen “ozenki pentsatzeko modelaketa jarduerak” publikoki burutzen direlarik. Partaidetza irekia denez, ikasleek galderak egin edo proposamenak iradokitzen dituzte, irakasleak egiten dituen moduan. Gainera modelaketa estrategia klase aurrean erakusten denez, emaitzaren egokitasuna bermatu ez ezik, prozesuan

ematen diren akatsak zuzendu daitezke. Zuzenketan ikasketa adierazleen betetzea azpimarratzen da. Bikoteen eztabaidak eta ebazpen prozesua publiko izateak norberaren azalpena, norberaren prozesu kognitiboa eta pentsamenduak hitzez adierazteko aukera ematen du, ezagutzan sakonduz (Chester, 2007).

Zuzenketa prozesuan, modeloaren aldaketa jasateko gaitasuna neurtzen da, dimentsio batzuen aldaketak eskatuz. Sortu den modeloa tinkoa bada, koten edizioak ez du onargarriak ez diren eraginik sortuko. Modelo tinkoa sortzeko, zirriborroen definizioa kritikoa da. Zirriborroak diseinu intentzioa barneratzeko beharrak kontutan izan behar ditu. Nahiz eta tasunak sortzeko zirriborroa ez den geometrikoki guztiz definitua egon behar, modeloaren aldaketengatik distortsioen sorrera ekiditeko erlazioak eta kotek zirriborroa erabat definitzea gomendagarria da (Jankowsky, 2002; Johnson eta Diwakaran, 2010; Rynne eta Gaughran, 2007).

Denbora laburrean pieza multzo baten modelaketa sakonki landu behar denean, puzzle izeneko lankidetzak teknika erabiltzen da. Irakasgai honetara egokituta, teknika honen urratsak hurrengoak dira: (1) taldeko kideei pieza baten plano bana ematen zaie eta bakarka piezaren modelaketaren hausnarketa egiten dute (5 minutu), (2) pieza berdina duten talde desberdinetako lagunak bilera bat burutzen dute, adituen bilera deitzen dena, modelaketa sekuentzia egokiena adosteko (10 minutu) eta (3) jatorrizko taldeetara itzuli eta adostutako modelaketa azaltzen die, beste taldekideek burutu dezaten (45 minutu). Prozesu honetan ikasleak pieza baten modelaketan zehatz-mehatz aztertu behar du, bakarka eta taldean, modelaketa sekuentzia egokienaren adostasunera iristeko. Pentsamendu kritikoa eta talde erabaki hartzea lantzeaz gain, adostutakoa bere taldekideei komunikatu behar dienez beharrezkoa da modelaketa sekuentziaren ezagutza argia izatea. Bestalde, bere taldekideek modelatu beharreko piezak azalduko dizkiote ulertu eta burutu beharko dituenak. Beraz, denbora mugatuan, pieza bat landu eta beste hiru piezen modelaketa burutzen da.

Azkenik, irakaslearen azalpen eta modelaketa gidatuan, aukera zehatzak edo zalantzak argitu behar diren kasuetan, irakasleak aditu bezala trebakuntza esplizitua bideratzen du eta ezagutza estrategikoa azpimarratzen du. Irakasleak modelaketa

prozesuari buruzko hausnarketa zuzenduz pieza baten modelaketa sekuentzia ikasleen aurrean egiten du. Ondoren, ikasleek beraien ordenagailuetan modelo bera egiten dute.

Proiektuan garatu behar den produktuaren ordenagailu bidezko diseinuak, produktua osatzen duten piezen modelaketa egokia eskatzen dute, diseinu intentzioarekin bat egiteko eta diseinu beharrek exijitzen dituzten aldaketa ugariak jasateko. Horregatik, proiektuaren garapenarekin lerrokatuta beharren araberrako edukiak eta estrategia didaktikoak landu dira.

IE2. Muntaketaren sekuentzia diseinu intentzioarekin bat datozen eta multzoaren funtzionamendua errealaren erreproduzitzen duten multzoak muntatzea CAD programaren bidez.

Ikasketa adierazleak: multzoa osoa, baliozkoa, laburra, tinkoa eta diseinu intentzioarekin bat etortzea

Piezen modelaketan gertatzen den moduan, maila desberdin batean, muntaketaren lehenengo urratsa diseinatzailearentzat modelo kognitibo baten sorreran datza (Rynne eta Gaughran, 2007). Hausnarketa burutu ondoren, bikotearekin eztabaida bidez, ikasleek piezen kokapena eta muntaketa sekuentzia adosten dituzte multzoentzako ikasketa adierazleak kontutan izanik. Banaka muntaketa burutzen dute, multzoko piezen arteko erlazioak eta kokapena zehaztuz. Multzoa osatu denean, bikotekideak multzoaren zuzenketa egiten du, piezen arteko erlazioak, mugimendu erlatiboak eta multzoaren mugimendu orokorrak egokiak direla ziurtatuz, hau da, piezen askatasun gradu egokiak mantentzen direla.

Zuzenketa prozesua irekia da eta ikasleak dituzten zalantzak eta iradokizunak klasea aurrean planteatu eta erantzuten dituzte. Behar bada, piezekin gertatzen zen bezala, irakasleak gidatutako muntaketa burutzen du, eman beharreko pausuak azalduz. Zuzenketa, multzoentzat definitutako ikasketa adierazleen betetze maila nabarmentzen da.

Aurreko prozedurak multzoko plano baten interpretazioan du hasiera. Piezak guztiz definitu behar dira edo aurretik definituta daude muntaketa behetik gora burutzeko. Oinarrizko piezaren identifikazioa eta kokapena garrantzitsua da, hurrengo piezentzako muntaketa erreferentziatzat erabiltzen delako. Ondorengo osagaiekin lotura, erlazio geometrikoek baldintzatuko dute.

Proiektuaren kasuan, ikuspegia aldatu egiten da, taldeek multzo bat sortu behar badute ere, multzoaren funtzionaltasun betekizunek piezen definizioa baldintzatuko dute. Nahiz eta multzoaren muntaketaren estrategia taldeen esku geratzen den, betekizunen betebeharrak produktuaren egituraren zehar azpimultzo eta piezetara barreiatuko da, goitik behera. Hala ere, diseinatutako produktuaren naturak eta taldearen iritziak, muntaketa estrategiaren hurbilketa bat edo beste aukeratzea eragingo du, nahiz eta orokorrean, muntaketaren bi ikuspegiak (goitik behera eta behetik gora) erabili. Hau da, multzoaren betekizunen baldintzapena ez ezik, beraiek diseinatutako piezak edo aurretik definitutako piezak muntaketan erabiliko dira (adibidez, pieza estandarrak online liburutegietatik lortuta Grabcad, TraceParts,...) eta piezak hauek multzoaren muntaketaren erlazioen definizioan eragina izango dute.

Muntaketak egiteko, aipatu bezala, taldeak bakoitzak bere hurbilketa aukeratzen du: talde batzuentzat produktuaren eskeletoaren definizioa garrantziz gakoa dauka, beste taldeak produktuaren egitura modularrean oinarritzen dira,... Bestalde multzo luzeetarako, azpimultzoen erabilera gomendatzen da kudeaketa errazteko, patroien erabilpena eta piezen adierazpen sinpletua aholkatzen den bezala.

IE3. Araudiaren araberako planoen adierazpena CAD programaren bidez egitea.

Ikasketa adierazleak: modelo/multzoaren interpretazioa eta adierazpena

Planoen interpretazioa ikasketa emaitza bezala hartu da, ingeniariak denbora gehiago ematen dutelako planoak irakurtzen sortzen baino eta ikasleek arazo gehiago dituztelako planoen bistetatik modeloak sortzen, modelotik planoko bistak ateratzen baino (Rynne eta Gaughran, 2007). Erabiltzaile aditu batek planoaren bistetatik modelo

bisual kognitibo bat momentuan lortzeko gai da, bere elementu osagarrietan banatu eta ondoren diseinu intentzioa lortzeko kognitiboki muntaketa sekuentzia proposatzeko (Rynne eta Gaughran, 2007). Planoaren interpretazio prozesua errazteko, prozesua hitzez adierazten lantzen da (Bhavnani et al., 1999).

CAD programen bidezko planoak sortzeko ohiko prozedura jarraitzen da (Wiebe, 1999): (1) inpresiorako paper tamaina determinatu, (2) kajetina eta ertzak zehaztu, (3) ertz barruko eremuan bistak sortu, (4) Bistak, kota, sinbolo eta testu informazioarekin zehaztu eta (5) fitxategia gorde eta dokumentua inprimatu. Prozedura honetaz gain, kotatzean metodo bat jarraitu dezatela gomendatzen da, adibidez, zuloen kotatzean, aurrena ardatza kokatu dezatela, ondoren zuloaren diametroa zehaztu dezatela, sakonerarekin bukatzeko. Honela koten falta murriztea lortzen da.

Planoen adierazpena lantzeko, rolen esleipena erabili da, proiektuan produktuaren planoak egiten dituztenean, ikasleek dinamika bera jarraitu dezaten. Lanbide jardueran gertatzen den bezala, planoak egile eta gutxienezko ikuskatzaile bat behar ditu. Egileak plana burutu ondoren, inprimatutako plana ikuskatzaileari esleitzen zaio. Ikuskatzaileak zuzenketak burutzen ditu eta akatsen araberako nota bat proposatzen du. Egileak, ikuskatzaileak nabarmendutako faltak egiaztatu eta ados ez badago ikuskatzailearekin eztabaidatzen ditu. Gatazka konpondu ezean, aholkulariaren (irakasleari) iritzia jasotzen dute. Arazoa interesgarria bada, publikoki aztertu egiten da. Aholkulariak, planoak jasotzen ditu eta hurrengo saiorako planoak berrikusi eta egilea eta ikuskatzaileari nota bana ematen die, honek ikuskatzailearen lanaren garrantzia azpimarratzen du. Klase hasieran, errepikatu diren akats nagusien laburpen bat egiten du irakasleak. Bikote bidezko ebaluazioarekin, trebakuntzan prozesuan akatsak azaltzen diren heinean zuzentzen joaten dira eta ikuskatzailearen eta aholkulariaren rolek, egileak gutxienezko bi feedback iturri ditu.

IE4. Modeloak, muntaketak eta planoak egiterako orduan CAD programaren aukera aurreratua ebaluatu (pieza-multzo familia, aldagaien erabilera, adibidez) eta egokienak aplikatzea planteatzen den testuinguruan.

CAD programak eskaintzen dituen aukera guztiak erabiltzea ez da irakasgaiaren helburua, CAD programaren aukera partikularrak aplikazio industrial zehatzetarako aplikatzea baizik. Honela burutzen diren jarduerak testuinguru batean lantzen dira (Wiebe, 2003). Jardueretako pieza, muntaketa eta plano bakoitza CAD ezagutzaren aspektu zehatz bat lantzeko helburuarekin aukeratzen da. Era berean, testuinguru zehatz batean aukera aurreratuen erabilera aproposa izan daiteke definitu diren beharrak asetzeko: adibidez, modelo baten dimentsioak aldagaien bidez kontrolatu nahi direnean, aldagaiak modelaketan definitzea, edo pieza baten aldaerak sortu nahi direnean, piezen familia sortzea.

Aurreko ikasketa emaitzetan ikusi den bezala, modelo, muntaketa eta planoak estrategia desberdinekin landu egiten dira eta estrategia horiek aukeren ebaluazio eta egokien aplikazioa barneratzen dituzte. Aukera aurreratua lantzeko antzeko estrategiak aukeratu dira, ez errepikatzearren, estrategia horien puntu garrantzitsuenak aipatzen dira ondoren:

LITI eta Bikoteen bidezko ebaluazioak ikasleen arteko elkarrekintzan oinarritzen dira eta sortzen den gatazka kognitiboak, diseinu prozesu eta emaitzan desberdintasunak topatzen eta aukera egokienetara bideratzen laguntzen du.

Zuzenketetan, alderantzizko ingeniari-tza jardueren moduan, diseinuaren urratsak atzera eginez sekuentziaren egokitasuna aztertzen da. Prozesu irekia denez, ikasleak ordezkotako aukerak eta irakasleak aukera berrien erabilpena proposatu ditzakete.

Aukera partikularrak esplizituki erakutsi nahi badira, irakasleak diseinu gidatuaren bidez, diseinu prozesuaren urratsak ikasleen aurrean burutzen ditu, beraien zalantzak argituz. Tutorialak aukera zehatzak lantzeko ere baliabide erabilgarriak dira.

IE5. Taldean lankidetzan produktu bat diseinatzeko antolatu, zereginak planifikatu, jarraitu bete eta zuzentzea.

Ikasketa adierazleak: taldearen barne faktoreak (taldekideen aniztasuna; rolen esleipena; helburu komuna; talde arauak; komunikazio egokia; errespetua, konfiantza; erabaki hartzea, adostasuna; giro atsegina) eta proiektu antolaketa eta kudeaketa faktoreak (ohiko bilerak, proiektuaren plangintza, taldekideen indarra kontsideratuz zereginen esleipena, lanaren bidezko banaketa, zereginen egitea, proiektuaren jarraipen eta balorazioa).

Ikerketa honetan, talde lanean eragiten duten barne faktoreak eta proiektu bat taldean antolatu eta kudeatzeko eragina duten faktoreak landu eta ebaluatu dira, bi perspektiben pisua sumatu daitekeelarik (Mathieu et al., 2008).

Barne faktoreen artean, taldekideen aniztasuna ziurtatzeko, hasierako inkestaren emaitzen arabera taldeak osatzen dira, indarren oreka eta nahasketa bilatuz. Genero ikuspegia ere kontutan hartzen da, genero bakarreko taldeak ahal den moduan ekidinez.

Talde egitura eta zentzua eraikitzeko, lehenengoetariko jarduera taldearen helburua, funtzionamendu arauak eta koordinazioa ezartzea eta hitzarmen modura idatziz jasotzea da. Paperean jasotzeko, taldeak adostasunera iritsi behar du, honela ondoren gerta daitezkeen gaizki ulertuak murrizten dira. Helburu komun bat izateak, taldeari zentzua ematen dio eta taldekideen ahaleginak bideratzen ditu. Irakasleak talde eraikitze prozesua gainbegiratzen du eta aholkuak ematen ditu hitzarmenak taldearen funtzionamenduko faktoreak jaso ditzan, hala nola, komunikazioa, errespetua, konfiantza eta adostasunez erabaki hartzeak. Bestalde, proiektua aurrera eramateko, koordinazioa gakoa da eta horretarako taldekideen ordutegi eskuragarritasuna definitu eta komunikatzeko plataforma (moodle plataforma, sare sozialak, telefono, email,...) zehazten dute.

Taldearen funtzionamendurako, lanbide jardueran ikuspuntua jarrita, rolen erabilera proposatzen da. Taldeko rolen artean, koordinatzailea eta idazkariaren

paperak izendatu beharrekoak dira eta bestelakoen erabilera ere gomendatzen da, hala nola, diseinu zuzentzailea, plano zuzentzailea, diseinatzaile grafikoa,... Azken rol hauen artean, benchmarking arduraduna dago, beste taldeen proiektuetatik ideiak edo jarduera egokietan inspiratu eta lagungarriak iruditzen zaizkion ideiak partekatuko dituen. Azken finean, ikaskuntza sustatuko duen elkarlana bilatzen da eta rolen erabilerak helburu hori betetzen laguntzen dute.

Proiektuaren antolaketa eta kudeaketarako talde bakoitzak bere plangintza egitea eta jarraitzea beharrezkoa da. Lanaren zatiketa egitura bidez, zereginak definitu, epeak eman eta taldekideen indarren arabera esleitu egiten dira. Lanaren banaketa orekatuarekin taldekideen interdependentzia positiboa bideratzen da, proiektuaren arrakasta taldekideen lan osagarrien beharra baitu. Era berean, bakoitzak bere lanarengatik erantzun behar du eta plangintzan zehaztutakoa bete.

Plangintzaren jarraipena eta proiektuaren garapenaren kontrola, bileren bidez kudeatzen da. Horretarako irakasleak bilera eraginkorrei eta talde lanari buruzko trebakuntza ematen die taldeei (Mathieu et al., 2008; Natishan et al., 2000). Bileren funtzionamendua egokia ziurtatzeko, irakasleak hasierako bilerak gidatu egiten ditu. Behin taldeek bileren dinamika barneratu dutenean, taldeek deialdiak noiz egin erabakitzen dute eta bileren garapena kontrolatzen dute. Bileren bidez proiektuaren helburua adosten da, plangintza definitzen da, zereginak banatzen dira eta proiektuaren jarraipena egiten da. Bileretako informazio eta erabakiak aktetan jasotzen dira. Aktak, ikaskuntza kudeaketa sistema bateko gune ireki batean (Moodleko wikietan) idazten dira. Wiki hauek, irakasleak jarraipena egiteko ez ezik, taldeen arteko ikuspena lortzeko ere balio du, hau da, taldeek beste taldeen proiektuen garapena ikusi dezakete eta hauek erabilitako baliabideetatik beraien proiektuentzako erabilgarriak diren ideiak hartu edo iruzkinak eman. Bestalde, irakasleak klasean burutzen diren bileretan aholkulari moduan jokatzeko du: taldeen gatazken kudeaketa gainbegiratzen du, proiektuaren feedback eman eta hobekuntzak proposatzen ditu. Irakaslearen eginkizunetako bat taldearen hausnarketa prozesua bultzatzea da, sortzen diren gatazken iturria bilatzen lagunduz eta talde erabaki hartze prozesuan aholkatuz.

Wikien eta aurrez-aurreko bileretako jarraipenaz gain, kurtsoaren erdialdera ikasleek talde lanaren eta proiektuaren garapenari buruzko inkesta bat betetzen dute, antzeman ez diren arazoak azalarazteko eta hobekuntza proposamenak jasotzeko.

Proiektuaren bukaera eperako hiru asteren faltan daudenean, proiektuaren ebaluazio bilera burutzen da. Taldeek beraien zereginen betetze maila eta falta diren zereginak zerrendatzen dituzte. Proiektuaren garapen maila ebaluatu ondoren, proiektuaren konplexutasunagatik edo epeak betetzearen ezintasunarengatik, behar izanez gero, irakaslearekin plangintza egokitzapen bat negoziatzen da, plangintza aldatuz.

Proiektuaren amaieran, 3.5 ebaluazio sistema eta irakasgaiaren jarraipena atalean azaltzen diren zenbait erremintekin, autoebaluazioa, talde ebaluazioa, irakaslearen jarraipen liburua eta wikiekin batik bat, banakakoen talde laneko profil eta balorazio bat lortzen da.

IE6. Taldean lankidetzan produktu bat diseinatzeko diseinu beharrak zehaztea, asetzen dituzten kontzeptu berritzaileak sortzea, kontzeptuak ebaluatzea eta kalitatezko emaitza lortzea.

Landuko den proiektuaren emaitza produktu industrial bat denez, proiektuaren garapena, produktu baten diseinu prozesuaren etapak jasotzen dituen modelo batean oinarritzen da (French, 1998). Probleemaren azterketa etapan, sormen tekniken erabilera proposatzen da ideiak sortzeko. Normalean sormen teknikak ezezagunak zaizkienez, teknika batean, brainstorming-ean, trebakuntza ematen zaie. Helburua, kontzeptu berritzaileak sorraraztea da eta hasieran kantitatea kalitatearen gainetik hobesten da (Dym et al., 2014).

Taldeak proiektuaren planteamendutik, ikasketa helburuak identifikatu dituenean, produktuaren aukeraketa egiteko irizpideak definitu behar dituzte. Aukeraketa burutzeko proiektuaren ikasketa emaitzak kontutan izateaz gain, taldeek produktuen bezero potentzial bezala baloratuko lituzketen irizpideak proposatu eta

adosten dituzte. Adibidez, azken ikasturteko gaztelerako taldeen irizpideak hurrengoak izan ziren: (1) zailtasuna, konplexutasuna eta diseinu zehaztua, (2) orijinaltasuna, berrikuntza maila, (3) estetikoki erakargarria eta (4) erabilgarritasuna, praktikotasuna eta eraginkortasuna.

Talde bakoitza bere produktuaren diseinu kontzeptua aukeratzen duenean, klase aurrean aurkezpen bat burutzen dute. Aurkezpena ez luzatzeko, jarduera profesionalean diseinu kontzeptuak aurkezteko erabiltzen den moodboard formatua aukeratu da: aurkezpen digitaleko diapositiba batean taldearen diseinu kontzeptua azaltzen dute, diseinua aukeratzearen arrazoiak eta kontzeptuak ematen dituen posibilitateak nabarmenduz. Publikoki kontzeptuak ezagutzera ematearekin, taldeen arteko feedbacka sustatzen da eta taldearen ideiak hobetu ditzaketen proposamenak eta ikuspuntuak sortzen dira.

Lortutako produktuaren kalitate maila, ikasleek finkatu dituzten ebaluazio irizpideak asetzen dituen mailan definitzen da. Talde arteko ebaluazioaren bitartez, diseinuaren balorazio bat egiten da produktuaren aurkezpenean.

IE7. Behar berrien aurrean ikasketa autonomia burutzea (CAD programaren aukera berriak lantzea adibidez)

Proiektuaren planteamendua problema ireki baten ebazpena denez, taldeek ezin dute hasieratik behar guztiak aurreikusi eta problemak agertzen direnean erantzunak bilatu behar dituzte. Ikasgelan landutakoarekin erantzunak bilatzeko gai izan daitezke, baina beraien beharrak asetzeko, ezagutzak sakondu behar dituzte. Honela, proiektuan aurrera egiteko, beraien kabuz ikasketak burutu behar dituzte. Bestalde, irakasleak prozesua gainbegiratzen du eta batzuetan aholkatu, baina ikasleen esku geratzen da ezagutza horiek bereganatzea.

Era berean, ikasgelatik kanpo egin behar dituzten jardueretan lan autonomia ohitura bilakatzea bilatzen da. Adibidez, klase kanpoko jarduera moduan pieza baten modelaketa eta plano eskatzen da eta ikasle askok ez dakite nola ekin CAD programa

bidez planoko bistak, ebakidurak eta kotatzea egiteari. Irakasgaiaren baldintzengatik eduki guztiak ezin dira esplizituki zerotik erakutsi, ez da hori helburua ere, beraz, kasu hauetan ikasleek baliabideak bilatu behar dituzte ezagutza horiek barneratzeko. Ikaskuntza elkarlaneko prozesu moduan ulertzen denez, baliabideak bilatzeko eta informazioa partekatzeke, irakasgaiko foroak dituzte erreminta moduan. Hasieran gauza sinpleetan bada ere, planteamendu honek proiektuan problemekin topatzen direnean, problemak aurre egiteko beraien jarreran eragina du.

Azkenik, CAD programaren aplikazio partikularrak lantzeko tutorialak erabiltzen dira: Aurrena, aplikazio partikularren helburua aurkeztu egiten da, jarraian aukera horren beharra duen problema bat planteatzeko. Tutoriala burutuz, ikasleak bere kabuz ikasitakoa problema ebazteko erabili behar du.

3.5. Irakasgaiaren plangintza

Irakasgaiaren denbora lerroa hurrengo tauletan adierazten da. Taulek irakasgaiko 15 saioak jasotzen dituzte. Saio bakoitzean, burutuko diren jarduerak, hauen helburuak, lantzen diren ikasketa emaitzak eta adierazleak eta horiek lantzeko estrategia didaktikoak aipatzen dira.

1. Saioa

	JARDUERAK	HELBURUAK	IKASKETA EMAITZAK	IKASKETA ADIERAZLEAK	ESTRATEGIA
LABORATEGIA	15' Irakasgaiaren aurkezpena	Irakasgaiaren helburu, metodologia eta ebaluazioa argi uztea	IE1-IE7		
	15' CAD programaren aurreko ezagutzak 30' DAT-SR gaitasun espazialeko testa	Ikasleen CAD ezagutzen maila zehaztu	IE1-IE4	Modeloen adierazle guztiak	Inkosten arabera programaren egokitzapena
	1h45'CAD sarrerako ariketak	Modelaketaren oinarriak landu	IE1	Modeloen adierazle guztiak	LITI-ak eta modelaketa gidatua
	15' Talde lanaren aurreko ezagutzak	Talde lanaren ezagutzen maila zehaztu eta taldekatze profilak lortu	IE5	Taldekieen aniztasuna	Inkestetan oinarrituta taldeak osatu
LA	1h30' CAD ariketa	Modelaketaren oinarriak landu	IE1, IE7	Guztiak	Lan autonomoa

3.2 Taula. 1.saioaren programazioa.

2. Saioa

	JARDUERAK	HELBURUAK	IKASKETA EMAITZAK	IKASKETA ADIERAZLEAK	ESTRATEGIA
LABORATEGIA	1h45'Entregatutako CAD ariketaren feedbacka eta CAD aplikazio industrialeko ariketak	Modelaketa aukera zehatzak testuinguruan landu	IE1, IE4	Modeloen adierazle guztiak	LITI-ak, arbelean azalpenak eta irakaslearen aholkularitza
	20' Talde bilera: <ul style="list-style-type: none"> Talde helburua definitu Talde arauak ezarri Rolak esleitu Koordinazioa determinatu Kontratua sinatu 	Talde funtzionamendua	IE5	Taldearen barne faktore guztiak	Talde kontratuaren sorrera eta irakaslearen aholkularitza
	15' Bileraren eraginkorrei buruzko aurkezpena	Talde funtzionamendua	IE5	Taldearen barne faktore guztiak Ohiko bilerak	Aurkezpen digitala
	40' Proiektuaren agertokia landu eta brainstorming saioa.	Produktuaren betekizunen zehaztapena Diseinu kontzeptualerako ideiak sortzea	IE5, IE6	Helburu komuna Erabaki hartzea adostasuna	Brainstorming gidatu
LAN AUTO.	1h30' CAD ariketa	Modelaketa testuinguruan landu	IE1, IE7	Modeloen adierazle guztiak	Lan autonomoa
	1h30' Brainstorming-eko ideiei buruzko informazioa bilatu	Ideien aurre aukeraketa bat egin	IE6, IE7		

3.3 Taula. 2.saioaren programazioa.

3. Saioa

	JARDUERAK	HELBURUAK	IKASKETA EMAITZAK	IKASKETA ADIERAZLEAK	ESTRATEGIA
LABORATEGIA	2h15' Entregatutako CAD ariketaren feedbacka eta CAD aplikazio industrialeko ariketak	Modelaketa aukera zehatzak testuinguruan erabili	IE1	Modeloen adierazle guztiak	LITI-ak, arbelean azalpenak eta irakaslearen aholkularitza
	30' Talde bilera: <ul style="list-style-type: none"> Aukeraketa irizpideak proposatu Ikasleen artean irizpideak adostu Irizpideen arabera diseinu kontzeptua aukeratu 	Ikaskuntza emaitzarekin lerrokatutako irizpideak definitzea Diseinu kontzeptuaren zehaztapena	IE5, IE6	Taldearen barne faktore guztiak	Talde kontratuaren sorrera eta irakaslearen aholkularitza
	15' Diseinu kontzeptuaren zehaztapena eta komunikazioari buruzko aurkezpena (teoria)	Diseinu kontzeptuaren zehaztapena eta komunikazio	IE6		Aurkezpen digitala
LAN AUTO.	1h30' CAD ariketa	Modelaketa testuinguruan landu	IE1, IE7	Modeloen adierazle guztiak	Lan autonomoa
	1h30' Produktuaren moodboard	Diseinu kontzeptuaren komunikazioa	IE5,IE6		Talde lana

3.4 Taula. 3.saioaren programazioa

4. Saioa

	JARDUERAK	HELBURUAK	IKASKETA EMAITZAK	IKASKETA ADIERAZLEAK	ESTRATEGIA
LABORATEGIA	1h30' Entregatutako CAD ariketaren feedbacka eta CAD aplikazio industrialeko ariketak. Puzzle teknikaren bidezko ebazpena	Modelaketa aukera zehatzak testuinguruan erabili	IE1	Modeloen adierazle guztiak	Puzzle lankidetzak ikaskuntza teknika eta irakaslearen aholkularitza
	45' Talde aurkezpena moodboard:	Diseinu kontzeptuaren komunikazioa egin	IE6		Talde aurkezpen irekia, ideiak partekatze eta ikuspegiak
	45' Proiektuaren plangintza bilera <ul style="list-style-type: none"> Zereginak eta epeak zehaztu Zereginen sekuentzia ezarri Zereginen arduradunak esleitu Ikuskatzaileak izendatu 	Proiektuaren plangintza zehaztu. Produktuaren haragitze etapa hasi.	IE5	Proiektu antolaketa eta kudeaketa faktoreak Rolen esleipena Erabaki hartzea, adostasuna	Irakasleak plangintzaren berrikuspenera burutzen du

3. Programa didaktikoa

LAN AUTONOMOIA	1h30' CAD modelaketa eta planoak	Planoak CAD programarekin sortu eta marrazketa teknikoko araudia gogoratu	IE1, IE3, IE7	Modeloen eta planoen adierazle guztiak	Lan autonomoa
	1h30' Plangintza bukatu	Proiektuaren plangintza zehaztu	IE5, IE6	Proiektu antolaketa eta kudeaketa faktoreak Rolen esleipena Erabaki hartzea, adostasuna	Talde lana

3-5 Taula. 4.saioaren programazioa

5. Saioa

	JARDUERAK	HELBURUAK	IKASKETA EMAITZAK	IKASKETA ADIERAZLEAK	ESTRATEGIA
LABORATEGIA	1h30' Entregatutako CAD ariketaren feedbacka eta CAD aplikazio industrialeko ariketak. Multzoen muntaketa	Modelaketa eta muntaketa aukera egokiak testuinguruan erabili	IE1, IE2	Modelo eta multzo muntaketaren adierazle guztiak	LITI-en bidez multzoaren funtzionamendua egiaztatu eta irakaslearen aholkularitza
	1h30' Talde lana eta proiektuaren jarraipena	Aurrerapenen berri taldeari eta irakasleari eman Taldea funtzionamendu arazoak identifikatu	IE5, IE6	Ohiko bilerak Zeregin betetzea Proiektu jarraipen eta ebaluazioa Dagokien talde barne faktoreak	Irakasleak talde bileren bidez edo wikiekin (aktekin) jarraitu eta feedbacka ematen die. Jarraipen liburuan aurrerapen eta gertaerak jasotzen dira
LAN AUTONOMOIA	1h30' CAD modelaketa eta plano ariketa	Modelaketa egokia eta planoan adierazpen zuzena	IE1, IE3, IE7	Modeloen eta planoen adierazle guztiak	Lan autonomoa
	1h30' Proiektu lana	Produktuaren haragitze etapa jarraitu	IE5, IE6	Ohiko bilerak Zeregin betetzea Proiektu jarraipen eta ebaluazioa Dagokien talde barne faktoreak	Lan autonomoa eta talde lana proiektua garatzeko

3-6 Taula. 5.saioaren programazioa

6. Saioa

	JARDUERAK	HELBURUAK	IKASKETA EMAITZAK	IKASKETA ADIERAZLEAK	ESTRATEGIA
LABORATEGIA	20' Entregatutako CAD modelo eta planoen zuzenketa	Modelaketa eta plano adierazpenen egokiak lortu	IE1, IE3	Modeloen adierazle guztiak Planoaren adierazle guztiak	Bikote bidezko ebaluazioa, ikuskatzailearen rola
	40' CAD aplikazio industrialeko ariketak. Multzoen muntaketa	Modelaketa eta muntaketa aukera egokiak testuinguruan erabili	IE1, IE2	Modelo eta multzoen adierazle guztiak	LITI-en bidez multzoaren muntaketa adostu
	20' CAD aplikazio partikularrak (2Dtik 3Dra pasa)	CAD programaren aukera partikularrak landu	IE4		Tutorialaren bidez burutu
	1h40' Talde lana eta proiektuaren jarraipena	Aurrerapenen berri taldeari eta irakasleari eman Talde funtzionamendu arazoak identifikatu	IE5, IE6	Ohiko bilerak Zeregin betetzea Proiektu jarraipen eta ebaluazioa Dagokien talde barne faktoreak	Irakasleak talde bileren bidez edo wikiekin (aktekin) jarraitu eta feedbacka ematen die
LAN AUTONOMOA	1h30' CAD modelaketa eta plano ariketa	Modelaketa egokia eta planoan adierazpen zuzena	IE1, IE3, IE7	Modeloen eta planoen adierazle guztiak	Lan autonomoa
	1h30' Proiektu lana	Produktuaren haragitze etapa jarraitu	IE5, IE6	Ohiko bilerak Zeregin betetzea Proiektu jarraipen eta ebaluazioa Dagokien talde barne faktoreak	Lan autonomoa eta talde lana proiektua garatzeko

3.7 Taula. 6.saioaren programazioa

7. Saioa

	JARDUERAK	HELBURUAK	IKASKETA EMAITZAK	IKASKETA ADIERAZLEAK	ESTRATEGIA
LABORATEGIA	20' Entregatutako CAD modelo eta planoen zuzenketa	Modelaketa eta plano adierazpenen egokiak lortu	IE1, IE3	Modeloen eta Planoaren adierazle guztiak	Bikote bidezko ebaluazioa, ikuskatzailea
	40' CAD aplikazio industrialeko ariketak. Multzoen muntaketa	Modelaketa eta muntaketa aukera egokiak testuinguruan erabili	IE1, IE2	Modelo eta multzoen adierazle guztiak	LITI-en bidez multzoaren muntaketa adostu
	10' CAD aplikazio partikularrak (planoen pertsonalizazioa)	CAD programaren planoak araudira egokitu	IE4		Tutorialaren bidez burutu
	1h50' Talde lana eta proiektuaren jarraipena	Aurrerapenen berri taldeari eta irakasleari eman Talde funtzionamendu arazoak identifikatu	IE5, IE6	Ohiko bilerak Zeregin betetzea Proiektu jarraipen eta ebaluazioa Dagokien talde barne faktoreak	Irakasleak talde bileren bidez edo wikiekin (aktekin) jarraitu eta feedbacka ematen die
LAN AUTONOMOIA	1h30' CAD modelaketa eta plano ariketa	Modelaketa egokia eta planoan adierazpen zuzena	IE1, IE3, IE7	Modeloen eta planoen adierazle guztiak	Lan autonomoa
	1h30' Proiektu lana	Produktuaren haragitze etapa jarraitu	IE5, IE6	Ohiko bilerak Zeregin betetzea Proiektu jarraipen eta ebaluazioa Dagokien talde barne faktoreak	Lan autonomoa eta talde lana proiektua garatzeko

3.8 Taula. 7.saioaren programazioa

8. Saioa

	JARDUERAK	HELBURUAK	IKASKETA EMAITZAK	IKASKETA ADIERAZLEAK	ESTRATEGIA
LABORATEGIA	20' Entregatutako CAD modelo eta planoen zuzenketa	Modelaketa eta plano adierazpenen egokiak lortu	IE1, IE3	Modeloen eta Planoaren adierazle guztiak	Bikote bidezko ebaluazioa, ikuskatzailea
	20' CAD aplikazio industrialeko ariketak. Planoak.	Modelaketa eta planoen Adierazpen egokiak lortzea	IE1, IE3	Modelo eta planoen adierazle guztiak	LITI-en bidez planoaren interpretazioa
	30' CAD aplikazio partikularrak (taldeen proposamenak)	Proiektua garatzeko CAD beharrak landu	IE4		Klase aurrean azaldu
	10' CAD ezagutzen inkesta	Ikaslearen CAD ezagutzen autoebaluazio lortu	IE1, IE2 IE3, IE4	Modelo, multzo eta plano adierazle guztiak	
	10' Talde laneko inkesta	Talde lanari buruzko hausnarketa eta hobekuntzak proposatzea	IE5	Talde laneko adierazle guztiak	
	1h30' Talde lana eta proiektuaren jarraipena	Aurrerapenen berri izan eta talde funtzionamendu arazoak konpondu	IE5, IE6	Ohiko bilerak Zeregin betetzea Proiektu jarraipen eta ebaluazioa Dagokien talde barne faktoreak	Irakasleak talde bileren bidez edo wikiekin (aktekin) jarraitu eta feedbacka ematen die
LAN AUTONOMIA	1h' CAD modelaketa eta plano ariketa	Modelaketa egokia eta planoan adierazpen zuzena	IE1, IE3, IE7	Modeloen eta planoen adierazle guztiak	Lan autonomoa
	2h Proiektu lana	Produktuaren haragitze etapa jarraitu	IE5, IE6	Ohiko bilerak Zeregin betetzea Proiektu jarraipen eta ebaluazioa Dagokien talde barne faktoreak	Lan autonomoa eta talde lana proiektua garatzeko

3.9 Taula. 8.saioaren programazioa

9. Saioa

	JARDUERAK	HELBURUAK	IKASKETA EMAITZAK	IKASKETA ADIERAZLEAK	ESTRATEGIA
LABORATEGIA	15' Entregatutako CAD modelo eta planoen zuzenketa	Modelaketa eta plano adierazpenen egokiak lortu	IE1, IE3,	Modeloen eta Planoaren adierazle guztiak	Bikote bidezko ebaluazioa, ikuskatzailea
	15' CAD aplikazio industrialeko ariketak. Planoak.	Modelaketa eta planoen Adierazpen egokiak lortzea	IE1, IE3,	Modelo eta planoen adierazle guztiak	LITI-en bidez planoaren interpretazioa
	40' CAD aplikazio partikularrak (aldagaien erabilera)	Aldagaien erabilera modelaketan landu	IE4		Tutoriala
	1h50' Talde lana eta proiektuaren jarraipena	Aurrerapenen berri izan eta talde funtzionamendu arazoak konpondu	IE5, IE6	Ohiko bilerak Zeregin betetzea Proiektu jarraipen eta ebaluazioa Dagokien talde barne faktoreak	Irakasleak talde bileren bidez edo wikiekin (aktekin) jarraitu eta feedbacka ematen die
LAN AUTONOMOA	1h' CAD modelaketa eta plano ariketa	Modelaketa egokia eta planoan adierazpen zuzena	IE1, IE3, IE7	Modeloen eta planoen adierazle guztiak	Lan autonomoa
	2h Proiektu lana	Produktuaren haragitze etapa jarraitu	IE5, IE6	Ohiko bilerak Zeregin betetzea Proiektu jarraipen eta ebaluazioa Dagokien talde barne faktoreak	Lan autonomoa eta talde lana proiektua garatzeko

3.10 Taula. 9.saioaren programazioa

10. Saioa

	JARDUERAK	HELBURUAK	IKASKETA EMAITZAK	IKASKETA ADIERAZLEAK	ESTRATEGIA
LABORATEGIA	15' Entregatutako CAD modelo eta planoen zuzenketa	Modelaketa eta plano adierazpenen egokiak lortu	IE1, IE3,	Modeloen eta Planoaren adierazle guztiak	Bikote bidezko ebaluazioa, ikuskatzailea
	15' CAD aplikazio industrialeko ariketak. Planoak.	Modelaketa eta planoen Adierazpen egokiak lortzea	IE1, IE3	Modelo eta planoen adierazle guztiak	LITI-en bidez planoaren interpretazioa
	40' CAD aplikazio partikularrak (piezen familia)	Piezen familiak landu	IE4		Tutoriala
	1h50' Talde lana eta proiektuaren jarraipena	Aurrerapenen berri izan eta talde funtzionamendu arazoak konpondu	IE5, IE6	Ohiko bilerak Zeregin betetzea Proiektu jarraipen eta ebaluazioa Dagokien talde barne faktoreak	Irakasleak talde bileren bidez edo wikiekin (aktekin) jarraitu eta feedbacka ematen die

LAN AUTONOMOA	1h' CAD modelaketa eta plano ariketa	Modelaketa egokia eta planoan adierazpen zuzena	IE1, IE3, IE7	Modeloen eta planoen adierazle guztiak	Lan autonomoa
	2h Proiektu lana	Produktuaren haragitze etapa jarraitu	IE5, IE6	Ohiko bilerak Zeregin betetzea Proiektu jarraipen eta ebaluzioa Dagokien talde barne faktoreak	Lan autonomoa eta talde lana proiektua garatzeko

3.11 Taula. 10.saioaren programazioa

11. Saioa

	JARDUERAK	HELBURUAK	IKASKETA EMAITZAK	IKASKETA ADIERAZLEAK	ESTRATEGIA
LABORATEGIA	15' Entregatutako CAD modelo eta planoen zuzenketa	Modelaketa eta plano adierazpenen egokiak lortu	IE1, IE3	Modeloen eta Planoaren adierazle guztiak	Bikote bidezko ebaluzioa, ikuskatzailea
	15' CAD aplikazio industrialeko ariketak. Planoak.	Modelaketa eta planoen Adierazpen egokiak lortzea	IE1, IE3	Modelo eta planoen adierazle guztiak	LITI-en bidez planoaren interpretazioa
	40' CAD aplikazio partikularrak (multzoen familia)	Multzoen familiak landu	IE4		Tutoriala
	1h50' Talde lana eta proiektuaren jarraipena	Aurrerapenen berri izan eta talde funtzionamendu arazoak konpondu	IE5, IE6	Ohiko bilerak Zeregin betetzea Proiektu jarraipen eta ebaluzioa Dagokien talde barne faktoreak	Irakasleak talde bileren bidez edo wikiekin (aktekin) jarraitu eta feedbacka ematen die
LAN AUTONOMOA	1h' CAD modelaketa eta plano ariketa	Modelaketa egokia eta planoan adierazpen zuzena	IE1, IE3, IE4, IE7	Modeloen eta planoen adierazle guztiak	Lan autonomoa
	2h Proiektu lana	Produktuaren haragitze etapa jarraitu	IE5, IE6	Ohiko bilerak Zeregin betetzea Proiektu jarraipen eta ebaluzioa Dagokien talde barne faktoreak	Lan autonomoa eta talde lana proiektua garatzeko

3.12 Taula. 11.saioaren programazioa

12. Saioa

	JARDUERAK	HELBURUAK	IKASKETA EMAITZAK	IKASKETA ADIERAZLEAK	ESTRATEGIA
LABORATEGIA	2h Bakarkako azterketa. CAD ezagutza minimoen azterketa.	CAD ezagutza maila minimoa bermatu	IE1, IE2 IE3, IE4	Modelo, multzo eta planoaren adierazle guztiak	Bakarkako azterketa
	30' Proiektu plangintzaren ebaluazio eta egokitzapen bilera	Proiektu egoeraren ebaluazio eta egokitzapena egitea	IE5	Zeregin betetzea Proiektu plana Proiektu jarraipen eta ebaluazioa	Irakaslearekin bukatzeko zereginen betetzea adostea
	30' Talde lana eta proiektuaren jarraipena	Proiektua aurreratu	IE5, IE6	Zeregin betetzea Dagokien talde barne faktoreak	Irakaslearen aholkularitza
LAN AUTONOMOIA	3h Proiektu lana	Produktuaren haragitze etapa jarraitu	IE5, IE6	Ohiko bilerak Zeregin betetzea Proiektu jarraipen eta ebaluazioa Dagokien talde barne faktoreak	Lan autonomoa eta talde lana proiektua garatzeko

3.13 Taula. 12.saioaren programazioa

13. Saioa

	JARDUERAK	HELBURUAK	IKASKETA EMAITZAK	IKASKETA ADIERAZLEAK	ESTRATEGIA
LABORATEGIA	1h CAD aplikazio partikularrak (ERA ingurunea eta taldeen proposamenak)	CAD programaren bistaratze aukerak landu Proiektua garatzeko CAD beharrak landu	IE4		Klaseko azalpenak
	2h' Talde lana: proiektuaren bukaerako jarduerak (aurkezpena eta txostena fitxategi eta planoekin osatu)	Produktu xehatuaren etapa landu	IE5, IE6	Zeregin betetzea Proiektu jarraipen eta ebaluazioa Dagokien talde barne faktoreak	Irakasleak talde bileren bidez edo wikiekin (aktekin) jarraitu eta feedbacka ematen die
LAN AUTONOMOIA	3h Proiektu lana	Produktu xehatuaren etapa landu	IE5, IE6	Ohiko bilerak Zeregin betetzea Proiektu jarraipen eta ebaluazioa Dagokien talde barne faktoreak	Lan autonomoa eta talde lana proiektua bukatzeko

3.14 Taula. 13.saioaren programazioa

14. Saioa

	JARDUERAK	HELBURUAK	IKASKETA EMAITZAK	IKASKETA ADIERAZLEAK	ESTRATEGIA
LABORATEGIA	15' CAD aplikazio partikularrak (taldeen zalantzak argitu)	Azken orduko zalantzen argitzea	IE4		Klaseko azalpenak
	1h15' Talde lana: proiektuaren bukaerako jarduerak (aurkezpena eta txostena fitxategi eta planoekin osatu)	Produktu xehatua bukatu	IE5, IE6	Zeregin betetzea Dagokien talde barne faktoreak	Irakasleak talde bileren bidez edo wikiekin (aktekin) jarraitu eta feedbacka ematen die
	1h30'Talde bilera eta inkestak proiektua garatzeko talde lanari buruz	Talde funtzionamendua ebaluatu bilera eta inkestaren bidez	IE5	Talde lanaren adierazle guztiak	Taldeekin bileraren bidez eta talde lanari eta taldekideen ekarpenari buruzko inkestaren bidez, taldearen funtzionamendua ebaluatzen da.
LAN AUTON	3h Proiektu lana	Produktu xehatua bukatu	IE5, IE6	Zeregin betetzea Dagokien talde barne faktoreak	Lan autonomoa eta talde lana proiektua bukatzeko

3.15 Taula. 14.saioaren programazioa

15. Saioa

	JARDUERAK	HELBURUAK	IKASKETA EMAITZAK	IKASKETA ADIERAZLEAK	ESTRATEGIA
LABORATEGIA	2h30' Proiektuen aurkezpena <ul style="list-style-type: none"> • 15' taldeko • Taldeen arteko ebaluazioa 	Proiektua aurkeztu eta taldeen arteko ebaluazioa jaso	IE4, IE6, IE7		Aurkezpena, ikasketa emaitzekin erlazionatu Taldeen parte hartzen dute proiektuen ebaluazioan aurretik definitutako irizpideak baloratuz
	30' Proiektuaren bukaera <ul style="list-style-type: none"> • Txostena, fitxategi eta planoen entrega • Bukaerako bilera 	Proiektuaren helburuen betetze mailaren talde ebaluazioa eta hobetze proposamenak egite	IE5, IE6		Talde bileran helburuen betetze mailari buruzko hausnarketa eta hobetze proposamenak

3.16 Taula. 15.saioaren programazioa

3.6. Ebaluazio sistema eta irakasgaiaren jarraipena

Proposatzen den ebaluazioa sistema, ebaluazio tresna multzo integral batez osatzen da, ikaslea bere ikaskuntzaren garapen eta ebaluazioan integratzeko eta inplikatzeko asmoarekin. Irakasgaiaren planteamenduaren bidez, ebaluazio sistemak, testuinguruan jarritako proiektuak eragiten dituen jarduera konplexuak, lortutako ezagutzaren erabilerarekin burutzea, nabarmentzea du helburu (Montgomery, 2010). Horregatik, ikaslearen nota determinatzen duten hurrengo portzentajeak proposatzen dira:

- Bakarkako entregagaiak: %25
- Ikuskatze entregagaiak: %5
- Lehenengo gaitasunaren bakarkako azterketa: %20
- Taldean buruturiko proiektua: %50

Bakarkako entregagaiaetan, CAD programaren aukeren aukeraketa egokia neurtuko da modelo, multzo muntaketak eta planoak burutzerako orduan. Kontutan izango da:

- Modeloetan diseinu intentzioarekin bat datozen, diseinu aldaketak kontutan dituzten eta modelaketaren optimizazioa bilatzen dituzten modeloak diseinatzea.
- Multzoetan, muntaketaren sekuentzia diseinu intentzioarekin bat datozen eta multzoaren funtzionamendua errealaren erreproduzitzen duten multzoak muntatzea.
- Planoetan, araudiaren arabera adierazpena CAD programaren bidez egitea.

Hau da, proiektuan identifikatu diren IE1-IE3 ikasketa emaitzak ebaluatuko dira.

Ikuskatze entregagaien helburua, akatsak eragozteko da batik batik. Horretarako taldean rol desberdinen esleipenaren bidez, egileak modelo, multzoa edo planoak burutuko ditu eta ikuskatzaileak akatsa non dauden ohartarazteaz lagunduko dio, emaitzan ez ezik prozesuan ere. Ikuskatzaileak emaitza eta prozesua ebaluatuko duen

gaitasuna aztertzen da, IE1-IE3 ikasketa emaitzari dagokiena. Ikuskatzaileak jarduera hauetan bere lanaren nota bat jasoko du.

Bakarkako azterketaren bidez, ikasleen CAD programaren erabileran gaitasun maila baldintza minimo batzuetara iristen direla ziurtatuko da, alegia diseinuaren zehaztapenei erantzungo dioten ordenagailu bidezko adierazpen grafikoak eta araudiaren araberrako planoak sortzeko gai direla, hau da, IE1-IE3 ikasketa emaitzak. Entregagaien eta norbanako proiektuaren nota kontutan izateko derrigorrezkoa da lau bat baino handiagoko nota lortzea.

Proiektuaren ebaluazioan, emaitza ez ezik taldearen funtzionamendua ebaluatuko da. Proiektuaren emaitza batetik, ikasketa emaitza guztiekin lerrokadura neurtuko da, hau da: modelo, multzoen muntaketa eta planoen egokitasuna, CAD programaren aukera aurreratuen erabilera, taldearen funtzionamendua proiektua burutzeko eta produktuaren beharrei erantzun autonomoa eta berritzailea ematea. Ebaluazioa gainera, ikasleek produktuaren bezero potentzial moduan baloratuko lituzketen puntuen betetze maila kontutan izanda osatuko da (Hartman, 2004). Azken hau, irakasgaiaren hirugarren saioan ikasleen artean adostutako irizpideetan oinarritutako balorazioa eginez lortzen da. Taldeek definitutako irizpide hauek, aurretik proiektuaren aukeraketa egiteko ere erabili dituzte. Adibide moduan, azken ikasturteko gaztelerako taldearen irizpideak hurrengoak izan ziren: (1) zailtasuna, konplexutasuna eta diseinu zehaztua, (2) originaltasuna, berrikuntza maila, (3) estetikoki erakargarria eta (4) erabilgarritasuna, praktikotasuna eta eraginkortasuna.

Proiektuaren ebaluazioarekin amaitzeko, taldearen funtzionamenduaren barruan, plangintza, kontrol eta zuzenketak eta talde antolaketa kontutan hartzen dira (IE5).

Proiektuan definitu diren ikasketa emaitzak lortzeko eta PBL metodologiari buruz hainbat autoreek egindako gomendioak jarraituz, erreminta multzo batek osatzen dute ebaluazio sistema:

- Auto ebaluazioa: norberaren hasierako CAD edo talde lan jakintza maila ebaluatzeko inkesta betetzen dute ikasleek irakasgaiaren hasieran (IE1-IE5). Talde lanean, beraien ekarpenaren balorazio propioa ere jasotzen da (IE5).
- Bakarkako azterketa: ezagutza minimoak lortu direla ziurtatzeko bakarkako azterketa burutzen dute ikasleek (IE1-IE3).
- Lagun arteko ebaluazioa eta bikote arteko ebaluazioa: aipatu bezala, rolen esleipenean ikuskatzaile paperak egilearentzako beste feedback iturria da. Ikasleen artean daukaten gertutasunarengatik emaitzan ez ezik prozesuan ere akatsak zuzentzeko (IE1-IE3).
- Talde ebaluazioa: Taldekideek beraien taldearen funtzionamendua inkesta bidez ebaluatzen dute, bakoitzaren lan ekarpena eta kalitatea ebaluatuz eta horren arabera nota proposatuz (IE5).
- Ahozkoa aurkezpena: proiektuaren ideia eta proiektuaren emaitza aurkezteko aurkezpenak burutzen dituzte (IE4-IE7). Proiektu ideian proposatzean, beste taldeen ideiak eta feedbacka jasotzen dute.
- Proiektuaren txostena eta fitxategiak: proiektuan garatutako produktuari buruzko informazio guztia jasotzen duen txostena (IE1-IE7).
- Irakaslearen jarraipen liburua eta wikiak: taldeari buruzko jarraipena egiteko eta taldearen funtzionamendua ebaluatzeko tresnak (IE5). Wikiak, talde bakoitzaren lanaren jardura islatzeko espazio birtualak dira, non batik bat bilera aktak jasotzen diren. Talde guztientzat espazio irekiak direnez elkar arteko komunikazioa eta ideien trafikoa sustatzen da.
- Foroko ekarpen egokiak: elkarlanean oinarritzen den ikaskuntza bilatzen denez, foroetan egindako ekarpenen kalitatea zalantzak argitzaile orduan kontutan hartzen dira (IE7)
- Tutore paperaren ebaluazioa: nahiz eta ikasketa emaitza bat ez izan, PBL metodologian, ikasleak izan duen tutoretzari buruzko balorazioa aspektu garrantzitsua kontsideratzen da eta feedback moduan, irakasgaiko ahultasunak zuzentzeko balio du.

Ebaluazio sistema honen funtzioa ikaslearen ikaskuntza prozesua erraztea da, ikasleari feedback-a eskainiz eta bere ikaskuntza prozesuaren egoeraz ohartaraziz.

Erreminta desberdinen erabilerarekin, ikaslea ebaluazio prozesuan integratzea bilatzen da. Era berean irakaslearentzat ikaslearen ikaskuntzaren aurrerapena jarraitzeko sistema baliagarria da.

3. Programa didaktikoa

4. METODOLOGIA

Atal honetan ikerketaren metodologia, erabilitako prozedura eta instrumentuak azaltzen dira. Ordenagailu Bidezko Diseinuaren Gehikuntza irakasgaiari egokitutako Problemetan Oinarritutako Ikaskuntza metodologiak dituen ondorioak ebaluatu nahi dira hiru mailatan: (a) ikasleen CAD modelo, multzo eta planoen artean kalitate desberdintasuna, (b) kalitatezko CAD modeloaren atributuen erlazioan CAD modeloaren osotasunarekin eta (c) proiektu bat garatzeko talde lan eraginkorrean eragiten duten adierazleen hobekuntzan. PBL metodologiaren diferentzia adierazgarriak ohiko irakaskuntzarekin alderatzeko, bi talde bereizi dira: talde esperimentalak, PBL metodologia aktiboa aplikatu den taldea, hots, tratamendua eta kontrol taldea, ohiko irakaskuntza jarraitzen duena.

Hiru maila dagozkion hipotesiak ebaluatzeko, zenbait proba definitu dira eta prozedura jakin batekin, probak egin eta lortutako datuak bahetu eta sailkatu dira analisi estatistiko bat burutzeko.

4.1. Ikerketaren testuingurua

Ikerketa hau Ordenagailu Bidezko Diseinuaren Gehikuntza izeneko irakasgaiaren burutu da, Donostiako Eskola Politeknikoan (DEP, Euskal Herriko Unibertsitatea – UPV/EHU). Donostiako Eskola Politeknikoa 1952an sortu zen eta gaur egun, Donostiako Ibaeta auzoan kokatua dago. 2013-2014 ikasturtean 312 ikasleren sarrera izan zuen eta 349 ikasle graduatzen dira urtero (EPD, 2014).

Tesi honen esparru praktikoa (metodologiaren aplikazioa, probak burutzea eta datuak jasotzea), 2009-2012 denbora tartean garatu da. Denbora epe horretan, Eskolan lau berezitasun eskaintzen ziren Industria Ingeniaritza Tekniko arloan (Elektrizitatea, Industria Elektronikak, Mekanika eta Industria Kimika).

Ordenagailu Bidezko Diseinuaren Gehikuntza, Ingeniaritza Teknikoko hautazko irakasgaia da. 4,5 kreditu dituen irakasgai honetarako sarrera hirugarren edo laugarren mailako ikasleek dute. Irakasgaia bi hizkuntzetan irakasten da, gaztelera eta euskaraz. Kurtsoaren garapena, programa didaktikoaren atalean (3.atala) aipatu den bezala, 3 ordutako jardunaldi jarraituak izan dira bai talde esperimentalak, bai kontrol taldearentzat.

Ikerketa honen laginak, 2009-2010, 2010-2011 eta 2011-2012 ikasturtetan Ordenagailu Bidezko Diseinuaren Gehikuntza irakasgaia hautatu duten ikasleek osatua dago. Ikerketan lortu diren lagin tamainak, 93 talde esperimentalak eta 83 kontrol taldearentzat, izan dira gehienez, mota honetako ikerketek dituzten eragozpenengatik (adibidez, irakasgaia uzten duten ikasleak edo proba egunean etortzen ez diren ikasleak,...). Ikasleen profilak anitzak izan dira, adin, genero eta CAD ezagutzei dagokienez. Alderdikeria ekiditeko, ikerketa mota aproposa aukeratu da. Ikerketa subjektuek libreki parte hartu dute ikerketan (4.6 atalean ikerketa prozedura ikusi).

Era berean, bi irakasle izan dira tratamendu taldean (talde esperimentalak) eta zazpi irakasle kontrol taldean. Tratamendu taldean, irakasleek irakaskuntza metodologia aktiboen ezagutza izatea beharrezkoa izan da. Kontrol taldean, irakasle kopuru handiak, ohiko metodologiaren joera nabarmentzen lagundu du, planteamendu partikularren arteko desberdintasunak leunduz.

Irakasgaiaren erabilitako CAD softwarea SolidEdge izan da, v19-an hasita, bertsioen eguneraketaren ondorioz, ST2-aren erabilpenarekin bukatu da. Tasunetan oinarritutako modelaketa parametrikoko software honen aukeraketa, eskuragarritasun arrazoiengatik izan da. SolidEdge ST aurreko bertsioekin alderatuta, zenbait aldaketa nabarmentzen dira: modelaketa zuzenaren aukera eta microsoft office estiloko erabiltzaile interfazearen egokitzapena. Irakasgaiaren synchronous technology erabilera,

multzoetara mugatu da, hasierako bertsioak modelaketan ematen zituen arazoengatik eta modelaketa zuzenak dituen desabantailengatik (2. Esparru teorikoa atalean, CAD modeloen berrerabilpena ikusi).

Planteamendu didaktikoen desberdintasunak

Ikerketaren muina, taldeen arteko desberdintasunen adierazgarritasun estatistikoan oinarritzen denez, behin talde esperimentaleko proposamen didaktikoan azaldu denean (3. atala), kontrol taldean jarraitzen den planteamendurekin alderatzen da. Elkarrizketa erdi egituratuaren bidez eta programa didaktikoak berrikusi ondoren, bi taldeen planteamenduen arteko desberdintasunak 4.1 taula laburtzen dira:

Talde esperimentalak	Kontrol taldea
<ul style="list-style-type: none"> -Trebakuntza, CAD ezagutza estrategikoan erdiratzen da -Bi gaitasun definitzen dira: software erabilera eta talde lanaren bidezko proiektuaren garapena - Aukera zehatzak lantzeko jarduerak diseinatzen dira. Jarduerak lanbide testuinguruan oinarritzen dira. - Irakasleak astero ariketak zuzendu eta akatsak klasean lantzen dira - Lankidetzak ikaskuntzako teknikak erabiltzen dira, besteak beste, puzzle eta LITlax. - Ikasleek elkarren arteko ebaluazioak eta akatsen eztabaidak egiten dituzte - Irakaslearen ikaskuntza prozesuaren garapenaren jarraipena egiten da uneoro (inkestak, feedback, wiki, gainbegiratuak talde bilerak, tutoretzak,...) - Irakasleak irakasgai osoan zehar talde lanean oinarritzen den proiektu bat garatzen dute. -Ikasleek talde lanari buruzko trebakuntza jasotzen dute - Irakasleek ikasketa emaitzekin lerrokatuta, agertoki ireki batetik abiatuz garatu nahi duten proiektua aukeratzen dute -Irakasleak taldearen eraketa, proiektuaren zehaztapen, plangintza, egikaritze eta plangintza kontrol faseak zurkaizten ditu. - Taldearen funtzionamendu eta proiektuaren ebaluazioa talde ebaluazio, auto ebaluazio, elkarren arteko ebaluazio eta irakaslearen aholkularitzaren ebaluazioarekin egiten da. - Irakasleek software erabilera gaitasunaren ezagutza minimoen azterketa dute 	<ul style="list-style-type: none"> -Geometrikoki zuzenak diren modelo eta multzoak diseinatzea helburu nagusia da. - Gaitasun bat: software erabilera - Aukera gehienak ikusteko ariketak aukeratzen dira -Irakasleak ariketak zuzendu eta ikasleek nota bat jasotzen dute - Ez dira lankidetzak teknikak erabiltzen -Ikasleek irakaslearen ebaluazioa jasotzen dute - Irakaslearen aurrerapena noten bidez gainbegiratzen da - Irakasleek proiektu bat irakasgaiko azken asteetan garatzen dute (gehienez zazpi azken asteetan) - Irakasleek ez dute talde lanari buruzko trebakuntza jasotzen - Irakasleek irakasleak emandako planoetan oinarrituz proiektu bat aukeratzen dute eta softwarearen bidez diseinatzen dute - Irakasleak gaian aditu bezala gainbegiratzen du proiektua - Proiektua eta klasean egindako zenbait ariketa ebaluatzen dira. - Irakasle guztiek ez dute software erabilera gaitasunaren azterketa (ikasturte taldearen arabera)

4.1Taula. Metodologia didaktikoaren arteko desberdintasuna.

4.2. Ikerketaren perspektiba

Ikerketa honen helburua, PBL-an oinarritzen den irakaskuntza metodo egokitu honetan proposatzen diren hipotesien balorazioa egitea da. Hipotesietatik abiatuz, ikuspegi kualitatibo bat oinarri moduan, ezarritako irakaskuntzak eragindako aldaketen deskribapena bilatzen da. Ikerketa, aldaketa horien magnitudean baino aldaketaren ezaugarrietan eta hauen fundamentu teorikoan ardazten da. Deskribapen horretan laguntzeko, ikerketa kuantitatiboak eskatzen dituen aldagaien definizioa, datuen bilketa eta analisia, prozesu egituratu baten bitartez burutu da. Ikerketa kuantitatiboak izaera esperimentalak duten ikerketetan, neurketak eta erlazioen bilaketa nabarmentzen ditu (Glatthorn eta Joyner, 2005). Hala ere, emaitzen joerak goraiatzeko, kontraste estatistiko sakon batek lortu ditzaken taldekatze eta desberdintasun maila ezberdinetan sartu gabe.

Beraz, ikerketaren ikuspegia, ikerketa kuantitatibo eta kualitatiboaren tarte jarraian, hor nonbait kokatzen da. Ikerketa estrategi hauek konbinatzen dituen metodoari, ikerketa metodo mistoa deritza (Slavin, 2007). Metodo mistoaren hautaketarekin, aurkikuntza fidagarriagoak eta ikergaiaren azalpen borobilago bat bilatzen da, metodo kuantitatibo edo kualitatiboa garbiak erabilia baino (Ary et al., 2010).

4.3. Ikerketa mota: kuasiesperimentalak

Ikerketa esperimentalaren ezaugarri nagusiak, ikerlariak aztertu nahi dituen gertaeraren baldintzak kontrolatu eta manipulatu dituela, interbentzio bat burutzen duela eta horrek eragindako aldaketak neurtzen dituela dira (Cohen et al., 2007).

Esperimentalean ez bezala, subjektuen ausazko esleipena tratamendu taldeetan ezin izan delako egin, ikerketa diseinu kuasiesperimentalak hautatu da. Titulazioa eta ikasketa hizkuntzaren arabera, aurretik definitutako taldeetan banatuta

daude ikasleak. Hezkuntza ikerketetan, klase taldeak mantendu behar diren kasuetan, diseinu kuasiesperimentalak aproposa da (Ary et al., 2010).

Ikerketa burutzeko eta tratamenduaren efektua alderatzeko, tratamendua (irakaskuntza metodo egokitua) jasoko duen talde esperimentalak eta kontrol taldea definitu dira. Konparaketa taldearen helburua, ikerlariak talde esperimentalean tratamendua aplikatuko ez balu, lortuko lituzkeen emaitzak zeintzuk izango ziren, ikustea da (Slavin, 2007). Honekin batera, tratamenduaren eragina talde esperimentalean neurtu daiteke, konparaketa erreferentzia oinarri moduan, kontrol taldearen datuak existitzen baitira.

Tesi honetan enuntziatu diren hipotesiak ikerketa kuasiesperimentalera egokitzeko, mendeko aldagaiak eta aldagai askea definitu behar dira. Aldagai askea ikerlariak manipulatu duen aldagaia da, hau da, irakaskuntza metodologia. Mendeko aldagaia, aldagai askea edo esplikatzailearen manipulazioaren ondorioz era adierazgarrian aldatzen den edo ez aztertzen den aldagaia da (Bluman, 2011), kasurako, ikasleen CAD modelo, multzo eta planoak eta talde lanaren adierazleak.

Estatistikoki aztertzeko, ikerketa diseinua zehaztu eta hipotesiak formulatzen dira ondoren.

4.4. Ikerketa diseinua

Behin ikerketa mota aukeratu denean, hipotesi bakoitzaren ebaluaziorako diseinu bat burutu da eta gauzatzeko egokiak diren instrumentuak aukeratu dira. Campbell et al. (1963) ikerketa diseinuentzako proposaturiko nomenklatura jarraitu da:

- X: aldagai esperimentalaren eraginpean dagoen taldea.
- O: behaketa edo neurketa prozesua.

Lehenengo hipotesian, H1, talde experimentalaren eta kontrol taldearen arteko ikasketa emaitzen desberdintasuna aztertu da, modelo, multzo eta plano mailan:

Taldea	Aurre-testa	Tratamendua	Test-ondoa
Esperimentala	O_{1E}	X	O_{2E}, O_{3E}, O_{4E}
Kontrol	O_{1K}	-	O_{2K}, O_{3K}, O_{4K}

4.2 Taula. Lehenengo hipotesiaren ikerketa diseinua

Taldeen arteko ikasketa emaitzen diferentzia aztertzeko, ikerketa instrumentu bezala hiru proba definitu dira: pieza baten modelaketa, multzo baten muntaketa eta multzo bateko pieza baten planoak. Irakasgaiako gai-zerrenda amankomunetik ondorioztatu diren probak dira (elkarrizketa erdi egituratu eta programa didaktikoen berrikuspenen bidez) eta CAD trebakuntza arloko ikerketan egiten diren proben antzekoak (Company et al., 2014b; Diwakaran eta Johnson, 2012; Hartman, 2003; Johnson eta Diwakaran, 2011b; Peng et al., 2012; Rynne eta Gaughran, 2007; Wiebe, 2003). Hiru proba hauen behaketak, irakasgaiaren plangintzaren arabera burutu dira, hau da, behin gaia landu denean proba burutu da.

Ikasleen esleipena ikerketa taldeetan ausazkoa izan ez denez, aurre-testa burutzea gomendagarria da (Slavin, 2007). Talde experimentalaren eta kontrol taldearen ikerketa abiapuntua finkatzeko, O_{1E} eta O_{1K} behaketak burutu dira. Lehenengo behaketan erabilitako instrumentua, pieza baten modelaketa proba izan da (4.5. Ikerketa instrumentuak atala ikusi), ikasleen CAD ezagutza mailaren desberdintasunak aurre-test batekin aztertzeko. Lehenengo behaketa irakasgai hasierako astean burutzen da.

Bigarren behaketan (O_2) lehenengoaren instrumentu bera erabiltzen da, pieza baten modelaketa, baina modelatu beharreko pieza desberdinarekin. Lehenengo behaketan erabilitako proba bera bigarren aldi batean errepikatzea bada, azken honen emaitzetan eragina izan dezake, “test effect” bezala ezagutzen dena (Ary et al., 2010). Proba berdina errepikatzen bada, bigarren proban emaitza hobetoagoak izatea ikasleek

proba ezaguna dutelako izan daiteke eta ez neurtu nahi den tratamenduarena. Horregatik, proba baliokideak erabiltzea gomendatzen da (Ary et al., 2010). Bigarren proba hau, CAD modelaketan oinarrizko ezagutzak lantzeaz bukatzen denean burutzen da, gai honetako trebakuntzaren efektua neurtu nahi delako. Talde esperimentalean, 7.aste inguruan ematen den behaketa da eta kontrol taldean, irakasleen programazio desberdintasunengatik, 7.-9. asteen artean.

Hirugarren behaketa (O_3) erabilitako proba, multzo baten muntaketa izan da eta laugarren behaketa (O_4), multzo bateko pieza baten plano egitea. Hirugarren behaketa talde esperimentalean 10.astean da, kontrol taldearentzat 9.-11.tartean ordea. Laugarren behaketa talde esperimentalean 13.astean da eta kontrol taldearentzat 13.-15. tartean.

Aurre-testean, taldeen arteko CAD modelaketan dauden desberdintasunak soilik aztertu dira, modeloen muntaketa eta hauetatik eratorritako planoen sorrerak CAD ezagutza aurreratuagoak direla kontsideratu baita. Azken hau, irakasgaiko plangintzek, bai PBL-koak bai ohikoak, konfirmatzen duten ikuskera da.

Ikerketa diseinu honetan lortutako behaketen datuak kodifikatu, sailkatu eta estatistikoki aztertu dira.

Bigarren hipotesian, H_2 , tratamenduak trebakuntzan nabarmentzen dituen kalitatezko CAD modeloaren atributuen erlazioa CAD modeloaren osotasunarekin aztertzen da:

Taldea	Aurre-testa	Tratamendua	Test-ondoa
Esperimentala	O_{1E}	X	O_{2E}
Kontrol	O_{1K}	-	O_{2K}

4.3 Taula. Bigarren hipotesiaren ikerketa diseinua

Lehenengo hipotesian lortutako lehenengo eta bigarren behaketako datuak erabili dira (modelo probarenak). Bigarren hipotesi honetan, tratamenduak nabarmentzen dituen kalitatezko CAD modeloen atributuen eragina modelo osoak lortzeko, aztertu nahi da. Hau da, berrikuspen bibliografikoak babesten dituen atributu hauetan sakontzeak, modelo osoen kopuruarekin erlazionatua ote dagoen ikusi nahi da.

Hirugarren hipotesian, H₃, proiektuetan talde lanaren eraginkortasun faktoreen garapena eta garrantzia ikusi nahi da:

Taldea	Aurre-testa	Tratamendua	Test-ondo
Esperimentala	O _{5E}	X	O _{6E}

4.4 Taula. Hirugarren hipotesiaren ikerketa diseinua

Tratamenduko proposamen didaktikoan, ikasleek, taldeetan diseinu proiektu bat jorratzen dute kurtsoan zehar. Talde lana era eraginkorrean burutzeko jarraibideak lantzen direnez, talde lana ardatzen duten faktore horien azterketa burutzen da. Talde esperimentaleko subjektuek, kurtso hasieran faktore horietaz galdetzen duen inkesta bat betetzen dute eta kurtso amaieran beste inkesta bat. Azken inkesta honetan, kurtsoan zehar garatutako proiektuan talde laneko faktoreen betetze maila eta garrantzia galdetzen dira. Kurtso hasieran bidaltzen den inkestaren antzekoa da, baina aurre-testak test-ondoan eragina eduki ez dezan, bi inkesten arteko denbora tarte zabalena aukeratu da (Ary et al., 2010).

Hipotesiaren ebaluazioa talde esperimentalera mugatu da, kontrol taldean proiektu edo CAD lana burutzen badute ere, ohiko metodologiak ez du talde lanaren trebakuntza espezifikokoaren beharra kontsideratzen. Ondorioz, kontrol taldea ezin da ikerketa diseinuan erabili.

4.5. Ikerketa instrumentuak

Ikerketa plangintzaren galdera garrantzitsu bat, datuak nola bilduko diren da (Cohen et al., 2007). Erantzuteko, ikerketa instrumentuak egokienak aukeratzen dira, hauek findu eta erabiltzeko prozedura definitu. Ondoren datuak jaso, prozesatu eta analizatzen dira. Ikerketa honetan erabili diren ikerketa instrumentuak: modelo probak, multzo probak, dokumentuak (planoak), inkestak, elkarrizketak eta behaketa zuzenak dira.

Modelo Probak

CAD modeloen egokitasuna neurtzeko, atributu zerrenda bat definitu da. Zerrendaren jatorria, saileko CAD irakasleen esperientzia eta 2. Esparru teorikoa atalean egindako ikerketa bibliografikoaren ondorioa dira. Rynne eta Gaughran-ek (2007) proposaturiko CAD modeloen atributuak oinarri bezala hartu dira, eratorritako ikerketetan (Johnson eta Diwakaran, 2010, 2011b, 2011a; Diwakaran eta Johnson, 2012; Peng et al., 2012) egindako aldaketak tesiaren kasuistikara egokituz. Bukatzeko, atributuen zerrendari argitasuna emateko, (Company et al., 2014b) proposaturiko kalitate dimentsioetan taldekatu dira atributuak.

CAD modeloetan neurtutako atributu zerrenda, bere neurketa eskalarekin, hurrengoa da:

D1. Modeloa osoa da (dikotomikoa)

D1a. Akats kopurua (dimentsio eta eragiketetan) (zenbaki osoa)

D2. Modeloa baliozkoa da. Modeloak ez du errore mezurik (dikotomikoa)

D3. Modeloa tinkoa da (dikotomikoa)

D3a. Zirriborroen erabateko definizioa (dikotomikoa)

- Zirriborroek kotak dituzte (dikotomikoa)

- Zirriborroek kotak faltan dituzte (dikotomikoa)
- Zirriborroek erlazioak faltan dituzte (dikotomikoa)

D3b. Modeloak aldaketak jasateko gaitasuna (dikotomikoa)

D4. Modeloaren laburra da (dikotomikoa)

D4a. Zirriborroan soberako edo elementu bikoizturik ez daude (dikotomikoa)

D4b. Eragiketa anizkunak. Eragiketa bat egiteko, eragiketa anitzak aukeratu. (dikotomikoa)

D4c. Eragiketa Kopurua (zenbaki osoa)

D5. Modeloa diseinu intentzioarekin bat dator

D5a. Modeloaren kokapena egokia (dikotomikoa)

D5b. Eragiketen egokitasuna. Eragiketa ez egokiak daude (dikotomikoa)

D5c. Eragiketa sekuentzia hoberenarekin bat etortzea (dikotomikoa)

Company et al.-ek (2014) seigarren dimentsio bat zerrendatzen du, modelo argia eta ulergarria izatea. Dimentsioa hau modeloaren historia zuhaitzeko eragiketei diseinu intentzioarekin bat datozen etiketak ezartzearekin erlazionatzen du. Talde esperimentalean, azken urtean landutako gaia izan denez eta kontrol taldean landu ez denez, neurtu gabeko dimentsio bat da eta ikerketatik kanpo geratzen utzi da. Etorkizunerako ikerketa lerro izan daitekeen gai hau, azken urteetan zenbait autoreek jorratu dute (Boujut eta Dugdale, 2006; Bracewell et al., 2009; Company et al., 2014a; Dorribo-Camba et al., 2013).

Bestalde, autoreen artean tasun edo “feature” definizioaren ulermena ez da berdina, adibidez, CAD aplikazio batzuek, modelaketa eragiketen edozein emaitza solido, tasun kontsideratzen dute eta honek tasun moduan kontsideratzen dena, ezberdin sailkatzera eramaten du. Era berean, CAD aplikazioen informazioaren gaztelerako itzulpenek, ez dute terminologia bateratu bat erabiltzen eta modeloak sortzeko “operacion” edo eragiketei erreferentzia egiten diete. Beraz, ikerketako

terminologia argitzeko, “tasunak sortzeko erabiltzen diren eragiketak” kontzeptua nabarmenduko da.

Aurreneko atributuan, D1 dimentsioan, modeloaren osotasuna aztertzen da. Jatorrizko piezaren forma eta tamaina erreproduzitzen duen zuzentasuna aztertzen da.

Modeloa baliozkoa izatea, hau da, programak errorerik ez ematea, D2-an neurtzen da. Solid Edge programak adierazten dituen erroreak modeloaren fitxategian dauden edo ez egiaztatzean datza.

CAD modelo batek sendotasuna eta malgutasunaren arteko oreka mantendu behar du aldaketak jasateko, baina jatorrizko diseinu intentzioa ez du galdu behar. Oreka hori, tinkotasuna moduan definitu da (D3 dimentsioa) eta bere barnean zirriborroaren erabateko definizio geometrikoa eta modeloak aldaketak jasateko duen gaitasuna aztertzen dira. Zirriborroaren definizio geometrikoa erabateko dela ziurtatzeko, kota eta erlazorik falta ez direla egiaztatu behar da. Solid Edge programan, koten erabilera erabiltzailearen aukeran dagoenez, atributua hau bereizi egiten da. CAD programa honek ostera, zirriborroetan erlazio automatikoak identifikatzeko aukera lehenetsia du, beraz, hauen erabilera zirriborroetan erabiltzailearen asmoa izatea, ez da koten kasuan bezain argia.

Bestalde, modeloak diseinu prozesuan eratorritako aldaketak jasateko duen gaitasuna aztertzen da. Modeloaren diseinu intentzioarekin bat datozen aldaketak burutzen ditu probaren zuzentzaileak eta modeloaren portaera hauen aurrean balioesten du.

Modeloaren laburtasunak (D4), modelaketaren efizientiaren neurri bat ematen du. Aztertzen diren bi aldagaiak, batetik zirriborroetan soberako elementuak edo bikoiztuak egotea eta bestetik eragiketa bat egiteko eragiketa anitzen aukeraketa dira. Modelo efizienteago batek ez ditu behar ez diren elementuak zirriborroetan eta eragiketa kopuru murriztagoarekin, baliozko modelaketa lortzen du. Eragiketen anizkunen erabilera eragiketa bakarrarekin posible dena egiteko, modeloaren historia zuhaitza beharrik gabe luzatu eta modelo korapilatsua bilakatzen du. Gainera,

eragiketa bat editatu beharrez gero, eragiketa bakarra aldatzea arinagoa da. Modeloaren dimentsio honen barruan, eragiketa kopurua neurtzen da, eragiketa kopurua eta beste atributuen arteko erlazioak bilatu asmoz.

Azken dimentsioan (D5), modelaketan, diseinu intentzioa kontutan hartu eta transmititzen den aztertu nahi da. Batetik, modeloaren sorreran aukeratutako eta erabilitako planoak aztertzen dira, Rynne eta Gaughran-ek (2007) eta ondoren bere ikerketa lerro jarraitu zuten ikerlariak (Diwakaran eta Johnson, 2012; Johnson eta Diwakaran, 2010, 2011a; Peng et al., 2012) aipatutako atributua da. Kokapen egokiak modelaketan (jatorrizko eta simetria planoen erabilerak), modeloaren ezaugarri simetrikoak mantentzen laguntzen du. Are gehiago, modeloa ez baldin bada planoetan ondo kokatzen, multzo bat muntatzeko modeloa erabiltzerakoan, seguruenik plano lagungarriak definitu beharko dira modeloaren muntaketa egokia ziurtatzeko.

Bestetik, modeloko eragiketen egokitasuna ebaluatu nahi da. Eragiketen aukeraketan eta modelaketan diseinu intentzioa kontutan hartzen den ikusi nahi da.

Eta azkenik, ikaslearen modelaketa prozesua eragiketa sekuentzia hoberenarekin duen konbergentzia aztertzen da. Eragiketa sekuentzia hoberenarekin (Allsop, 2009; Hartman, 2003; Hirz et al., 2013; Rynne eta Gaughran, 2007), diseinu intentzioa hobeto jasotzen duen eragiketa sekuentzia ulertzen da, aldaketak jasaterako orduan malgutasuna eskaini eta era berean modeloaren sendotasun geometrikoa mantentzen duenak. Modelaketa sekuentzia hobereana modeloa burutzeko erarik sinpleena da, era berean modelaketa ulergarria egiten du diseinu intentzioarekin bat datorrelako.

ESKALAK.

CAD modeloen atributu zerrenda estatistikoki aztertu daitekeen datu multzo bat izan dadin, atributuak aldagai bezala neurtu dira. Atributu bakoitzarentzat eskala egoki baten erabilera bilatu da. Aldagai gehienak eskala dikotomikoaz neurtzea aukeratu da, atributu hori modeloan topa daitekeen edo ez mugatuz. Beste ikerketa

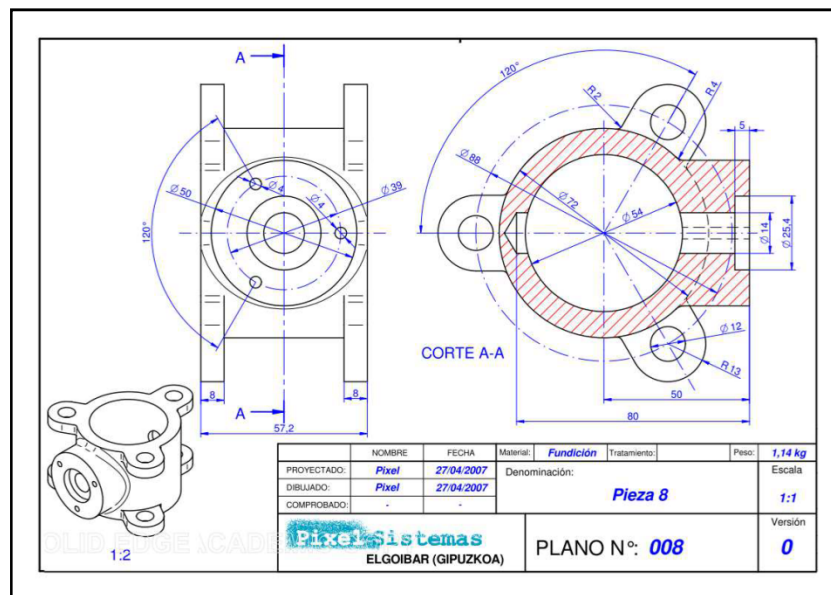
batzuetan egin den bezala (Diwakaran eta Johnson, 2012; Johnson eta Diwakaran, 2010, 2011b, 2011a; Peng et al., 2012) eskala dikotomikoa aproposena dela pentsatu da. Bi erantzunen artean mailak bereizten dituzten ikerketak badaude ere (Company et al., 2014b), modeloen analisisan, eskala hauen erabilerak subjektibotasun maila handiago bat ekar dezakeela uste da.

Aldagai nagusi batzuk beste azpialdagaiaren erantzunek definitzen dituzte, hala nola, D3a zirriborroen erabateko definizioa baiezkua izateko, zirriborroek kotak dituzte - Bai, zirriborroek kotak faltan dituzte - Ez, eta zirriborroek erlazioak faltan dituzte - Ez, erantzunek baldintzatzen dute. Kasu bera ematen da D4 (modeloaren laburtasuna) dimentsioarekin, D4 baieztatzeke, D4a (zirriborroan soberako elementuak) Ez, eta D4b (Eragiketa anizkunak) Ez, izan behar dute. Aldagai kuantitatibo bakarrak eta zenbaki osozko eskala batekin neurtuko direnak, eragiketa kopurua eta akats kopurua dira.

ZUZENKETA IRIZPIDEAK.

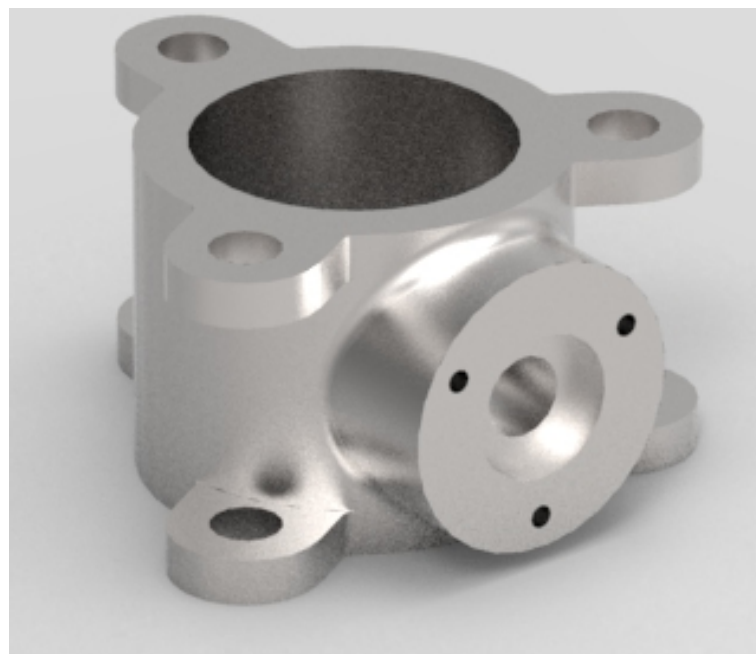
CAD modeloen proban, bi modelo erabili dira (8. Eranskinak atala ikusi). Emaitzen baliozkotasuna bermatzeko, aurre-testean eta test-ondoan proba baliokideak izan behar direla kontutan hartuz, zuzenketa irizpide berdinak erabili dira bi modeloentzat. Azalpenak ez luzatzeko asmoz, test-ondoko modeloen (bigarren modeloan) kasua aztertuz azalduko dira irizpideak, proba honetan jasoko baita irakaskuntza metodologiaren arteko desberdintasuna. Zuzenketa irizpideak nola zehaztu diren jakitea beharrezkoak diren kasuetan azaltzen dira.

D1 dimentsioan, modeloaren osotasuna ebaluatzen da. Inolako tresna zuzentzailerik erabili ezean, ikertzailearen zuzenketen emaitzek desberdintasun adigarria azaldu dute emaitzen bigarren berrikuspenean. Horregatik, modelo molde eme bat sortu eta zuzenketa Solid Edge-eko 'Verificar' erlaitzeko 'Evaluar' panel barruan dagoen 'Comprobar interferencia' aukera bidez burutu da (multzo bat sortzerakoan azaltzen den menuan). Interferentziak, nola azaltzen diren 4.3 Irudian ikusten da. Prozedura hau jarraituz, probetan erabilitako modeloen zuzenketen berrikuspenearen arteko diferentziak erabat murriztu dira.



4.1. Irudia. Modelo probaren bigarren plano (Test-ondokoa)

D2 dimentsioa ebaluatzeko, fitxategia irekitzerakoan eta Solid Edgeko historia zuhaitzean azaltzen diren ikurretan, ikusi daiteke modeloa baliozkoa den. Irekitzerakoan errorea ematen duten fitxategiak baztertuak izan dira. Solid Edgeko errore ikurrak azaltzen dituzten fitxategiak ordea, zenbakitu dira.

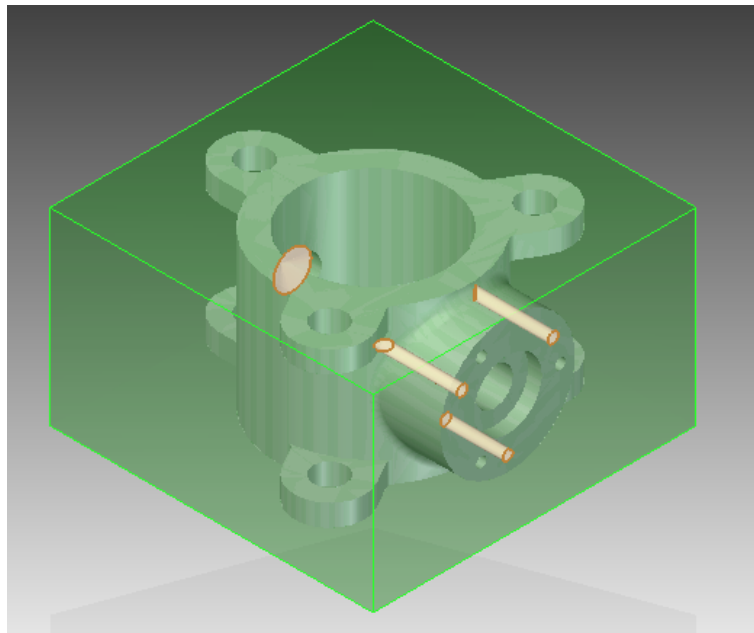


4.2. Irudia. Modelo probaren bigarren modeloa (Test-ondokoa)

D2 dimentsioa ebaluatzeko, fitxategia irekitzerakoan eta Solid Edgeko historia zuhaitzean azaltzen diren ikurretan, ikusi daiteke modeloa baliozkoa den. Irekitzerakoan errorea ematen duten fitxategiak baztertuak izan dira. Solid Edgeko errore ikurrak azaltzen dituzten fitxategiak ordea, zenbakitu dira.

Modeloaren tinkotasun dimentsioan (D3), lehenik, laginean jasotako modelo bakoitzaren zirriborroak banan-banan aztertu dira. Solid Edge programak, 2D-ko zirriborroen egoera ematen duen egiaztatzaile bat dauka, aktibatuz gero ('Verificar' erlaitzan, 'Evaluar' panelan, 'Colores de relaciones' aukera), zirriborroaren kolorea definizio mailaren arabera aldatzen da. Programak hurrengo kolore eskema lehenetsia du:

- Beltza : guztiz definitua
- Urdin iluna: azpidefinitu
- Laranja: gaindefinitua
- Grisa: inkoherentea



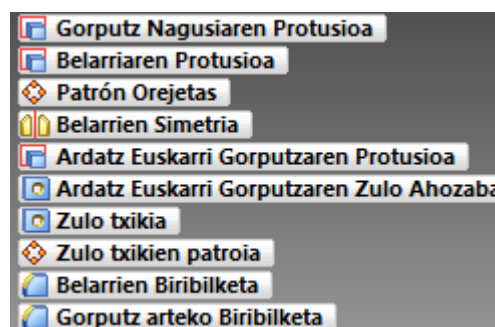
4.3 Irudia. Molde emearekin interferentziak.

Dimentsio berean, modeloak aldaketak jasateko gaitasuna neurtzeko, zuzentzaileak aldaketa batzuk burutzen ditu. Adibidez, bigarren modeloarentzat hurrengo kotak alda daitezkeela egiaztatzen da: 57,2; Ø54; Ø72; Ø12; Ø88.

D4 dimentsioaren barruan, zirriborroak eta eragiketak aztertzen dira modeloak laburtasun egokia duela ziurtatzeko. Zirriborroetan soberako elementuak edo bikoiztuak ez dituztela egiaztatzen da. Eragiketetan, eragiketa bakarrean egin beharko zena, ez dela bi eragiketa baino gehiagotan egiten berrikusten da.

D5 dimentsioan, aurrena CAD modeloak kokapen egokian daudela berrikusten da, jatorrizko planoak modeloaren simetria planoekin bat datozela ikusiz. Ondoren, modeloen eragiketak diseinua intentzioarekin bat datozen aztertzen da.

Azkenik, modeloaren tasunak definitzen dituzten eragiketa sekuentzia aztertzeko, diseinu intentzioarekin bat datorrena definitu behar da. Sekuentzia hobereana determinatzeko kidekoen berrikuspena erabili da eta Delphi metodoaren pausuak jarraitu dira (Ary et al., 2010): CAD-eko hiru adituek, adituen panela osatu dute (hiruek irakaskuntza eta esperientzia profesionala dute arlo honetan eta horietako bat Eskola Politeknikotik kanpo egiten du lan). Behin probaren helburuak eta aditu panela zehaztu ondoren, adituek proba burutu dute. Ikertzaileak probaren emaitzak aztertu eta dibergentziak identifikatzen ditu. Adituei bigarren aldiz egiteko aukera ematen zaie, beste partaidearen sekuentziarekin desberdintasunak azalduz. Honela, adituek hurrengo sekuentzia hobereana adostu dute bigarren modeloarentzat:



4.4 Irudia. Eragiketa sekuentzia hoberearen proposamena.

INSTRUMENTUAREN BALIOZKOTASUNA.

CAD proba, irakaskuntza metodologiaren CAD modelaketa ikasketa emaitzen desberdintasuna neurtzeko ikerketa instrumentu bezala erabili da. Instrumentu honen baliozkotasuna, bilatzen diren ikerketa helburuak lortzen diren mailan zehazten da. Horretarako CAD modeloetan neurtu behar diren atributuak finkatzeko, berrikuspen bibliografikoan (2.Esparru teoriko atalean, CAD modeloen atributuak ikusi) eta ikertzailearen eta bere ingurunearen esperientzia empirikoan oinarritu da. Lortutako atributu zerrenda, ikerketek babesten dute.

Probarako bi CAD modelo aukeratu dira (8. Eranskinak atala ikusi) test-efektua (“testing effect”) ekiditeko, hau da, ikerketa subjektuek test bera bitan burutzea, testean lortutako emaitzan eragina izan dezakeela baieztatzen dute zenbait ikerlariak (Ary et al., 2010). Test-ondoan irakaskuntza metodologiaren desberdintasunak teorikoki nabarituko direnez, bigarren probarako modelo moduan Wiebe-k (1999, 2003) ikerketetan erabilitako pieza aukeratzen da. Modeloa aurreko ikerketetan modelaketa desberdintasunak ikertzeko erabiltzeak, baliozkotasun maila aproposa ziurtatzen du. Aurre-testarentzat, lehenengo modeloan oinarritutako proba baliokidea diseinatu da. Zailtasun maila antzekoa bilatu da eta probarako modeloaren egokitasuna bi adituen oniritzia izan du.

CAD modeloen zuzenketa eskalak eta irizpideak finkatzeko eta atributuak zehazteko objektibotasuna bilatu da. Eskalen kasuan, nagusiki eskala dikotomikoaren erabilera itzuli da hori. CAD modeloen sekuentzia hobereana zehazteko Delphi metodoaren urratsak jarraitu dira. Metodo desberdinez jasotako datuen baliozkotasuna nabarmenki handitzen da Delphi metodoa erabiliz (Danos eta Norman, 2011). CAD modeloen zirriborroen guztizko definizioa egiaztatzeko, Solid Edge-k automatikoki ‘Colores de relaciones’ aukera aktibatuz gero egin dezake. CAD modeloen diseinu zuzentasuna ebaluatzeko, molde eme bat sortu da eta Solid Edge-en ‘Comprobar interferencia’ aukerarekin interferentziak automatikoki azaltzen dira.

Multzo Proba

Proba honetan, multzo mekaniko baten muntaketa CAD-eko software batean aztertu da. Branoff et al.-ek (2003) EEBBetako zenbait enpresetan burututako inkestan, CAD gaien artean interes handikoena, multzoen muntaketa azaldu zen. CAD modeloetan bezala, multzo muntaketaren egokitasuna eta diseinu intentzioa adierazteko gaitasuna ebaluatu nahi da. Aurreko proban egin den moduan, multzoaren atributuak Company et al.-ek (2014b) proposaturiko dimentsioetan sailkatu dira:

M1. Multzoa osoa da (dikotomikoa)

M2. Multzoa baliozkoa da (dikotomikoa)

M3. Multzoa tinkoa da (dikotomikoa)

M4. Multzoa laburra da (dikotomikoa)

M4a. Erlazio kopuru egokiarekin mugatutako piezen zenbatekoa (zenbaki osoa)

M5. Multzoa diseinu intentzioarekin bat dator

M5a. Multzoaren hasierako pieza (dikotomikoa)

M5b. Muntaketan diseinu intentzioarekin bat datozen erlazioak erabiltzea (dikotomikoa)

M5c. Piezen muntaketa sekuentzia diseinu intentzioarekin bat dator (dikotomikoa)

Company et al.-ek (2014b) seigarren dimentsio bat zerrendatzen du, multzoa argia eta ulergarria izatea, hau da, multzoa ondo organizatua egotea (dokumentuak eta karpetak izendatuak egotea). Probaren kasuistikak, azken dimentsio honen neurketa bideragarria ez izatera eramaten du, izan ere, muntaketa proba burutu dezaten, ikerketa subjektuei piezen modeloak multzo planoarekin batera karpeta batean ematen zaizkie.

Probako lehenengo dimentsioan, M1-an, multzoko pieza guztien erabilera muntaketan egiaztatzen da. Kokapen egokia badute eta elkarrekin interferentziarik ez badago, multzo osoa kontsideratzen da. Dimentsio berean, muntaketa sekuentzian falta diren pieza kopurua ere zenbakitu da, osoak ez direnen artean piezen faltak duen intzidentzia jakiteko.

M2 dimentsioan, multzoa baliozkoa kontsideratzeko, multzoak eta erlazonatutako fitxategiek ez dutela errore mezurik eman behar.

Multzoaren tinkotasuna, M3-a, multzoaren mugimenduak izan beharko zirenen parekotasuna lortzen den heinean neurtzen da.

M4-an, multzoa laburra dela kontsideratzeko multzoko piezen arteko erlazio kopurua aztertzen da. Multzoaren erlazio kopurua optimizaturik badago bere funtzionaltasuna mantenduz eta erlazio kopurua ezin bada nabarmenki jaitsi, multzoa laburra dela esango da.

Azkeneko dimentsioan, M5-a, multzoa diseinu intentzioarekin bat datorren aztertzen da. Horretarako, muntaketa sekuentziaren hasiera, multzoaren pieza finkotik hasten den ikusten da. Solid Edge programak, multzoen muntaketan aurreneko pieza finkotasun erlazioa ematen dio. Bestalde, dimentsio berean, muntaketan diseinu intentzioarekin bat datozen erlazioak erabiltzen diren egiaztatzen da. Hau da, piezen arteko erlazioak aukeratzeko orduan, lehenetsuna diseinu intentzioarekin bat datozei ematen zaion ikusten da. Azkenik, piezen muntaketa sekuentzia diseinu intentzioarekin bat datorren egiaztatzen da.

ESKALAK

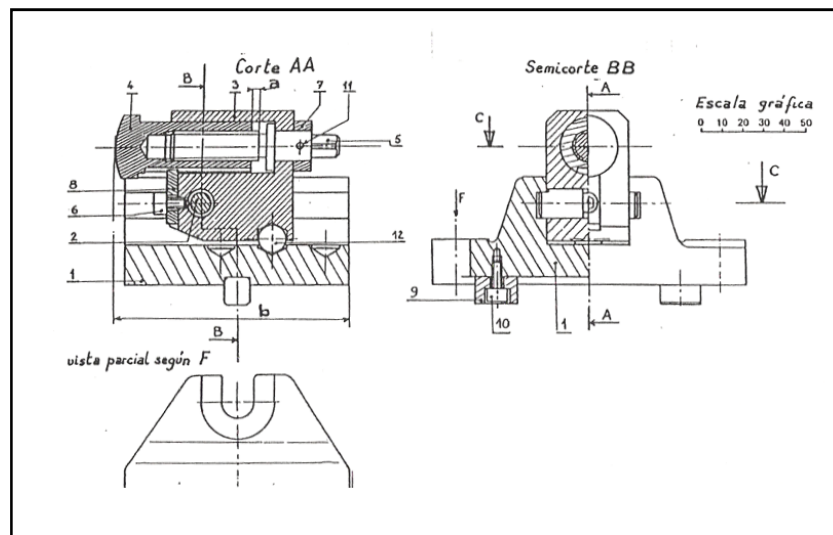
CAD modeloen atributuen neurketan bezala, eskala dikotomikoak aukeratu dira aldagai kualitatiboentzat. Zuzenketa irizpideen argitasuna bilatu da eskalaren aplikazioa ikerlari eta ikuskatzaileentzako zalantzarik gabekoa izan dadin.

Aldagai kuantitatiboetan zenbaki osozko eskalak erabili dira, besteak beste falta diren pieza kopurua, multzoaren erlazio kopurua eta piezen erlazio gain-mugatuak kopurua aldagaietan.

ZUZENKETA IRIZPIDEAK

Multzoa muntatzeko proban, ikerketa subjektuei multzo plano eta multzoa osatzen duten piezen modeloak (fitxategiak) eman zaizkie. Multzo plano aztertuz, muntaketa sekuentzia determinatu eta burutu behar dute, piezen arteko erlazioak kontutan izanik. Azkenik, sortutako multzoaren fitxategiak entregatu behar dituzte.

Zuzenketa burutzeko, M1 dimentsioan, multzoaren osotasuna aztertzen da. Piezek kokapen egokia badute eta elkarrekin interferentziarik ez badago, multzo osoa kontsideratzen da. Horretarako fitxategiak banan-banan behatu behar dira. Dimentsio honetan, falta diren pieza kopurua zenbakitzeko historia zuhaitza aztertu egiten da.



4.5 Irudia. Multzo muntaketarako planoak.

M2 dimentsioan, multzoa baliozkoa kontsideratzeko, multzoak eta erlazonatutako fitxategiek ez dute errore mezurik eman behar programa irekitzerakoan. Multzo ez baliozko bezala zenbatuko da, edozein errore badu.

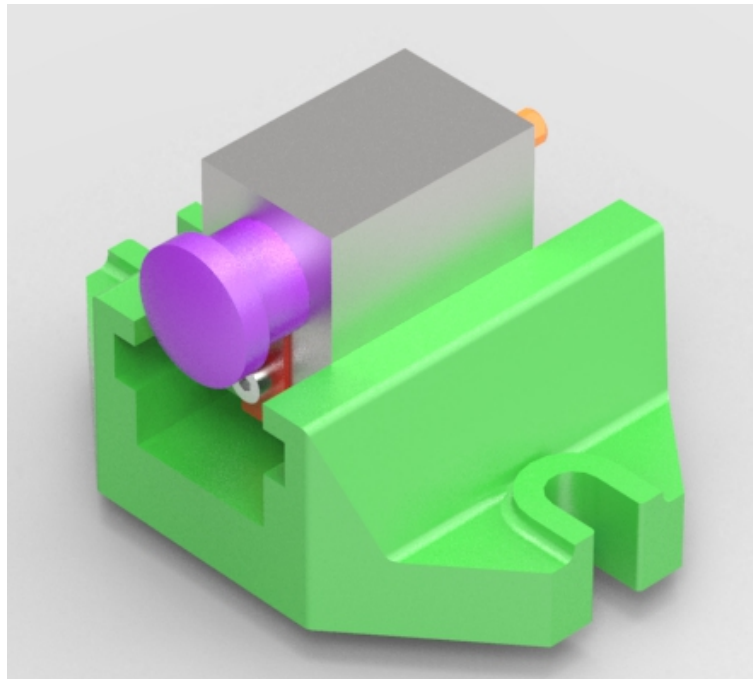
Multzoaren tinkotasuna dimentsioan, M3-an, multzoaren mugimenduen egokitasunean neurtuko da. Hau da, piezen arteko erlazioek multzoak onartzen dituen mugimenduak kontutan izan behar dituzte. Dimentsio hau konprobatzeko, 3, 4 eta 5 markako piezei mugimendu librea eragiten zaie (“Arrastrar componente” Solid Edgeko aukera bidez).

M4-an, multzoaren laburtasuna ebaluatzen da. Multzoaren erlazio kopurua optimizatua badago bere funtzionaltasuna mantenduz eta erlazio kopurua ezin bada nabarmenki jaitsi, multzoa laburra dela esango da. Beharrezkoak dituen erlazio kopuru minimoarekin multzoaren muntaketa egin den ikusten da. Horretarako multzoaren erlazioa kopuru hobereana enpirikoki finkatu da. Delphi metodoaren urratsak jarraituz, CAD aditu panelak, hobereana 24 erlazioetan finkatzen du. Solid Edge-k piezen arteko erlazioak ezartzeko eskaintzen dituen erlazio aukera bateragarriengatik, kopuru minimo onargarri tartea 21-26 bitartean finkatu da.

Adituek pieza baten kokapena muntaketan, finkoa bada, hiru erlazioekin gehiengoz definitzen dute. Erlazonatutako beste piezekin mugimendu erlatiboa badu ordea, hiru erlazio baino gutxiagora jaisten dute kopurua. Aurrekoa kontutan izanik, dimentsio honetan, erlazio kopuru egokia duten piezak zenbatzen dira, gain edo azpi-mugatuak dauden pieza kopurua aztertuz.

Azkeneko dimentsioan, M5-a, multzoa diseinu intentzioarekin bat datorren aztertzen da. Horretarako, muntaketa sekuentziaren hasiera, multzoaren pieza finkotik (oinarritik) hasten den ikusten da. Solid Edge programak, multzoen muntaketan aurreneko pieza finkotasun erlazioa ematen dio. Bestalde, dimentsio berean, muntaketan diseinu intentzioarekin bat datozen erlazioak erabiltzen diren konprobatzen da. Hau da, piezen arteko erlazioak aukeratzeko orduan, lehentasuna diseinu intentzioarekin bat datozenei ematen zaion ikusten da. Adibidez, multzoko 4 piezaren erlazioak ezartzeko, mugimendu axiala duela kontutan eduki behar da eta

mugimendu horrek zer eragin eta zuzentzen duen. Kasu honetan 5 piezaren biraketak, 4 piezaren translazioa dakar, beraz 4 eta 5 piezen ardatzek bat etorri behar dute (“alineación axial” erlazioa) eta 8 piezak 4 piezaren artean sartuz eta gainazalen kontaktuaren bidez 4 piezaren mugimendua gidatzen du (“coindir” erlazioarekin).



4.6. Irudia. Multzo muntatua Solid Edgen

Bukatzeko, piezen muntaketa sekuentzia diseinu intentzioa jarraitzen duen neurtzen da. Adituek hobesten duten muntaketa sekuentzian, hurrengo pieza taldeak eta ordena ikusi daiteke:

- 1 piezarekin hasten da.
- 1 piezaren ondoren lehenengo 9 eta gero 10 piezak jarraitzen diote.
- 2 piezak 1 eta 3 piezen lotura egiten du.
- 3 piezaren ondoren 5 (8-a baino lehen beti), 7 eta 11 (7-a ondoren) muntatzen dira.
- 3 pieza ondoren lehenengo 8 (5-a eta gero), 6 pieza eta 4 pieza muntatzen dira.
- 3 pieza ondoren 12 pieza muntatzen da.

Zuzenketak ikerlariak burutzen ditu eta bi CAD adituek, ausaz esleitutako zenbait muntaketaen zuzenketaen berrikuspena burutzen dute. Honela, zuzenketaren alborapenak ekidin eta irizpideen bateratasuna bilatu da.

INSTRUMENTUAREN BALIOZKOTASUNA

CAD multzoaren proba, muntaketa prozeduraren desberdintasunak neurtzeko baliozko instrumentu moduan aukeratu da. Multzoaren muntaketa neurtzen diren atributuak berrikuspen bibliografikoan dute jatorria. Aukeratutako CAD multzoa, urteetan irakasgaien muntaketa estrategian sakontzeko erabili den ariketa da, beraz, baliozkotasuna aurreko erabilerak bermatzen du.

Zuzenketa objektibotasuna bilatu asmoz, eskala dikotomikoak aukeratu dira nagusiki zuzenketa irizpideen aplikazioa erraztuz. CAD modeloekin egin bezala, muntaketa sekuentzia hoberena zehazteko Delphi metodo erabili da. Ikerlariak jasotako laginaren ausazko azpi-lagin bat adituengatik zuzendua izan da, zuzenketaren objektibotasun maila altuena bilatu asmoz.

Dokumentuak (Planoaren Proba)

CAD erabiltzeko gaitasunaren emaitza neurgarri baten moduan CAD modeloetatik eratorritako planoen sorrera kontsideratu da. Ingeniaritzako ohiko jarduerak planoen irakurketa, interpretazioa eta adierazpena dira. Are gehiago, diseinu plano bat aldatzea CAD modeloaren aldaketaren bidez, jarduera zaila suertatu daiteke ingeniariarentzat (Peng eta Trappey, 1996). Horregatik ikasketa emaitza moduan ebaluatzeko proba bat diseinatu da.

Planoan landuko diren adierazleak, beraien neurketa eskalarekin, hurrengo zerrendan zehazten dira:

P1. Piezaren interpretazio geometriko zuzena (politomikoa)

P2. Marrazketa arauen arabeko Piezaren adierazpen zuzena

P2a. Eskala egokia aukeratu da (dikotomikoa)

P2b. Bista egokiak aukeratu dira (politomikoa)

P2c. Ebakidura eta sekzio egokiak erabili dira (politomikoa)

P2d. Ardatzen adierazpen zuzena (politomikoa)

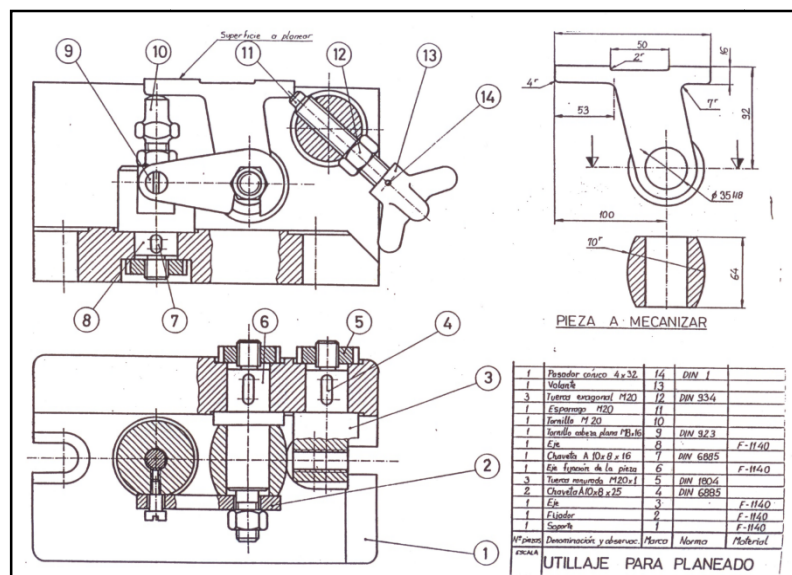
P2e. Kotatze zuzena da (politomikoa)

P2f. Perdoiak zuzenak dira (politomikoa)

P2g. Gainazal Akaberak egokiak dira (politomikoa)

P2h. Perspektiba isometrikoa erabili da (dikotomikoa)

P3. Adituen irizpideekin ezarritako nota planoari (zenbakizkoa)



4.7 Irudia. Plano probako planoia

Proba, pieza baten planoak lortzeko diseinatu da, baina probaren jardura segidak, jardura gehiago egin beharra inplikatu du: Ikerketako subjektuak multzo plano bat jasotzen du, eskatu den pieza interpretatu du, piezaren modeloa diseinatu du eta modelotik marrazketa arauen arabera piezaren planoak sortzen du.

Lehenengo dimentsioan, P1-ean, multzoaren irakurketa zuzena aztertzen da. Ikerketa subjektuak multzo planoko pieza bat modelatu behar du, ondoren bere fabrikazio planoak sortzeko. Dimentsio honetan modeloaren interpretazioa ebaluatzen da, modelo osoa den edo akatsak dituen zehazten delarik.

P2 dimentsioan, arauen arabera adierazpen zuzena ikusten da. Modelotik ikerketako subjektuak sortu duen planoak aztertzen da. Aurrena, planoaren eskala P2a egokia den modeloaren adierazpenerako ebaluatzen da. P2b, bista egokien erabilera buruzkoa da, hau da, bistak aukeratzeko bista kopuru minimoa baino nahikoak eta argitasuna eta sinpletasuna irizpide moduan erabili diren kontsideratu da. P2c-n ebakidura eta sekzio egokiak erabili diren pieza guztiz definitzeko aztertzen da. P2d ebaluatzearen arrazoia, piezaren adierazpen zuzenak eskatu dituen ardatzak marraztu behar direlako da. Solid Edge-k berez zehazten ez dituen, planoak burutzen ari den subjektuaren esku geratu da hauen adierazpena.

Hurrengo adierazlean planoaren kotatze zuzena aztertzen da, P2e. P2f-n perdoiak eta P2g-n gainazal akaberen arauetako egokitasuna aztertzen da. Bukatzeko, perspektiba isometriko planoaren zehaztapenean sartu den edo ez ikusten da P2h-n, piezaren irudikatzean eta planoaren ulermenean lagungarri izateko.

Azkenengo dimentsioan, P3-n, adituen irizpideekin ezarritako nota planoari jasotzen da.

ESKALAK

Planoaren proba zehaztu den atributu zerrenda kontutan izanik, atributu gehienak neurtzeko eskala proposena politomikoa dela kontsideratu da. Atributu

eskala dikotomikora mugatuz gero, akatsa duten planoen arteko desberdintasunak ezingo ziren hauteman. Horregatik, atributuaren onargarritasuna mugatuko duen erdibideko eskala bat hautatu da. Adibidez, elementu errepikakorrak dituzten atributuak, kotak esaterako, bi akats baino gehiago izatea limite bezala ezarri da.

Eskala dikotomiko berriz, eskala egokia edo perspektiba isometriko planoan sartzea bezalako atributuak ebaluatzeko erabili da. Bertan bai/ez eskala baten bidez atributua era argi batean neurtzen da, atributuak ez duelako erdibideko aukerarik ematen.

Azkenik, ikerketa subjektuen planoetako adituen irizpideak jarraituz ezarritako notaren eskala zenbakizkoa izan da.

ZUZENKETA IRIZPIDEAK

Zuzenketak burutzerako orduan, atributuan eskala mailakatua erabili da atributuen kategorizazioa errazteko. Datuen tratamenduan aipatu bezala, planoek ikerlariak gain, beste zuzentzaile baten berrikuspena jasaten dute. Objektibotasuna bilatu nahian, ikerlari eta zuzentzaileen arteko zuzenketen desberdintasunak txikitzeko zuzenketa irizpideen argitasuna funtsezkoa da. Gainera, Euskal Herriko Unibertsitateko beste ikastegi batean sortutako pieza berdinen planoak, txantilo bezala erabiltzen da zuzenketak burutzeko (8. Eranskinak atala ikusi).

P1-ean, piezaren interpretazio geometriko zuzena neurtzeko, hiru mailatan sailkatuko da modeloaren azterketa: (1) modelo osoa dela, (2) modeloak akatsak ditu eta (3) modelo nulua da.

Arauen araberako piezaren adierazpen zuzena planoan, P2-an, lehenik, planoaren bistak eskala egokian adierazita daudela ziurtatuko da (P2a –bai/ez). P2b eta P2c-n, bista egokien aukeraketa eta ebakidura eta sekzio egokien erabileran, hiru mailetako sailkapena erabili da: (1) bista, ebakidura eta sekzio egokiak aukeratu dira, (2) bista, ebakidura eta sekzioak bi akats edo gutxiago dituzte eta (3) bista, ebakidura eta

sekzioen aukeraketak ez du bere izana betetzen. Akatsen jatorria, adierazpen grafiko irakasgaiko planoen zuzenketetan ohikoak diren akatsak dira, esaterako, ebakiduren marradura ez erabiltzea, bisten kokapen okerra,... besteak beste.

Ardatzen adierazpen zuzena (P2d), kotatze zuzena (P2e), perdoiak (P2f) eta gainazal akaberak (P2g) hiru mailatan sailkatzen dira: (1) adierazlearen zuzentasuna osoa da, (2) adierazleak hiru akats edo gutxiago ditu eta (3) adierazlea ez da aurreko baldintzetan betetzen. Erdiko sailkapenak adierazlearen elementuen falta edo adierazpen okerra kontsideratzen du eta akats kopurua hiru elementu edo gutxiagoetara mugatu da, planoaren akatsen onargarritasun muga bertan jarri delarik.

P2h-n perspektiba isometrikoaren erabilera eskala dikotomikoaz neurtzen da (bai/ez).

P3 dimentsioa, adituen irizpideak jarraituz planoari jarritako nota aztertzen da. Adituek nota hurrengo puntuazioaren bidez determinatzen dute:

- Modeloa geometrikoki ez badago ondo definitua, nota 5 puntu baino baxuagoa izan behar du edozein kasutan.
- Eskala egokien erabilera, 1 puntu.
- Bista egokien erabilera, 1,5 puntu.
- Ebakidura eta sekzioak, 1,5 puntu.
- Ardatzak, 1 puntu.
- Planoaren kotatzea, 3 puntu.
- Perdoiak, 1 puntu.
- Gainazal akaberak, 1 puntu.

Erdiko eskala guztiak, aldagaiko puntu totalen erdia balio dute, adibidez, bi kota baino gehiago faltatzea, kotatzean 1,5 puntu izatea dakar.

Kontutan izan behar da adituekin adostutako balorazio sistema honetan, geometrikoki erabat ez definitutako piezen nota beti ere 5 bat baino baxuagoa izango dela, nahiz eta atalen puntuazioaren baturak nota hobea eman.

INSTRUMENTUAREN BALIOZKOTASUNA

Planoaren proba, CAD ikasketa emaitza neurtzeko baliozko instrumentu bezala erabili da. Probaren hasiera, multzo planoaren irakurketak ematen dio, ohiko jarduera ingeniari dena eta modelo kognitiboa sortzeko, beharrezko gaitasuna dena (Rynne eta Gaughran, 2007). Multzo planoaren zailtasun maila, irakasle batek eta ikerlariak hautatutako izan da, ikasleen ikasketa emaitzak ebaluatzeko aproposa. Multzoa interpretatu ondoren, ikasleek multzoko pieza baten modeloa eraiki eta planoak sortzen dute.

Instrumentuaren baliozkotasuna 2009-2010 ikasturtean burututako aurre-ikerketan batean frogatu zen, non emaitzak, instrumentuaren baliagarritasuna ikasketa emaitzak neurtzeko babesten zuten. Bestalde, multzo planoak hau, marrazketa teknikoko ikasketetan planoen adierazpena lantzeko erabili ohi da.

Eskala eta zuzenketa irizpideen finkapena, objektibotasuna bilatuz egin da. Eskala dikotomikoaren ordean, planoaren kasuan, erdi mailako eskala bat erabili da onargarritasun maila zabaltzeko. Zuzenketaren desbideratzeak eragotzi asmoz, ikerlariak eta beste zuzentzaileak, Euskal Herriko Unibertsitateko beste ikastegi batean sortutako pieza berdinen planoak, txantilo moduan erabili dute zuzenketak burutzerakoan.

Inkestak

Irakasgaiaren jarraipena eta balorazioa egiteko ohiko instrumentua bada ere, irakasgai talde lanari buruzko gaitasunaren ikerketarako erabili diren inkestak aztertuko dira ondoren. Erabili diren inkesta sorta hurrengoa da:

- Talde lanari buruzko aurreko esperientzia inkesta
- Taldean hobetu daitezkeen aspektuei buruzko inkesta
- Jardueren ondorioz landutako talde lanaren esperientziari buruzko inkesta
- Ikasketa hurbilketari buruzko inkesta

Inkesta hauek talde lan eraginkorraren faktoreak aurre-ondo test diseinu moduan aztertzeko aukeratu dira. Era berean, erantzun irekiko galderak, talde lanean landutako faktoreen interpretazioa bideratzen laguntzen dute era kualitatibo batean. Literatur berrikuspenaren oinarrituta (2.7 Talde lana eta talde estrategia didaktikoak puntua) eta irakasgaiaren testuinguruan baldintzatuta, talde lan eraginkorrari buruz ikerlari desberdinek proposaturiko faktoreen artean 14 aukeratu dira. Faktore aukeraketa orekatu bat bilatu da, eraginkortasunean eragina duten faktore desberdinak baneratu asmoz. Faktoreak bi taldeetan banatu dira, barne funtzionamendu eta erlazio faktoreak (8) eta proiektu antolaketa eta kudeaketa faktoreak (6), hurrengo zerrenda osatuz:

T1. Barne funtzionamendu eta erlazio faktoreak

T1a. Rol en esleipena

T1b. Talde arauak

T1c. Erabaki hartzea, adostasuna

T1d. Taldekideen aniztasuna

T1e. Helburu komuna

T1f. Komunikazio egokia

T1g. Giro atsegina

T1h. Errespetua, konfiantza

T2. Proiektu antolaketa eta kudeaketa faktoreak

T2a. Ohiko bilerak

T2b. Proiektuaren plangintza

T2c. Lanaren bidezko banaketa

T2d. Proiektuaren jarraipen eta ebaluazioa

T2e. Zereginen egitea

T2f. Taldekideen indarra kontsideratuz zereginen esleipena

ESKALAK ETA DATU BILKETA

Talde lanari buruzko aurreko esperientzia inkesta, ikasleen talde lanari buruzko abiapuntua finkatzeko inkesta da. Irakasgaiaren hasieran bete beharreko inkesta honetan, ikasleek aurreko irakasgaietan izandako esperientzia talde lanari buruz deskribatu behar dute (erantzun irekia), hau da, aurreko irakasleak erabilitako teknika edo estrategiak eta nabarmendutako aspektuak komentatu behar dituzte. Era berean, 10 puntutako eskalaren bidez beraien asebetetze maila eta talde lan eraginkorrari buruzko ezagutzak baloratu behar dituzte eta talde lan eraginkor baten gakoak komentatu behar dituzte (erantzun irekia). Azkenik, aurreko esperientzian talde laneko 14 faktoreen betetze maila zehaztu behar dute 5 puntutako Likert eskalaren bitartez. Likert eskalaren hegaleko balioek adostasunaren muturrak azaltzen dituzte, 5 puntutako Likert eskala batentzat, 1 balioak erabateko desadostasuna adierazten du eta 5 balioak erabateko adostasuna.

Taldean hobeto daitezkeen aspektuei buruzko inkesta, proiektuaren garapenaren erdialdera pasatzen den inkesta da. Inkesta honen helburua, talde desberdinen indarrak eta hobekuntza aukerak antzematea da. Horretarako ikasleei erantzun ireki bidez, taldeak talde lanean ondo burutzen dituen 2-3 aspektu eta hobetu ditzakeen 2-3 aspektu komentatzea eskatzen zaizkie.

Jardueren ondorioz landutako talde lanaren esperientziari buruzko inkesta, proiektuaren bukaeran betetzen den inkesta da. Hasierako inkestan antzera, irakasgaiari buruzko esperientzia deskribatu behar dute (erantzun irekia). 10 puntutako eskalaren bidez, beraien asebetetze eta ezagutza mailak baloratu behar dituzte eta talde lan eraginkor baten gakoak komentatu behar dituzte (erantzun irekia). Aukeratutako talde lanaren 14 faktoreak bi ikuspegietatik, betetze maila eta talde lan eraginkorrean duten garrantziarengatik, 5 puntutako Likert eskala batekin

baloratzen dituzte. Azkenik, taldearen talde lana ebaluatzea eskatzen zaie (10 puntuetako eskala).

Ikasketa hurbilketari buruzko inkesta, jarduera programa (10 puntuko eskala) eta irakaslearen jarraipenaren ebaluatze inkesta da. Hau ere, proiektuaren bukaeran pasatzen den inkesta da eta Heylen et al.-ek (2008) proposaturiko itemetan oinarritzen da.

INSTRUMENTUAREN BALIOZKOTASUNA

Inkestak, erantzun irekiak eta itxiak jasotzeko diseinatu dira. Erantzun irekiko galderak, talde lanean landu diren faktoreen interpretazio kualitatiboa errotzen duen informazioa jasotzeko planteatu dira. Erantzun ireki hauek jaso, aztertu, kodifikatu eta sailkatu egin dira informazioaren erabilgarritasuna handitu asmoz.

Erantzun itxietako galderak, aukeratutako talde laneko faktore zehatzaren balorazio pertsonala lortzera bideratu dira. Azken hauetan, Likert eskalaren erabilera ohikoa da, nahiz eta Likert eskalen puntu kopuruaren determinazioan eztabaida ugari bada ere (Cummins eta Gullone, 2000; Dawes, 2008; Norman, 2010). Ary et al.-ek(2010) iradokitzen duen aukera neutrala erabiltzen dituzten eskalen alde egin da, hau da, inkesta erantzuten duenari erdiko balio bat eskaintzen dituzten eskalak aukeratu dira, 5 puntuetako Likert eskalak.

Talde lanaren eraginkortasuna neurtzeko aukeratu diren faktore zehatzen baliozkotasuna, talde lanaren etekina neurtzeko berrikuspen bibliografikoan aurkitu diren ikerketetan frogatuta daude. Faktore hauen ikerketa diseinua aurre testa eta test ondoan oinarritzen da. Bestalde, faktoreen betetze maila ez ezik, faktore horien garrantzia talde lanaren eraginkortasunean baloratzea eskatzen zaie ikasleei, beraien ikuspuntua jasotzeko hainbat ikerketetan egiten den moduan (Johnson eta Ulseth, 2014).

Elkarrizketak

Elkarrizketak, ikerketaren datu esanguratsuak biltzeko baliozko instrumentua da (Cohen et al., 2007). Ikerketa honetan jasotako datuen ulermenean sakontzeko, interpretazio kualitatiboan lagunduko duen informazio gehigarria lortzeko elkarrizketak erabili dira. Elkarrizketa diseinuko bi muturretatik, egituratua eta ez egituratua, erdibideko aukera hautatu da. Elkarrizketa erdi egituratua, intereseko gaiko galderak proposatzen dira, baina elkarrizketatzaileak elkarrizketa burutzean formatua edo galderak aldatu ditzake (Ary et al., 2010). Orokorrean, erantzun irekiak ahalmentzen dituzten galderak planteatzen dira, aztertzen den gaiaren ulermenerako garrantzizko aspektuak bilatuz.

Ikerketa honetan, elkarrizketa erdi egituratua kontrol taldea eta talde esperimentalaren arteko planteamendu didaktikoaren metodologiaren arteko desberdintasunak azalarazteko erabili da. Landa ikerketaren iraupenean, izandako kontrol taldeko irakasleak elkarrizketatu dira.

Elkarrizketa erdi egituratuetan, egituratuak bezala, emaitza azkarrak lortzeko abantaila dute eta ikerlariak gaiaren inguruko jakitea aurretik duenean erabiltzeko aproposa da (Trimble, 1989).

BALIOZKOTASUNA

Autore batzuk tresna kualitatiboaren baliozkotasuna eta fidagarritasunari buruz aritzeak zentzu handiegirik ez duela badiote, aztertu nahi den gaiari buruz jasotako informazioaren baliozkotasuna areagotzeko zenbait neurri hartu dira: informazioaren objektibotasuna elkarrizketaren baliozkotasuna markatzen duena denez, elkarrizketatuen jarrera aldekoa izan bada ere, informazioa erkatu egin da. Horretarako, zenbait galdera gako denbora epe batera errepikatzen dira eta beste irakasleek duten informazioarekin parekatu. Era berean, gaizki ulertuak eta egokitasun faltak, elkarrizketan tentuz argitzen dira. Iraupena eta galdera kopurua kontrolatu dira,

elkarrizketa alperrik ez luzatzeko asmoz eta elkarrizketa jarraitua eta lasai baimentzen duen ingurua bilatu da.

Bestalde, elkarrizketan jasotako informazioaren fidagarritasuna zalantzan jar ez dadin, elkarrizketaren egitura aurretik lantzen da. Galderak era argi eta bikoiztasun gabe formulatzea bilatzen da eta era aseptiko batean galdetzen dira, elkarrizketatzailearen eragina eragozteko. Elkarrizketatuari pentsatzeko behar duen denbora eta beharrezko argibideak ematen zaizkio.

Behaketa zuzenak

Behaketa, ikergairen inguruan gertatzen denari buruzko erregistro eta idazpenak jasotzean oinarritzen den jardura pasiboa da (Hartman, 2003). Behaketa zuzenean, ikerlariak ez du jardueran parte hartuko eta jardura ahalik eta gutxien etengo du, ikertuaren zereginean eraginik ez izateko.

Ikerketa honetan behaketa zuzena ikergaiari buruzko informazio gehigarria lortzeko erabili da. Tresna kuantitatiboen bidez lortutako emaitzen interpretazio proposamenak behaketa bezalako instrumentuek hornitutako informazioan dute sostengua. Ikerlari ugari dira behaketa ikerketa instrumentu moduan erabili dutenak CAD ezagutzari buruz sakontzeko (Bhavnani et al., 1999; Hartman, 2003; Johnson eta Diwakaran, 2011a; Peng et al., 2012; Rynne eta Gaughran, 2007). CAD jarduerak egiterako orduan, ausaz aukeratutako subjektu baten behaketa burutzen da. Subjektuaren diseinu prozesuaren estrategia, urratsak eta zalantzak jarraipen liburuan idazten dira, subjektuari bere prozesua ozenki deskribatu dezan eskatuz.

Era berean, taldeko bileretan ikerlariak talde lanaren bidez burututako proiektuaren eta talde lanaren dinamikaren jarraipena egin dezake. Jarraipen liburuan notak idatziz, taldearen garapenaren aurrerapena eta zailtasunak erregistratu ditzake.

BALIOZKOTASUNA

Behaketa zuzena, ikerketarako baliagarria den informazioa jasotzeko erabili da (McQueen eta Knussen, 2002). Behaketa enpirikoa, CAD modelaketaren estrategiak aztertzeko eta hoberenak identifikatzeko erabili izan da (Bhavnani, 2000). Hala ere, informazioaren objektibotasuna eta baliagarritasuna bermatzeko zenbait neurri hartu dira: Behaketan, ikerlariaren parte hartzea eragotzi da, egindako etenak minimora mugatuz. CAD programaren erabileran, ikerlaria subjektuaren atzean kokatzen da, ikerlariaren keinuek subjektuaren arreta izan ez dezaten. Talde bileretan, behaketa talde kanpotik burutzen da taldearen jardueran eraginik izan ez dezan. Behaketa egin aurretik, jarraipen liburuan erregistro azkarra burutzearren, datu hartzea bizkortzearren, ikasketa emaitzetan identifikatu diren ikasketa adierazleetara egokitu dira.

4.6. Ikerketa prozedurak

Ikerketa aurrera eramateko erabili diren zenbait prozedura, hurrengo puntuetan zehazten dira:

Datuen bilketa

Ordenagailu Bidezko Diseinuaren Gehikuntza eman duten irakasleei, banan-banan ikerketaren helburua eta beraien partaidetzaren beharra azaldu zaie. Ikerketa probak zertan datzaten eta hauen programazioa erakutsi zaie. Azkenik, baimena eta parte hartzea eskatu zaie ikerketa aurrera eramateko. Era berean, elkarrizketa erdi egituratu bat mantendu da, beraien irakasgaiaren planteamendu eta plangintzaren berri edukitzeko eta datuen bilketaren programazioa egokitzeko.

Probak eta hauek burutzeko argibideak, irakasleei aurretik eman zaizkie, beraien oniritzia eta gomendioak jasotzeko. Proben inguruko informazioa ikasle

helaraztea eta hauen partaidetzaren eskaera, irakasleen esku geratu da. Proben datuen bilketak, Moodle (Learning Management System (LMS)) plataforma bidez egin dira. Ikerketaren garapen leuna ziurtatzeko, datuen bilketaren jarraipena burutu da.

Talde lana ebaluatzeko inkesten kasuan, talde lana era esplizituan kontrol taldean lantzen ez denez, lagina, talde esperimentalera mugatzen da. Talde laneko inkesten datuen bilketa Moodle-en burutzen da ere. Inkesten fidagarritasuna konprobatzeko, Cronbach-en alfa koefizientea kalkulatu da. Koefiziente honek barne tinkotasuna edo batz besteko korrelazioa inkestaren item-en artean ematen du. Cronbach-en alfa 0,7 balioa edo handiagoa badu, fidagarritasun maila ona duela esan daiteke (Nunnally, 1978).

Guztira, bederatzirakasle eta 176 ikasleek parte hartu dute esperimentazio faseak iraun dituen hiru ikasturtetan.

Datuen tratamendua

Ikerketa honetan burutzen diren probek tratamendu bat beharrezkoa dute, bertatik estatistikoki erabilgarriak diren aldagaien datuak identifikatu eta kodifikatzeko. Modelo, multzo eta plano probetan, proben zuzenketak tratamenduari hasiera ematen dio. Jasotako laginaren zuzenketak birritan gutxienez burutu dira, zuzenketen arteko desbiderapenak kontrolpean edukita. Are gehiago, laginetik ausazko azpi-lagin bat atera eta beste irakasle baten behaketa jasaten dute. Beste irakasleak zuzenketa irizpideak eta txantiloia jaso eta horien arabera zuzenketa egiten ditu. Bi zuzenketen arteko desberdintasunak onargarriak direla egiaztatzen dira honela.

Proben zuzenketa irizpideak ezarri eta balioesteko, adituen adostasuna bilatu da (planoen zuzenketa puntuazioa ezartzeko, adibidez) eta zenbaitetan (modelaketa sekuentzia hobereana zehazteko, adibidez) Delphi metodoaren urratsak jarraitu dira (Rand.org): CAD-eko hiru adituek adituen panela osatu dute (hiruek irakaskuntza esperientzia dute eta bik esperientzia profesionala dute arlo honetan). Behin probaren

helburuak eta aditu panela zehaztu ondoren, adituek proba burutu dute. Ikertzaileak probaren emaitzak aztertu eta dibergentziak identifikatzen ditu. Adituei bigarren aldiz egiteko aukera ematen zaie, beste partaidearen sekuentziarekin desberdintasunak azalduz. Honela, adituen erantzunak, adituen gehiengoak proposaturikoarekin ez dira hainbeste desbideratzen, nolabaiteko konbergentzia bat lortuz.

Zuzenketaren ondorioz, datuak, aztertu beharreko aldagaien arabera jasotzen dira kalkulu orri batean. Ikerlariak analisi estatistikoa egiteko, datuen kodifikazio prozesua aurrera eramaten du ondoren. Inkesten kasuan, laginaren datuak automatikoki kalkulu orri batean kodifikatzen dira, ondorengo analisi estatistikora pasatzeko.

Datuen analisia

Kalkulu orrietan aztertu nahi diren aldagaietan jasotako datuak analisi estatistiko bat jasaten dute. Analisi estatistikorako, estatistika arloko bi software espezifikoki erabili dira: SPSS Statistics 22.0 eta STATGRAPHICS Centurion XVI. Analisia burutzeko prozesua honakoa izan da:

Kalkulu orrietako datuak estatistikako software inportatzen dira. Datuen kodifikazioa zuzena eta aldagaien ezaugarrien definizio zuzena dela konprobatzen da. Aldagaiaren banaketa bistaratzeko eta ezohiko balioen identifikaziorako, aztertu beharreko aldagaien datuen grafikoa sortzen da. Aldagaiaren ezaugarriak ikusteko, estatistika deskribatzailea erabiltzen da.

Ezohiko balioen tratamenduan, aldagai kuantitatibo baten ezohiko balioen identifikaziorako, Tukey-ren boxplot grafikoaren analisia burutu da. Carling-ek (2000) banaketa ez-Gausiarrentzat proposaturiko aldaera erabiliz, ezohiko balioa, boxplot grafikoaren kaxatik k aldiz ($\approx 2,3$) kuartil arteko heina baino distantzia handiagora topatzen den balio bezala zehaztu da.

Ondoren, hipotesi estatistikoaren ebaluazioa egiten da. Aldagai kuantitatiboen kasuan, banaketa normalaren doikuntza egokitasun frogak burutzen dira, banaketaren arabera test parametrikoko edo ez-parametrikokoak aplikatzeko. Hurrengo pausua test estatistiko aproposaren bidez, p-balioa lortzea da, hipotesia nulua baztertu eta desberdintasun estatistiko adierazgarria lortu asmoz. Aldagai kuantitatiboentzat p-balioa zehazteko proposatzen diren testak, t-test-a, banaketa normala jarraituz gero eta Mann-Whitneyren W proba, banaketa ez-normalean izan dira. Aldagai kualitatiboentzat, Chi karratuaren probaren bidez behatutako eta espero denaren arteko konparaketa burutu da. Espero diren maiztasunetako bat, bost gertaera baino txikiagokoa izan bada, Fisher-en testa erabili da zehaztasun maila handitzeko. Hipotesi nulua baztertzeko, p-balioak alfa baino txikiago izan behar du. Zientzia sozialetan orokorrean onartua den %95 konfiantza maila ezarri da, hau da, $\alpha=0,05$ (Arof, 2011).

Desberdintasun estatistikoki adierazgarria lortzen bada, “effect-size” edo efektuaren tamaina kalkulatu da, erlazioaren indarra kuantifikatuko asmoz. Aldagai kuantitatiboentzat, Cohen-en d balio kalkulatu da eta orokorrean onartzen den balorazio eskala erabili da, hau da, 0,2 baino txikiagoak diren balioak, efektu baxua kontsideratzen dira, 0,5 inguruko balioak efektu moderatua eta 0,8 baino handiagokoak, efektu altua (Cohen, 1992). Nahiz eta arlo akademikoan 0,6 baino handiagoko balioak efektu altukoak kontsideratu daitezkeen (Hattie, 2009), eskala orokorra erabiltzea hautatu da. Aldagai kualitatiboentzat, Cramer-en V koefizientea kalkulatu eta aldagai kuantitatiboen moduan, orokorrean onartzen den eskala erabili da: kasu honetan, V koefizientearen balioak, 0,1 (baxua), 0,3 (moderatua) eta 0,5 (altua) interpretatzen dira (Cohen, 1988).

5. EZAGUTZA ETA EMAITZAK

Atal honetan batutako datuen analisia eta azterketa estatistikoa burutuko da. Aurreko atalean azaldu den bezala, hipotesi bakoitza ebaluatzeko planteatu diren ikerketa diseinuak desberdinak dira. Hala ere, hipotesi bakoitza hiru ataletan aztertuko da: (a) laginaren ezaugarrien deskribapena, (b) estatistikoki lortutako emaitzen aurkezpena eta (c) emaitzen interpretazio eta hipotesiaren ebaluazioa.

5.1. Lehenengo hipotesia

Lehenengo hipotesiak, proposamen didaktikoan oinarritutako trebakuntza eta ohiko irakaskuntza jaso duten ikasleen CAD modelo, multzo eta planoen artean kalitate desberdintasuna existitzen dela dio.

Hipotesia egiaztatzeko hiru proba zehaztu dira (1) modelo baten diseinua, (2) multzo mekaniko baten muntaketa eta (3) modelo batetik lortutako planoak. Hiru proba hauetan, 4.5 ikerketa instrumentuak atalean adierazi diren eta ikasketa emaitzekin bat datozen atributu-adierazleak eta dimentsioak zehaztu dira. Hauek, ikerketaren aldagaiak kontsideratuko dira, proben datuak sailkatzeko eta tratamendu estatistikoaren bidez ebaluatuak izateko.

Ikerketa kuasiesperimentalaren izendapena erabiliz, hiru probentzat aldagai aske moduan, irakaskuntza metodologia aukeratu da, hau da, ohiko irakaskuntza era edo proiektuetan oinarritutako irakaskuntza. Mendeko aldagaiak berriz, modeloaren proban, (D1) modelo osoa izatea, (D2) modelo baliozkoa izatea, (D3) modelo tinkoa

izatea, (D4) modeloa laburra izatea eta (D5) modeloa diseinu intentzioarekin bat etortzea dira. Multzoaren kasuan, (M1) multzoa osoa izatea, (M2) multzoa baliozkoa izatea, (M3) multzoa tinkoa izatea, (M4) multzoa laburra izatea eta (M5) multzoa diseinu intentzioarekin bat etortzea dira. Azkenik, planoarentzat (P1) piezaren interpretazio geometriko zuzena, (P2) marrazketa arauen araberako piezaren adierazpen zuzena eta (P3) adituen irizpideekin ezarritako nota planoari aztertzen dira.

Laginararen ezaugarriak

1. MODELO PROBA

Modelo proba erabiliz, ikerketa diseinuaren lau behaketa burutu dira (4.2 Taula. Lehenengo hipotesiaren ikerketa diseinua): O_{1E} eta O_{1K} , aurre testean eta O_{2E} eta O_{2K} , test-ondoan. Lehenengo hipotesiarekin, tratamendua aplikatu osteko ikasketa emaitzen desberdintasuna aztertu nahi denez, ikerketaren arreta test-ondoko emaitzetan eta hauen azterketan kokatzen da. Aurre-testaren emaitzek, hausazko esleipena bideragarria ez diren ikerketa esperimentaletan, ikerketa taldeen subjektuen hasierako ezagutza mailen berdintasuna neurtzeko balio dute (Slavin, 2007). Aurre-testaren erabilpenak ikerketaren baliozkotasun maila igotzen du.

4. atalean aitatu bezala, aurre-testean taldeen arteko CAD modelaketan dauden desberdintasunak soilik aztertu dira, modeloen muntaketak eta hauetatik eratorritako planoen sorrerak CAD ezagutza aurreratuagoak direla kontsideratu baita. Azken hau, irakasgaiko plangintzek, bai PBL-koak bai ohikoak, konfirmatzen duten ikuskera da.

Hasierako ikerketa diseinuaren proposamena, hipotesi honen balorazio kualitatibora bideratua zegoen, hau da, diseinua, lagineko subjektuen ezagutza maila neurtzeko bakarrik test-ondoan erabilerara mugatzen zen. Baina baliozkotasun maila handitu asmoz, laginen bilketako azken urtean, aurre-testa burutzeko datuak jaso dira eta ikasleen hasierako ezagutzen arteko desberdintasunaren azterketa ikerketa diseinuari gehitu zaio.

Aurre-testaren subjektu kopurua $n_E=35$ talde esperimentalean eta $n_K=35$ kontrol taldean izan da. Ez da hondatutako fitxategirik jaso. Test-ondoan, datu bilketak irauten dituen hiru urteetan jasotako subjektu esperimental kopurua $n_E=93$ izan da eta kontrol subjektuak $n_K=83$ koa. Datuen azterketa egiterako orduan bi fitxategi hondatuak aurkitu eta baztertutak izan dira, bata talde esperimentalean eta bestea kontrol taldean. Kontrol taldean ezohiko datuen analisia egin ostean, ezohiko balio bat topatu da (4.6 Ikerketa prozedura atalean, azterketa prozedura azaltzen da) eta subjektuaren proba baztertuta izan da, inferentzia estatistikoan eragin nabaria eduki ez dezan.

Beraz, 1 proban jaso eta aztertutako laginaren ezaugarriak hurrengo taulan laburbiltzen dira:

<i>Aurre-testa</i>	<i>Taldea</i>	<i>Maiztasuna</i>	<i>Maiztasun erlatiboa</i>	<i>Maiztasun metatua</i>	<i>Erlatibo metatua</i>
	Esperimentala (E)	35	0,5000	35	0,5000
	Kontrol (K)	35	0,5000	70	1,0000

<i>Test-ondoa</i>	<i>Taldea</i>	<i>Maiztasuna</i>	<i>Maiztasun erlatiboa</i>	<i>Maiztasun metatua</i>	<i>Erlatibo metatua</i>
	Esperimentala (E)	92	0,5318	92	0,5318
	Kontrol (K)	81	0,4682	173	1,0000

5.1 Taula. Aurre-testa eta test ondoko laginaren datuak modelo probarentzat

2. MULTZO MUNTAKETA PROBA

Hirugarren behaketa (O_{3E} eta O_{3K}), ikerketaren azken urtean jaso diren multzo muntaketaren probako fitxategiek osatzen dute. Talde esperimentaleko subjektu kopurua $n_E=35$ izan da eta kontrol taldeko subjektuak $n_K=34$ -koa. Jaso diren probetatik, talde esperimentaleko proba bat baztertuta izan da, multzoaren .asm fitxategia ordez, .cfg entregatu duelako. Ezohiko datuen analisia egin ostean, ez da ezohiko baliorik topatu. Beraz, ikerketa subjektu kopurua esperimentalean $n_E=34$ izan da eta kontrol subjektuak $n_K=34$ koa 5.2 taulan ikusten den moduan.

<i>Taldea</i>	<i>Maiztasuna</i>	<i>Maiztasun erlatiboa</i>	<i>Maiztasun metatua</i>	<i>Erlatibo metatua</i>
Esperimentala (E)	34	0,5000	34	0,5000
Kontrol (K)	34	0,5000	68	1,0000

5.2 Taula. Laginaren datuak multzo probarentzat

3. PLANOAREN PROBA

Proba honen bitartez, ikerketa kuasiesperimentaleko laugarren behaketak (O_{4E} eta O_{4K}) burutu dira. Planoari dagokion proba honetan subjektu esperimental kopurua $n_E=93$ izan da eta kontrol subjektuak $n_K=62$ koa. Ikerketaren hiru urteetako denbora tartean, proban jasotako laginaren ezaugarriak hurrengo taulan laburbiltzen dira:

<i>Taldea</i>	<i>Maiztasuna</i>	<i>Maiztasun erlatiboa</i>	<i>Maiztasun metatua</i>	<i>Erlatibo metatua</i>
Esperimentala (E)	93	0,6000	93	0,6000
Kontrol (K)	62	0,4000	155	1,0000

5.3 Taula. Laginaren datuak plano probarentzat

Proba honetan ez da hondatutako fitxategirik jaso. Taldeen arteko subjektu kopuru aldea, 2010-2011 ikerketatik kanpo sortutako arazo batengatik justifikatzen da.

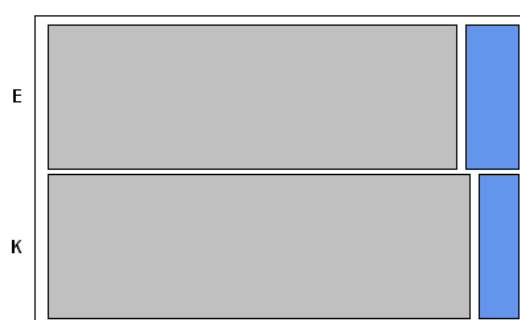
Emaitza estatistikoak.

1. Modelo proba

Bi behaketetan (O_{1E} eta O_{1K} , aurre testean eta O_{2E} eta O_{2K} , test-ondoan) erabili den proba honen emaitzak, proban identifikatu diren aldagaietan sailkatzen eta aztertzen dira. Kontutan izan behar da, aurre-testean eta test-ondoan (8. Eranskinak atala ikusi) modelatu beharreko pieza desberdina izan dela, subjektuek test-ondoan modelatu beharreko pieza ezaguna izan ez zezaten (test-efektua ekiditeko).

D1 Modeloa osoa izatea. Lehenengo probaren barruan aztertuko den lehenengo dimentsioa (D1), modeloa osoa izatea da. Horretarako 4.5. Ikerketa instrumentuen ataleko modelo probaren zuzenketa prozedura jarraituz, lagineko modelo bakoitza, pieza zuzenaren molde eme batekin alderatu eta interferentziak ikusi dira. Modelo osoa dela kontsideratzeko, moldearekin ez ditu interferentziarik eduki behar eta jatorrizko piezarekin forma eta tamainan bat etorri behar du.

Aurre-testa			
Taldea	Ez-osoa ■	Osoa ■	Ilara Totala
E	31	4	35
	%88,57	%11,43	%50,00
K	32	3	35
	%91,43	%8,57	%50,00
Zutabe Totala	63	7	70
	%90,00	%10,00	%100,00



Test-ondoa			
Taldea	Ez-osoa ■	Osoa ■	Ilara Totala
E	62	30	92
	%67,39	%32,61	%53,18
K	74	7	81
	%91,36	%8,64	%46,82
Zutabe Totala	136	37	173
	%78,61	%21,39	%100,00



5.4 Taula eta Mosaiko Grafikoa. Modelo osoak taldeka aurre-test eta test-ondoan.

Laginean baldintza hauek betetzen dituzten 4 modelo (%11,4) talde esperimentaletan (E) eta 3 modelo (%8,7) kontrol taldean, aurre testean daude eta 30 modelo (%32,7) talde esperimentaletan eta 7 modelo (%8,7) kontrol taldean (K), test-ondoan.

Aurreko kontingentzia taulari, Fisher-en froga zehatza aplikatu zaio, $p=1>0,05$ aurre-testean eta Chi karratuaren test $p=0,0001<0,05$ test-ondoan. Aurre-testean espero den behaketa kopurua 5 baino txikiagoa denez, Fisher-en froga zehatza Chi karratuarena erabiltzea baino zuzenagoa da. Beraz, zutabe eta hilaren arteko independentzia ezin da baztertu aurre-testean, baina bai test-ondoan %95 konfiantza mailaz. Hau da, osotasunaren kasu partikularrean, emaitza taldearekin erlazionatua dagoela ikusi daiteke test-ondoan. Aurre-testean ostera, taldeen arteko diferentzia adierazgarririk ezin da topa dimentsio honi dagokionean.

Test-ondoan, talde eta diseinu osoaren erlazioaren neurria ikusteko Cramer-en $V= 0,297$ (moderatu) eta Odds Ratio $OR=5,11$ (konfiantza tartea %95-an (2,10224; 12,4464)) kalkulatu da. OR indizeak, talde esperimentalekoak kontrol taldekoak baino 5,11 aldiz gehiago ematen dutela emaitza zuzena adierazten du. Bere konfiantza tarreak bat zenbakia ez edukitzeak, estatistikoki emaitza hori norabide berean emango dela adierazten du, hau da, talde esperimentalaren emaitza kontrol taldearen emaitzaren gaintetik egongo da.

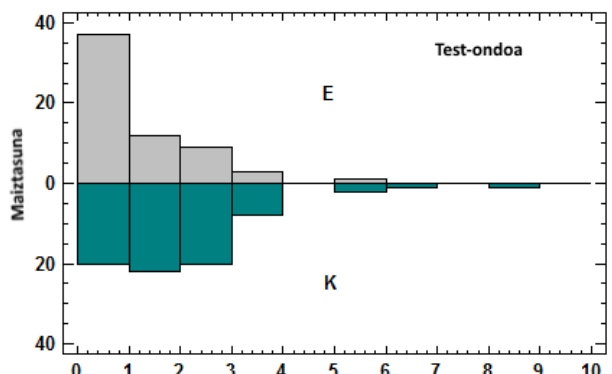
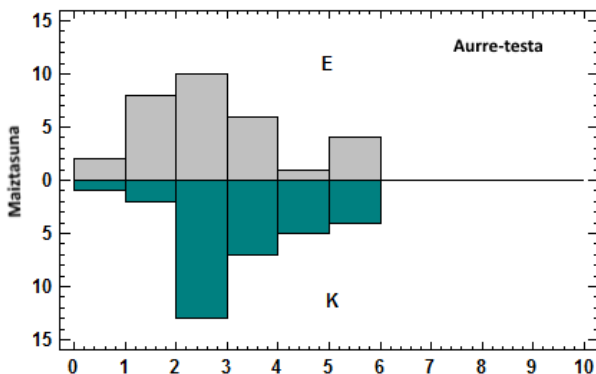
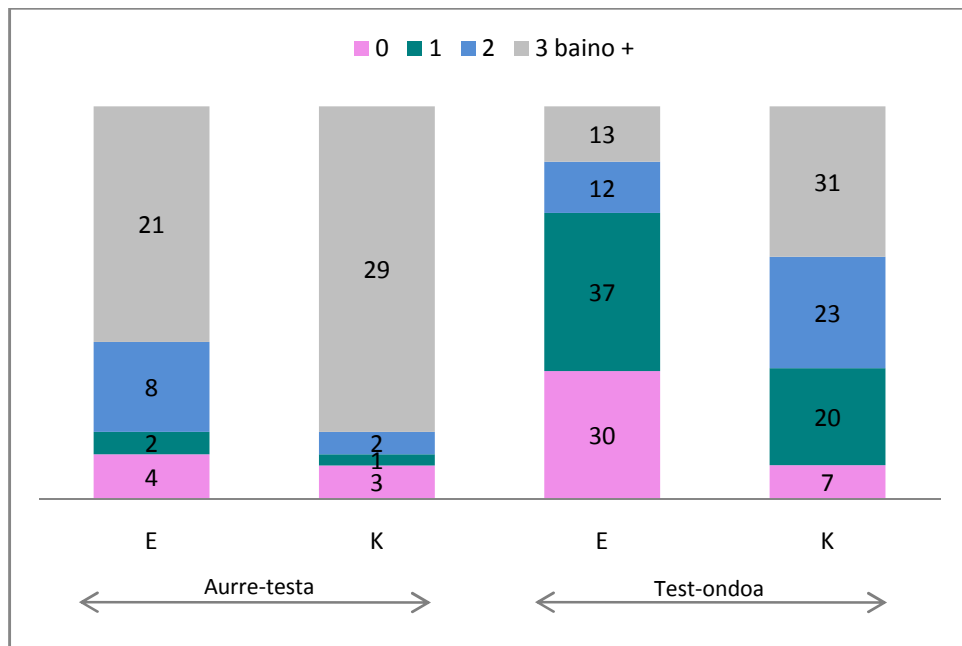
Taldea	Aurre-testa		Test-ondo	
	E	K	E	K
Zenbatekoa	35	35	92	81
Bataz bestekoa	2,89	3,46	1,152	2,271
Mediana	3,0	3,0	1,0	2,0
Desbideraketa estandarra	1,69	1,62	1,185	1,581
Minimoa	0	0	0	0
Maximoa	6,0	6,0	6,0	9,0
Heina	6,0	6,0	6,0	9,0
Behe kuartila	2,0	3,0	0	1,0
Goiko kuartila	4,0	5,0	2,0	3,0
Kuartilarteko heina	2,0	2,0	2,0	2,0
Asimetria estandarizatua	0,364	-1,090	5,316	5,234
Kurtosi estandarizatua	-0,294	0,212	4,563	7,150

5.5 Taula. Akats kopurua taldeka aurre testean eta test-ondoan

Dimentsio berean, akats kopurua adierazle modan aztertu da. Asimetria eta kurtosi (zapaltasun-koefizientea) estandarizatua, laginak banaketa normal batean jatorria duen zehazteko hurbilketa moduan erabili dira. Bere balioak banaketa normala jarraitu dezaten -2 eta +2-aren artean aurkitu behar dira. Aurre testean, bi taldeen balioak adierazitako tartean topatzen dira, beraz, banaketa normala jarraitzea litekeena da. Ziurtatzeko, banaketa normalarekin doikuntza egokitasuna Shapiro Wilk testaren bidez ($n < 50$) aztertzen da. Bi banaketak normalarekin bat ez datozela ziurta daiteke (esperimentalean $p = 0,0238$ eta kontrol taldean $p = 0,0064$). Test-ondoan, normalarekin doikuntza egokitasuna, subjektu kopurua $n > 50$ denez, Kolmogorov-Smirnov froga erabiltzen da eta bi banaketak normalarekin ez datozela bat %95 konfiantza mailarekin ikusten da (esperimentalean $p < 0,0001$ eta kontrol taldean $p < 0,0001$).

Beraz, taldeen desberdintasunak aztertzeko estatistika froga ez-parametrikokoak erabiliko dira. Banaketa normala jarraitzen ez dutenez, medianaren hipotesi kontrastea (Mann-Whitneyren W proba) burutzen da. Aurre-testean $W = 751,5$ $p = 0,0954$ denez, bi taldeetako laginen medianen artean desberdintasun estatistikoki adierazgarria ez dagoela ziurta daiteke. Test-ondoan $W = 5434$ eta $p < 0,0001$ denez, bi taldeen artean desberdintasun adierazgarria dagoela esan daiteke. Test-ondoan erlazioaren tamaina, efektu tamaina, kuantifikatzeko Cohen-en d-a erabili da (0,804) eta talde eta akats kopuruaren arteko erlazio indartsua dela ikusten da.

Gertaeren maiztasun erlatiboak 5.6 grafikoaren artean, grafiko metatuan adierazten dira. Desberdintasunak aztertuz, aurre-testean, talde esperimentaleko modeloen %69-ak hiru akats edo gutxiago dutela ikus daiteke. Kontrol taldean, modeloen %54-ra jaisten da ehuneko hau. Test-ondoan, talde esperimentalaren portzentajea %96 izatera pasatzen da eta %85-a kontrol taldearena.



5.6 Grafikoak. Akats kopuruaren histograma eta banaketa taldeka aurre testean eta test-ondoan

Akatsen banaketak aztertuz, aurre-testean bi taldeentzat akats kopurua ugariena 3 baino gehiagokoa da. Test-ondoan, akatsa duten talde esperimentaleko modeloen artean, bat edukitzea anitzena da. Kontrol taldean ordea, 3 baino gehiagoko akatsaren multzoan jarraitzen du, nahiz eta beste akats multzoen maiztasuna handitu. Banaketak, aurre-testetik test-ondora ezkererantz uzkurdu dira, hasierako balioetan pilatuz. Akats kopuruaren murrizketak, irakaskuntza metodologiaren ondorio bezala aztertu daiteke.

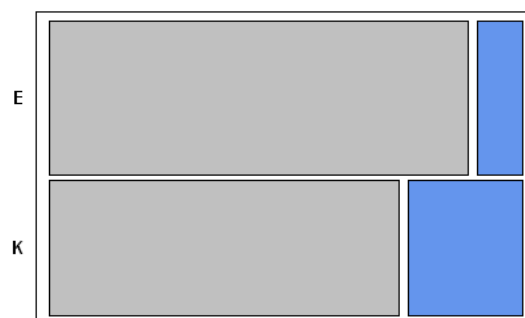
Akatsen arrazoiak aztertuz, aurre-testean talde esperimentalean, zirriborroetan akatsen bat dutenen kopurua 28koa (%80) da eta eragiketaren bat faltan dutena 5koa (%14,3). Kontrol taldean, 29-k (%82,9) zirriborroetan aurkezten dituzte eta 12-k (%34,3) eragiketak faltan dituzte. Taldeen arteko desberdintasunak topatzeko bi aldagai hauekiko, Chi karratuaren testa burutu da eta ez da desberdintasun adierazgarririk aurkitu (zirriborroentzat $p=0,7586$ eta eragiketa faltarentzat $p=0,0510$). Test-ondoan, talde esperimentalearentzat 21 (%22,9) eta 8 (%8,7) kontrol taldearentzat 30 (%37,04) eta 27 (%33,3), lehenengo datua zirriborroentzat eta bigarrena eragiketa faltarentzat izanik. Desberdintasunak bi kasuetan estatistikoki adierazgarriak dira (zirriborroentzat $p=0,0408$ eta eragiketa faltarentzat $p<0,0001$).

D2 Modeloa baliozkoa izatea. Bigarren dimentsioan, Solid Edge CAD programak adierazitako errore ikurren zenbaketa egin da, hurrengo emaitzekin:

Aurre-testa			
Taldea	Ez-balioz.	Balioz.	Ilara Totala
E	29	6	35
	%82,86	%17,14	%50,00
K	29	6	35
	%82,86	%17,14	%50,00
Zutabe Totala	58	12	70
	%82,86	%17,14	%100,00



Test-ondoan			
Taldea	Ez-balioz.	Balioz.	Ilara Totala
E	83	9	92
	%90,22	%9,78	%53,18
K	61	20	81
	%75,31	%24,69	%46,82
Zutabe Totala	144	29	173
	%83,24	%16,76	%100,00



5.7 Taula eta Mosaiko Grafikoa. Baliozko modeloa taldeka aurre-test eta test-ondoan.

Aurre-testean, bi taldeetako fitxategi kopuru berak Solid Edge-ko akats ikurra azaltzen du, 6 (%17,1) fitxategiek hain zuzen. Test-ondoan, talde esperimentaleko

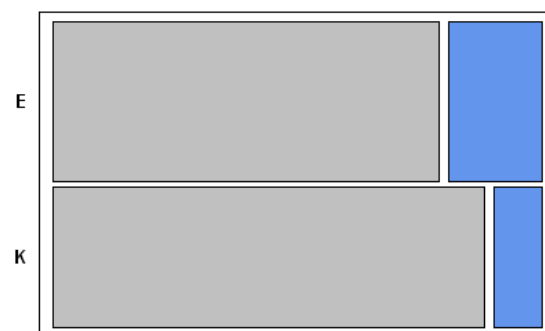
kopurua, 9 (%9,8), murriztagoa da kontrol taldearena baino, 20 (%25). Taldeen arteko independentzia aldagaiarekiko ebaluatzeko Chi-Karratuaren testa erabili da. Aurre-testean independentzia ezin da baztertu ($p=1$), baina test-ondoan, talde eta baliozko fitxategien arteko erlazio ezaren hipotesia baztertu daiteke %95 konfiantza mailaz ($p=0,0088$). Erlazio maila, Cramer-en V estatistikoak, kasu honetan 0,2711 (moderatu) eta Momioen arrazoiaren (Odds Ratio) bidez, $OR=0,3307$ (konfiantza tartea %95-an (0,140887; 0,776351)) kalkulatu dira. Odds Ratioak, erlazioaren norabidea zehazten du, kontrol taldeak talde esperimentalak baino 3 aldiz gehiagotan Solid Edgeko akats ikurra azalduko duela adieraziz.

D3 Modeloa tinkoa izatea. Dimentsio honen barruan bi adierazle aztertu dira: zirriborroen guztizko definizioa eta modeloak aldaketak jasateko duen gaitasuna. Zirriborroetan kotak dituztela, kotak falta dituztela eta erlazioak falta dituztela aztertu da. Zirriborroaren guztizko definizioa, honela laburtu daiteke:

Aurre-testa			
Taldea	Ez-guztiz	Guztiz	Ilara Totala
E	33	2	35
	%94,29	%5,71	%50,00
K	35	0	35
	%100,00	%0,00	%50,00
Zutabe Totala	68	2	70
	%97,14	%2,86	%100,00



Test-ondo			
Taldea	Ez-guztiz	Guztiz	Ilara Totala
E	74	18	92
	%80,43	%19,57	%53,18
K	73	8	81
	%90,12	%9,88	%46,82
Zutabe Totala	147	26	173
	%84,97	%15,03	%100,00



5.8 Taula eta Mosaiko Grafikoa. Zirriborroaren guztizko definizioa taldeka aurre-test eta test-ondoan.

Aurre-testean zirriborroak guztiz definituak dituzten bi modelo esperimentalean eta bat ere ez kontrol taldean topatzen dira. Chi karratuaren probak ez du diferentzia adierazgarrikerak erakusten ($p=0,1513$).

Test-ondoan, talde esperimentalean 18 modelo (%19,6) eta 8 modelo (%9,9) kontrol taldean daude baldintza hau betetzen dutenak. Chi karratuaren probak, hipotesi nulua ezin dela baztertu adierazten du ($p=0,0752$). Beraz, taldearen eta zirriborroak guztiz definituak izatearen arteko dependentzia ezin da ziurtatu. Cramer-en V koefizienteak baxuak, 0,1353, erlazio maila baxua adierazten du eta Odds Ratioaren konfiantza tarteak (0,90841; 5,42332) bata edukitzeak, desberdintasunaren noranzkoa edozein taldearen aldeko izan daitekeela erakusten du.

Modeloetako zirriborroak guztiz definituak daudela ziurtatzeko, kotak eta erlazioak aztertu dira hurrengo taulan ikusten den bezala:

	Aurre-testa			Test-ondoan		
	Kontrol taldea	Esperimentala	<i>p</i> -balioa (Chi karr.)	Kontrol taldea	Esperimentala	<i>p</i> -balioa (Chi karr.)
Kotak dituzte	23 (%57,1)	15 (%42,9)	0,054	41 (%50,6)	72 (%78,3)	0,001
Kotak faltan	30 (%85,7)	33 (%94,3)	0,232	68 (%83,9)	67 (%72,8)	0,0778
Erlazioak faltan	32 (%91,4)	30 (%85,7)	0,4524	61 (%75,3)	44 (%47,8)	0,0002

5.9 Taula. Kotak eta erlazioak zirriborroan taldeka aurre-test eta test-ondoan.

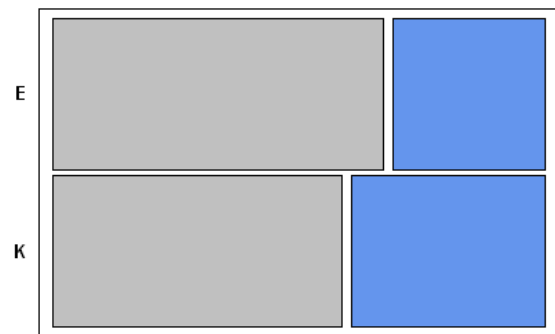
Aurre-testean ez dago desberdintasun estatistiko adierazgarrikerak %95 konfiantza mailarekin ($p<0,05$). Kontrol taldean kotak dituzten modeloak, esperimentaleko taldearenak baino %14,2 gehiago direla nabarmengarria da.

Test-ondoan, kotak faltan edukitzea ez dagoela taldearekin erlazionatua ikus daiteke, bere *p*-balioa 0,0778 baita. Beste aldagaien emaitzek hipotesi nulua, independentziarena, alboratzera eramaten dute.

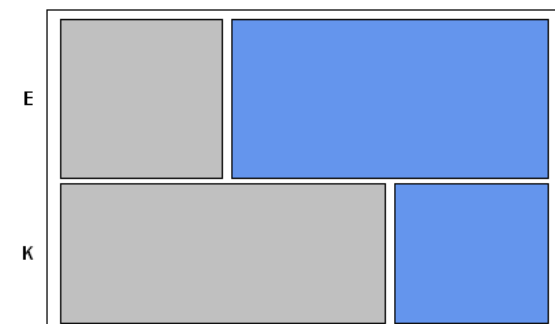
Modeloak aldaketak jasateko gaitasuna, modeloek zenbait koten aldaketei dioten erantzuna bezala neurtzen da (4.5 Ikerketa instrumentuak ataleko modelo

probaren zuzenketa irizpideak ikusi). Aldaketak guztiak jasaten baditu, aldaketak jasateko gaitasuna duela kontsideratzen da.

Aurre-testa			
Taldea	Ez-aldak. ■	Aldak ■	Ilara Totala
E	24	11	35
	%68,57	%31,43	%50,00
K	21	14	35
	%60,00	%40,00	%50,00
Zutabe Totala	45	25	70
	%64,29	%35,71	%100,00



Test-ondoa			
Taldea	Ez-aldak. ■	Aldak ■	Ilara Totala
E	31	61	92
	%33,70	%66,30	%53,18
K	55	26	81
	%67,90	%32,10	%46,82
Zutabe Totala	86	87	173
	%49,71	%50,29	%100,00



5.8 Taula eta Mosaiko Grafikoa. Aldaketak jasateko gaitasuna taldeka aurre-test eta test-ondoa.

Aurre-testean, aldaketak jasateko gai diren modeloen kopurua kontrol taldean altuagoa da, 14 (%40), talde esperimentaleko 11-etan (%31,4) aurrean. Baina, Chi karratuaren frogak, talde eta aztertzen den aldagairen arteko independentzia ezin dela baztertu adierazten du ($p=0,4543$).

Test-ondoa, talde esperimentalean %66,3-ra igotzen da ehunekoa eta kontrol taldean aldiz %32,1-ra jaitsi. Taldeen arteko independentzia ebaluatzeko Chi-Karratuaren testa erabili da eta taldeen arteko erlazio ezaren hipotesia baztertu daiteke %95 konfiantza mailaz ($p<0,0001$). Erlazio maila, Cramer-en V estatistikoak, kasu honetan 0,3414 (moderatu) eta Momioen arrazoiaren (Odds Ratio) bidez kalkulatu dira (OR=4,16 konfiantza tartea %95-an (2,20368; 7,866259)). Talde esperimentaleko

probetan, kontrol taldekoetan baino 4,16 bider gehiagotan topatzen dira aldaketak jasaten dituzten modelook.

Aztertu diren bi atributu hauek, modeloaren tinkotasun dimentsioa osatzen dute. Bi adierazle atributu hauetan emaitza baiezkokoak dituzten modelook tinkoak direla kontsideratuko dira.

Aurre-testa			
Taldea	Ez-tinko ■	Tinkoa ■	Ilara Totala
E	33	2	35
	%94,29	%5,71	%50,00
K	35	0	35
	%100,00	%0,00	%50,00
Zutabe Totala	68	2	70
	%97,14	%2,86	%100,00



Test-ondoan			
Taldea	Ez-tinko ■	Tinkoa ■	Ilara Totala
E	76	16	92
	%82,61	%17,39	%53,18
K	78	3	81
	%96,30	%3,70	%46,82
Zutabe Totala	154	19	173
	%89,02	%10,98	%100,00



5.10 Taula eta Mosaiko Grafikoa. Modelo tinkoa taldeka aurre-test eta test-ondoan.

Talde esperimental eta kontrol taldearen modeloen artean estatistikoki adierazgarri ez dela existitzen %95 konfiantza mailarekin aurre-testean esan daiteke.

Test-ondoan, aztertzen den modeloa zein taldekoa den arabera, modeloaren tinkotasun ehunekoa aldatu egiten da, 16 modelo (%17,4) talde esperimentalean eta 3 modelo (%3,7) kontrol taldean. Desberdintasun hau estatistikoki adierazgarria da, $p=0,041$, Chi karratuaren frogan ikusten den bezala. Cramer-en V-aren arabera (0,2184) erlazio moderatua da taldea eta aldagaiaren artean, eta Odds Ratio-ak 5,47 aldiz

handiagoa izango dela talde esperimentaleko gertaera adierazten du (konfiantza tartea (1,53267; 19,5484)).

D4 Modeloa laburra da. Dimentsio honen barruan hiru adierazle kontutan izango dira: zirriborroan soberako elementuak marraztea edo elementu bikoiztuak egotea, eragiketa anizkunak erabiltzea eta eragiketa kopurua. Hurrengo taulan, lehenengo bi adierazle kualitatiboen emaitzak aztertzen dira

<i>Aurre-testa</i>					
	Kontrol taldea	Esperim.	p-balioa (Chi karr.)	Cramer V	O.R.
<i>Zirriborroan soberako elementuak</i>	5 (%14,3)	14 (%40)	0,0156	0,2891	4
<i>Eragiketa anizkunak</i>	18 (%51,4)	13 (%37,1)	0,2289		
<i>Test-ondoan</i>					
	Kontrol taldea	Esperim.	p-balioa (Chi karr.)	Cramer V	O.R.
<i>Zirriborroan soberako elementuak</i>	27 (%33,3)	7 (%7,6)	0,0001	0,3230	0,16
<i>Eragiketa anizkunak</i>	54 (%66,7)	24 (%26,1)	0,0001	0,4069	0,18

5.11 Taula. Zirriborroaren soberako elementuak eta eragiketa anizkunak taldeka aurre-test eta test-ondoan.

Zirriborroetan soberako elementuak marraztea, aurre-testean eta test-ondoan azaltzen den desberdintasun adierazgarria da, baina erlazioaren noranzkoa aldatzen da test batetik bestera. Aurre-testan talde esperimentalak gertaeran honen 4 bider gehiago baditu, test-ondoan 0,16 bider gehiago izatera pasatzen da, hau da, inzidentzia jaisten da. Erlazioa aldiz (Cramer-en V), bi testetan moderatua dela esan daiteke.

Eragiketa anizkunen kasuan, aurre-testean ez da desberdintasunik nabari. Bai ordea, test ondoan, non erlazioa moderatu-indartsua kontsideratu daiteke eta Odds

Ratioak, eragiketa anizkunak dituzten modeloak 5,6 bider handiagoa dela kontrol taldean esperimentalean baino adierazten dute.

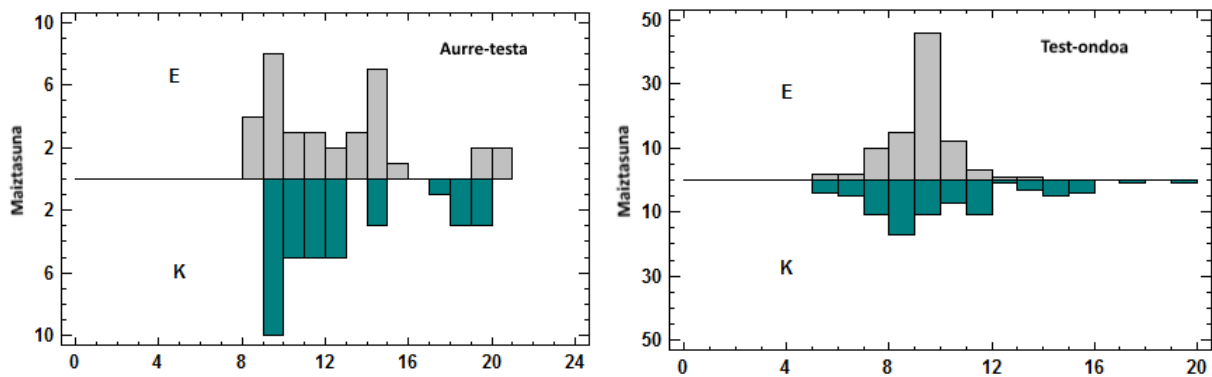
Bi testetan, taldeko modeloen eragiketa kopurua ere aztertu da:

<i>Taldea</i>	<i>Aurre-testa</i>		<i>Test-ondoa</i>	
	<i>E</i>	<i>K</i>	<i>E</i>	<i>K</i>
Zenbatekoa	35	35	92	81
Bataz bestekoa	13,028	13,143	9,739	10,506
Mediana	12,0	12,0	10,0	10,0
Desbideraketa estandarra	3,501	3,457	1,274	2,937
Minimoa	9,0	10,0	6,0	6,0
Maximoa	21,0	20,0	14,0	20,0
Heina	12,0	10,0	8,0	14,0
Behe kuartila	10,0	10,0	9,0	9,0
Goiko kuartila	15,0	15,0	10,0	12,0
Kuartilarteko heina	5,0	5,0	1,0	3,0
Asimetria estandarizatua	2,213	2,438	-0,696	3,270
Kurtosi estandarizatua	0,195	-0,450	3,964	1,068

5.12 Taula. Eragiketa kopurua taldeko aurre-test eta test-ondoan.

4.5 Ikerketa instrumentuen atalean, ezohiko balioen analisia jasotzen den datuen analisia burutu ondoren, test-ondoan kontrol taldeko subjektu baten datuak, ezohiko balioetat hartu dira eta azterketa estatistikotik baztertu da (aurreko 5.12 taulan, analisi ondorengo laginaren zenbakizko laburpena jasotzen da). Aurre-testean, datu guztiak mantendu dira.

Asimetria eta kurtosi (zapaltasun-koefizientea) estandarizatua, laginak banaketa normal batean jatorria duen zehazteko hurbilketa moduan erabiltzen dira. Bere balioak banaketa normala jarraitu dezaten -2 eta +2-aren artean aurkitu behar dira. Bi testetan ez da betetzen, hau da, test-ondoan talde esperimentalak normala baino kurtosi koefiziente handiagoa du eta kontrol taldearen banaketa asimetrikoagoa da normala baino, parekatutako histograma grafikoan ikusten den moduan.



5.13 Grafikoak. Eragiketa kopurua parekatutako talde histograman aurre-testa eta test-ondoan.

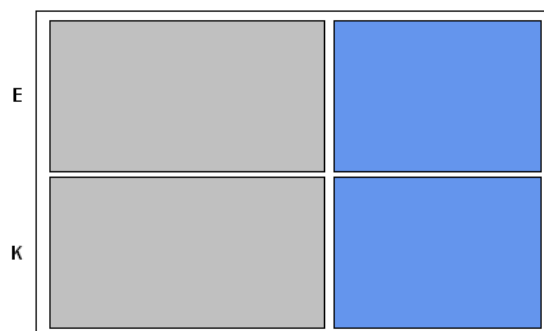
Aurre testean, bi taldeen balioak adierazitako tartean topatzen dira. Banaketa normalarekin doikuntza egokitasuna Shapiro Wilk testaren bidez ($n < 50$) aztertzen da. Bi banaketak normalarekin bat ez datozela ziurta daiteke (esperimentalean $p = 0,0005$ eta kontrol taldean $p < 0,0001$). Test-ondoan, normalarekin doikuntza egokitasuna, subjektu kopurua $n > 50$ denez, Kolmogorov-Smirnov froga erabiltzen da eta bi banaketak normalarekin ez datozela bat %95 konfiantza mailarekin ikusten da (esperimentalean $p < 0,0001$ eta kontrol taldean $p = 0,0098$).

Bi testetan, laginen banaketak normala jarraitzen ez dutenez medianaren hipotesi kontrastea (Mann-Whitneyren W proba) burutzen da. Aurre-testean $W = 624,5$ $p = 0,8912$ denez, bi taldeetako laginen medianen artean desberdintasun estatistikoki adierazgarria ez dagoela ziurta daiteke. Test-ondoan $W = 3973$ eta $p = 0,4426$ denez, bi taldeen artean desberdintasun adierazgarria ez dagoela ere esan daiteke.

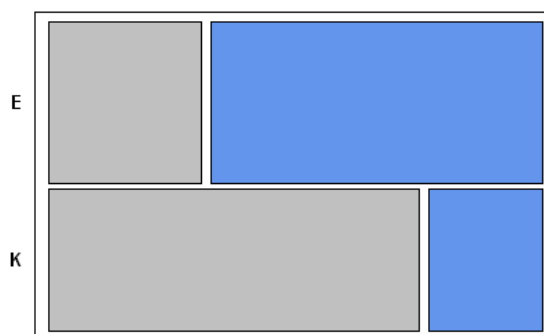
Nahiz eta emaitza estatistikoki ez adierazgarriak lortu, kuartil arteko heinak, banaketaren ikuspegi esanguratsu bat ematen du. Barreadura indize honek, banaketaren erdiko balioen sakabanatzea ematen du. Aurre-testean, bi taldeen kuartil arteko heina 5 da. Test-ondoan aldiz, kontrol taldearena 3 da eta talde esperimentalarena batekoa. Honek kontrol taldearen kasuan, 3 eragiketako tartean kokatzen direla banaketaren erdiko %50 balioak esan nahi du eta esperimentalean eragiketa bakarrean.

Modeloaren laburtasun irizpideak (zirriborroetan soberako elementurik ez izatea eta eragiketa anizkunak ez izatea) betetzen dituzten modeloen portzentajeak hurrengoak dira:

Aurre-testa			
Taldea	Ez-labur. ■	Labur. ■	Ilara Totala
E	20	15	35
	%57,14	%42,86	%50,00
K	20	15	35
	%57,14	%42,86	%50,00
Zutabe Totala	40	30	70
	%57,14	%42,86	%100,00



Test-ondoa			
Taldea	Ez-labur. ■	Labur. ■	Ilara Totala
E	29	63	92
	%31,52	%68,48	%53,18
K	62	19	81
	%76,54	%23,46	%46,82
Zutabe Totala	91	82	173
	%52,60	%47,40	%100,00



5.14 Taula eta Mosaiko Grafikoa. Modelo laburra taldeka aurre-test eta test-ondoan.

Aurre testa aztertuz, ez da desberdintasun estatistikorik antzematen, bi taldeetan modelo labur kontsidera daitekeen kopurua, 15 modelo (%42,9), bera baita.

Test-ondoan, gertaerak taldearen menpekoak direla ikusten da, talde experimentalean 63 (%68,5) eta kontrol taldean 19 (%23,5). Alde hau esanguratsua dela baieztatzeko Chi-Karratuaren proba erabili da. $p < 0,0001$ izanik, talde batean edo bestean egotearen dependentzia aldagaiak azalduko duen emaitzarekin ikusten da.

Cramer-en V koefizienteak, 0,4499 erlazio indartsua dela adierazten du eta Momien arrazoiak (OR) talde experimentalean kontrol taldean baino 7,09 bider

gehiagotan (konfiantza tarte (3,604;13,943)) topatuko dira laburtasun irizpidea betetzen dutenak.

D5. *Modeloa diseinu intentzioarekin bat dator.* Dimentsio honen barruan modeloaren kokapen egokia, eragiketen egokitasuna eta eragiketa sekuentzia hoberenarekin bat etortzea aztertzen da

	Aurre-testa		
	Kontrol taldea	Esperim.	p-balioa (Chi karr.)
<i>Modeloaren kokapen egokia</i>	30 (%85,7)	29 (%82,9)	0,7426
<i>Eragiketa ez egokiak</i>	11 (%31,4)	13 (%37,1)	0,6145
<i>Eragiketa sekuentzia hoberenarekin bat dator</i>	6 (%17,1)	4 (%11,4)	0,4945

	Test-ondoa				
	Kontrol taldea	Esperim.	p-balioa (Chi karr.)	Cramer V	O.R.
<i>Modeloaren kokapen egokia</i>	34 (%42)	73 (%79,3)	0,0001	0,3839	5,31
<i>Eragiketa ez egokiak</i>	41 (%50,6)	13 (%14,1)	0,0001	0,4069	0,16
<i>Eragiketa sekuentzia hoberenarekin bat dator</i>	17 (%21)	67 (%72,8)	0,0001	0,5176	10,09



5.15 Taula. Modelo kokapen egokia, eragiketa ez egokiak eta eragiketa sekuentzia hoberenarekin bat etortzea taldeka aurre-test eta test-ondoan.

Aurre-testean hiru adierazleentzat ematen diren emaitzak ez dute desberdintasun adierazgarriarik adierazten taldeen artean.



Test-ondoan, modeloaren kokapen egokia talde esperimentalean gehiagotan ematen da, 73 modelotan (%79,3) kontrol taldean baino, 34 modelotan (%42). Desberdintasun estatistikoki adierazgarria da eta erlazio moderatu-altua kontsideratzen da Cramer-en V, 0,3839 baita. Odds Ratioa-k gertaera hau talde esperimentalean 5,31 bider gehiagotan ematen dela erakusten du.

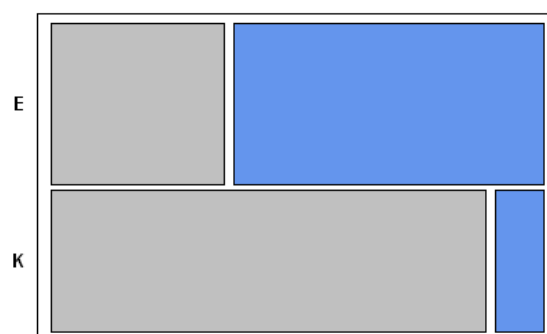
Eragiketa ez egokiak dituzten modeloen kopuruak, 13 (%14,1) talde esperimentalean eta 41 (%50,6) kontrol taldean dira. Beraz, taldea eta aldagai honen emaitzaren artean erlazio dagoela, ziurta daiteke %95 konfiantza mailaz. Erlazio moderatu-altua da eta 6,25 aldiz gehiagotan topa daiteke kontrol taldean talde esperimentalean baino.

Eragiketa sekuentzia hoberenarekin bat etortzen diren modeloak, test-ondoan, kopuru nabarmen handiagoaz topa daitezke talde esperimentalean, 67 (%72,8), kontrol taldeko 17-ren (%21) aurrean. Desberdintasun estatistikoki honen erlazio maila altua da (Cramer-en $V=0,5176$) eta Odds Ratio koefizienteak, 10 aldiz gehiago ematen dela gertaera hau talde esperimentalean adierazten du.

Aurre-testa			
Taldea	Ez-dis.int. 	Dis.int 	Ilara Totala
E	31	4	35
	%88,57	%11,43	%50,00
K	31	4	35
	%88,57	%11,43	%50,00
Zutabe Totala	62	8	70
	%88,57	%11,43	%100,00



Test-ondoa			
Taldea	Ez-dis.int. 	Dis.int 	Ilara Totala
E	33	59	92
	%35,87	%64,13	%53,18
K	73	8	81
	%90,12	%9,88	%46,82
Zutabe Totala	106	67	173
	%61,27	%38,73	%100,00



5.16 Taula eta Mosaiko Grafikoa. Modelo diseinu intentzioarekin bat etortzea taldeka aurre-test eta test-ondoan.

Adierazle hauen emaitzak kontutan izanik, diseinu intentzioarekin bat datozen modeloek, kokapen egokiarekin, eragiketa egokiekin eta bere diseinu sekuentzia, eragiketa sekuentzia hoberenarekin etorri behar dute.

Aurre-testean, diseinu intentzioarekin bat datozen modelo kopurua bera da: bi taldeetan, 4 modelo (%11,4). Beraz, ez da desberdintasun estatistiko adierazgarririk antzematen.

Test-ondoan, talde esperimentalean 59 modelo (%64,1) aurkitzen dira eta 8 modelo (%9,9) kontrol taldean. Chi karratuaren frogak, taldeen arteko desberdintasuna adierazgarria dela nabarmentzen du ($p < 0,0001$). Cramer-en V koefizienteak (0,5557) erlazio altua dagoela talde eta aldagaiaren artean adierazten du eta Odds Ratioak (OR=16,3 konfiantza tarte (7,006; 37,9863)) talde esperimentalean kontrol taldean baino zenbat bider gehiagotan gertaera hau ematen den azaltzen du.

2. Multzo muntaketa proba

Multzo muntaketaren probaren bidez, O_{3E} eta O_{3K} behaketak jaso dira. Multzo muntaketaren proban, ikerketa subjektuei proba burutzeko, piezen fitxategiak eta multzo planoak entregatzen zaizkie. Probak jaso eta datuen analisia burutzeko identifikatu diren aldagaietan sailkatu eta aztertu egiten dira.

M1 Multzoa osoa da. Dimentsio honetan multzoko pieza guztien erabilera muntaketan egiaztatzen da. Kokapen egokia badute eta elkarrekin interferentziarik ez badago, multzo osoa kontsideratzen da (5.17 taula). Talde esperimentaleko 5 probek eta 7-k kontrol taldean, pieza baten falta dute. Maiztasun handiena, falta diren piezen artean, 12 markako piezarena da (esfera). Talde arteko konparazioa egiten bada, ez dago desberdintasun estatistikoki adierazgarririk Chi karratua frogatik lortzen den p-balioaren arabera (0,5246).

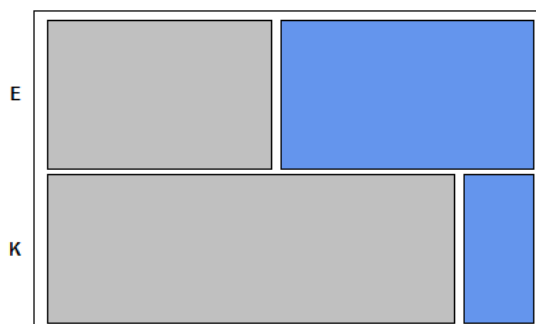
Multzo osoa			
Taldea	Ez-osoa ■	Osoa. ■	Ilara Totala
E	5	29	34
	%14,71	%85,29	%50,00
K	7	27	34
	%20,59	%79,41	%50,00
Zutabe Totala	12	56	68
	%17,65	%82,35	%100,00

5.17 Taula eta Mosaiko Grafikoa. Multzo osoa.

M2. *Multzoa baliozkoa da.* Dimentsio honetan multzoak eta multzoarekin erlacionatutako fitxategiek ez dutela errore mezurik egiaztatzen da. Talde esperimental eta kontrol taldearentzat emaitza bera izan da: %100 baliozkoak kontsideratzen dira. Ondorioz, talde arteko desberdintasuna dimentsio honetan baztertu daiteke.

M3. *Multzoa tinkoa da.* Muntatutako multzoari mugimendu desberdinak eragiten zaizkio eta mugimendu horiek multzoaren funtzionamenduaren arabera jasateko gaitasuna neurtzen da. 3, 4 eta 5 piezen mugimendu egokiak izanez gero, multzo tinkoa kontsideratzen da. Talde esperimentaleko 18 multzo (%52,9) tinkoak dira, kontrol taldean berriz 5 multzo (%14,7). Chi karratuaren frogak talde eta multzoaren tinkotasunaren artean dependentzia dagoela ziurtatzen du %95 konfiantza mailarentzat ($p=0,0009$). Cramer-en V koefizientea (0,4041) erlazioa moderatu altu moduan interpretatu daiteke eta Odds ratioak multzoaren funtzionamendu egokia talde esperimentalean 6,52 gehiagotan emango dela adierazten du, (2,04;20,89) konfiantza tartearekin.

Multzo tinkoa			
Taldea	Ez-tinkoa	Tinkoa	Ilara Totala
E	16	18	34
	%47,06	%52,94	%50,00
K	29	5	34
	%85,29	%14,71	%50,00
Zutabe Totala	45	23	68
	%66,18	%33,82	%100,00



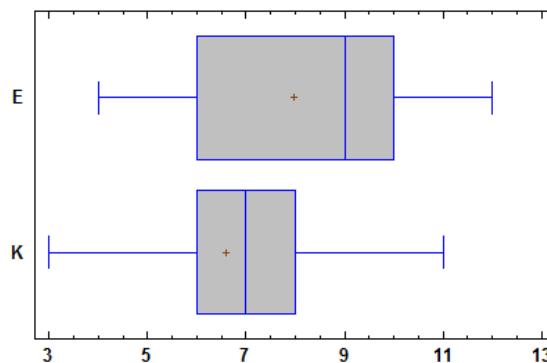
5.18 Taula eta Mosaiko Grafikoa. Multzo tinkoa.

M4. Multzoa laburra da. Multzo laburra kontsideratzeko piezen arteko erlazioak aztertzen dira. Pieza batek behar dituen erlazioak baino gutxiago baditu, azpimugaturtat eta behar dituenak baino gehiago baditu, gainmugaturtat hartuko da. Laburra izateko pieza guztiek erlazio kopuru egokia eduki behar dute, multzoaren funtzionaltasuna mantenduz. Emaitzetan, talde esperimentaleko %5,9-a (2 multzo) eta kontrol taldean batere, ageri dira. Talde arteko desberdintasun esanguratsua denik, ezin da esan.

Laburtasunean sakontzeko, erlazio kopuru egokiarekin mugaturtako piezak zenbatzen dira eta hauen banaketa azertu. 5.19 taulako eta Boxplot diagraman bi laginen banaketaren laburpen bat ikusten da. Talde esperimentalarentzat, mediana 9 pieza erlazio egokiekin mugaturta multzokoa da, kontrol taldean berriz 7-koa. Barreiadura azertuz, bi taldeentzat berdina da, aldiz kuartil artekoa, handiagoa talde esperimentalarentzat. Beraz, medianatik behera gertuen dauden multzoen %25-a 9 eta 6 piezen artean kokaturko da, kontrol taldean aldiz, 7 eta 6 pieza artean.

Banaketen asimetria eta kurtosi (zapaltasun-koefizientea) estandarizatuek, laginen banaketa normal batera hurbildu daitezkeela pentsarazi dezakete, beraien balioak -2 eta +2-aren artean baitaude. Hala ere, banaketa normalarekin doikuntza egokitasuna Shapiro Wilk testaren bidez egiten bada, bi banaketak normalarekin bat ez datozela ikusi daiteke (esperimentalean $p=0,0167$ eta kontrol taldean $p=0,0164$).

Taldea	Erlazio kopuru egokia	
	E	K
Zenbatekoa	34	34
Bataz bestekoa	7,970	6,588
Mediana	9,0	7,0
Desbideraketa estandarra	2,380	2,244
Minimoa	4,0	3,0
Maximoa	12,0	11,0
Heina	8,0	8,0
Behe kuartila	6,0	6,0
Goiko kuartila	10,0	8,0
Kuartilarteko heina	4,0	2,0
Asimetria estandarizaturia	-0,321	-0,679
Kurtosi estandarizaturia	-1,446	-0,863



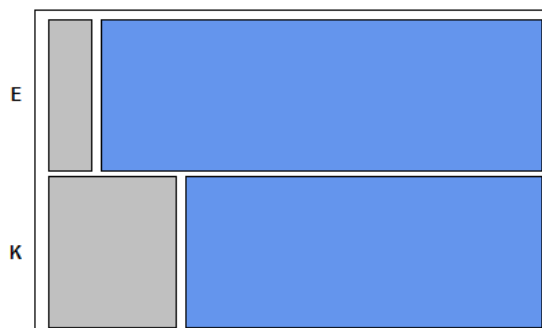
5.19 Taula eta Boxplot Grafikoa. Erlazio kopuru egokiarekin mugatutako pieza kopurua multzoan.

Ondorioz, medianaren hipotesi kontrastea (Mann-Whitneyren W proba) burutu eta bi taldeetako laginen medianen artean desberdintasun estatistikoki adierazgarria dagoela ziurta daiteke ($W=394,5$; $p=0,0236$). Efektuaren tamainaren neurri moderatua (Cohen-en $d=0,59$), talde esperimentalaren aldekoa da, hau da, talde esperimentaleko eta kontrol taldeko multzo bana hausaz hartzen bada, %66 aukera dago talde esperimentaleko multzoak erlazio kopuru egokia duen piezen zenbatekoa handiagoa izatea, kontrol taldekoak baino.

M5. Multzoa diseinu intentzioarekin bat dator. Multzoa diseinu intentzioarekin bat etortzeko, multzoaren pieza finko egokia izan behar du, piezen arteko erlazioak diseinu intentzioarekin lerrotatuta egon behar dira eta muntaketa sekuentziak diseinu intentzioa jarraitu behar du.

Multzoaren oinarri bezala 1 markadun pieza identifikatzen da eta multzoaren muntaketan pieza finko bezala aukeratu den egiaztatzen da. Talde esperimentala (%91,2) eta kontrol taldearen artean (%73,5) aldea badago ere, diferentzia hau ez da gutxigatik estatistikoki adierazgarria (Chi Karratua, $p=0,0563$).

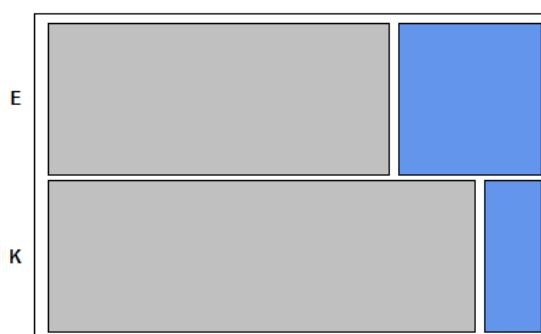
<i>Multzoa 1 pieza finkoa</i>			
<i>Taldea</i>	<i>Ez</i> ■	<i>Bai</i> ■	<i>Ilara Totala</i>
E	3	31	34
	%8,82	%91,18	%50,00
K	9	25	34
	%26,47	%73,53	%50,00
<i>Zutabe Totala</i>	12	56	68
	%17,65	%82,35	%100,00



5.20 Taula eta Mosaiko Grafikoa. Multzoa 1 piezatik hasi.

Multzoaren piezen muntaketan, piezen artean definitzen diren erlazioek, diseinu intentzioa jarraitzen duten egiaztatzen da. Diseinu intentzioarekin bat datozela kontsideratzeko, erlazio guztiek bete beharko dute baldintza hori. Kasu honetan ere ehunekotan desberdintasun nabaria da talde esperimentalaren (%29,4) eta kontrol taldearen artean (%11,8), baina ez da estatistikoki adierazgarria (Chi Karratua, $p=0,0563$).

<i>Piezen erlazioek dis. int. jarraitu</i>			
<i>Taldea</i>	<i>Ez</i> ■	<i>Bai</i> ■	<i>Ilara Totala</i>
E	24	10	34
	%70,59	%29,41	%50,00
K	30	4	34
	%88,24	%11,76	%50,00
<i>Zutabe Totala</i>	54	14	68
	%79,41	%20,59	%100,00



5.21 Taula eta Mosaiko Grafikoa. Piezen erlazioek diseinu intentzioa jarraitu.

Piezen muntaketa sekuentzia diseinu intentzioa jarraitzen dutela baiezkotzat hartzeko, multzoak, 4.5 Ikerketa instrumentuen atalean aditu panelak hobesten duen muntaketa sekuentziaren baldintzak, bete behar ditu. Talde esperimentalean, 24 multzok (%70,6) eta kontrol taldean, 11 multzok (%32,4) betetzen dute aurreko irizpidea.

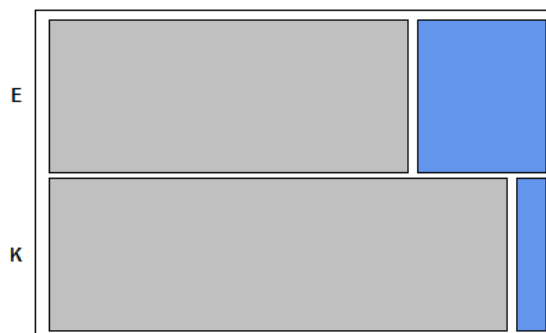
Talde arteko desberdintasun estatistikoki adierazgarria dela (Chi Karratua $p=0,0016$) eta ikerketa tratamenduaren efektu moderatu altua izan dela (Cramer-en $V=0,3825$) ikusi daiteke. Momien arrazoiak (odds ratioak) talde esperimentalean 5,02 bider gehiagotan gertaera hau ematen dela kontrol taldean baino agerian uzten du (1,79; 14,05) konfiantza tartearekin.

Muntaketak dis. int. jarraitu			
Taldea	Ez ■	Bai ■	Ilara Totala
E	10	24	34
	%29,41	%70,59	%50,00
K	23	11	34
	%67,65	%32,35	%50,00
Zutabe Totala	33	35	68
	%48,53	%51,47	%100,00

5.22 Taula eta Mosaiko Grafikoa. Muntaketak diseinu intenzioa jarraitu.

Beraz, aurreko adierazleen emaitzak kontutan hartuz, multzoa diseinu intenzioarekin bat datorren dimentsioaren analisia burutzen da. Talde esperimentaleko %26,5-ak (9 multzo) diseinu intenzioa jarraitzen dute, kontrol taldeko %5,9-aren (2 multzo) aurrean. Chi karratuaren frogak diferentzia estatistikoki adierazgarria dela ziurtatzen du ($p=0,0211$) %95 konfiantza mailarentzat. Cramer-en V koefizienteak (0,2796) tratamenduaren efektua dimentsio honetan moderatua dela adierazten du eta Odds ratioak, tratamendua jaso duten subjektuen multzoek 5,76 (1,14; 29,07) gehiagotan diseinu intenzioarekin bat egiten dutela, tratamendua jarraitu ez dutenak baino, adierazten du.

Multzoak dis. int. bat			
Taldea	Ez ■	Bai ■	Ilara Totala
E	25	9	34
	%73,53	%26,47	%50,00
K	32	2	34
	%94,12	%5,88	%50,00
Zutabe Totala	57	11	68
	%83,82	%16,18	%100,00



5.23 Taula eta Mosaiko Grafikoa. Multzoak diseinu intentzioarekin bat.

3. Planoaren proba

O_{4E} eta O_{4K} behaketak, planoaren probaren ondorio dira eta datuak, proban identifikatu diren aldagaietan sailkatu eta aztertu dira.

P1. Piezaren interpretazio geometriko zuzena. Lehenengo dimentsioan, multzoko pieza baten planoak sortzeko, ikerketa subjektuak modelatu behar duen modeloa ebaluatzen da. Jatorrizko eskalan, modeloa osoa, akatsekin edo nulua kontsideratu daiteke. Bestalde, akatsak aztertzerakoan, piezaren interpretazioan mataderaren faltak, intzidentzia altua izan du modeloak “akatsekin” mailan sailkatzeko. Honenbestez, emaitzen adierazpenean, matadera akats bakar moduan duten modeloak zenbakitzea erabaki da. Aldaketa honekin, eskalak (1) osoa, (2) matadera bakarrik falta da eta (3) bestelako akatsak izango dira. Modelo nulurik ez denez topa, emaitzak argiago azaltzeko, laugarren eskala-maila ezabatu da.

Laginean, oso bezala sailkatu daitezkeen modelo kopurua 64 (%68,9) talde esperimentaletan eta 3 modelo (%4,9) kontrol taldean dira. Era berean, modeloan matadera akats bakar moduan dutenen kopurua 13 modelo (%14) talde

esperimentaletan eta 46 modelo (%74,1) kontrol taldean dira. Aurreko kontingentzia taulak, matadera interpretatzeko zailtasunak nabarmentzen ditu, batez ere, kontrol taldean. Hala ere, talde esperimentalean akatsen %45, mataderaren interpretazio okerragatik izan dira. Matadera ez identifikatzearen arrazoia, akats puntualak kenduta, multzoaren funtzionamenduaren ulermen ezarengatik izan daiteke, hau da, piezen arteko erlazioen azterketa sakona ez egitearena modelaketa hasi aurretik. Bestelako akatsen kopurua, antzeko da bi taldeentzat, 16 (%17,2) esperimentalean eta 13 (%21) kontrol taldean.

Interpretazio geometrikoa				
Taldea	1 ■	2 ■	3 ■	Ilara Totala
E	64	13	16	93
	%68,82	%13,98	%17,20	%60,00
K	3	46	13	62
	%4,84	%74,19	%20,97	%40,00
Zutabe Totala	67	59	29	155
	%43,23	%38,06	%18,71	%100,00

5.24 Taula eta Mosaiko Grafikoa. Piezaren interpretazio geometrikoa.

Chi karratuaren test aplikatuta, $p < 0,0001$ lortzen da. Beraz, zutabe eta hilaren arteko independentzia baztertu daiteke %95 konfiantza mailaz. Honek adierazten du, osotasunaren kasu partikularrean, emaitzak taldearekin erlazionatua daudela.

Talde eta interpretazio geometriko zuzenaren arteko erlazioaren neurria ikusteko, Cramer-en V kalkulatzeko da eta indartsua dela ikusten da (0,6765).

P2 Marrazketa arauen arabera Piezaren adierazpen zuzena. Dimentsio honen barruan lehenik, eskala egokiaren (P2a), bista egokien (P2b), ebakidura eta sekzio egokien (P2c) erabileraren maiztasuna aztertuko da, taldeen arabera diferentziak topatu nahian.

Adierazlea	Taldea	Eskala			Chi Karratua (p)	Cramer-en V
		1 ■	2 ■	3 ■		
Eskala	E	81 (%87,1)	12 (%12,9)	-	p=0,7783	-
	K	53 (%85,5)	9 (%14,5)	-		
Bista	E	78 (%84,8)	5 (%5,43)	9 (%9,8)	p=0,0439	0,2015
	K	42 (%67,7)	7 (%11,3)	13 (%21)		
Ebakidura eta sekzio	E	47 (%50,5)	36 (%38,7)	10 (%10,7)	p<0,0001	0,5495
	K	7 (%11,3)	19 (%30,6)	36 (%58,1)		

5.25 Taula. Eskala, bista eta ebakidura eta sekzio adierazleak.

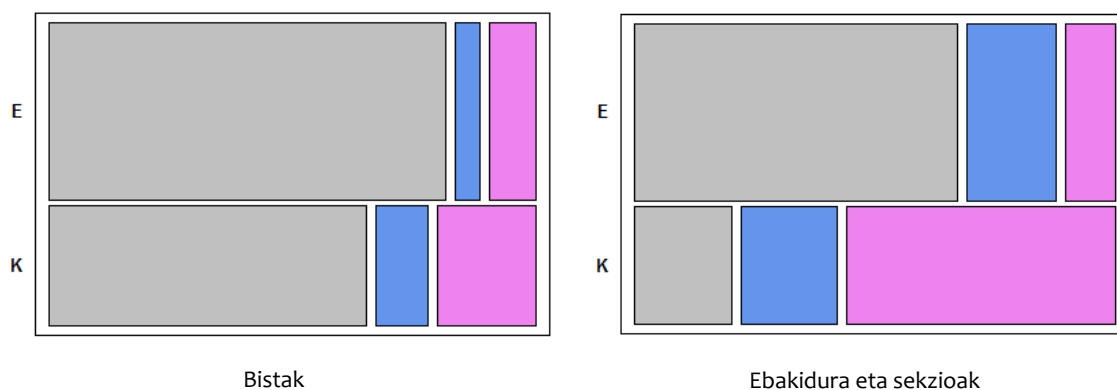
Eskala egokiaren erabilera aldagai dikotomiko moduan neurtzen da, 1-Bai eta 2-Ez. Bi taldeetan antzeko emaitza subjektuen ehunekotan lortzen da, %87,1 (81 plano) talde esperimentalean eta %85,5 (53 plano) kontrol taldean. Talde eta eskalaren arteko independentzia hipotesia abiapuntu izanda, Chi karratuaren testa burutzen da, p-balioa 0,7783 ($>0,05$) lortuz. Beraz, independentzia hori ezin da baztertu %95 konfiantza mailarekin.

Bista, eta ebakidura eta sekzioen egokien erabileraren kasuan, hiru mailetan bereizten dira planoak:

Bisten kasuan, planoak honela sailkatzen dira: (1) egokiak dira, talde esperimentalean 78 plano (%84,8) eta kontrol taldean 42 plano (%67,7), (2) bi akats edo gutxiago dituzte, 5 (%5,43) esperimentalean eta 7 (%11,3) kontrol taldean eta (3) akats gehiago dituzte, 9 (%9,8) esperimentalean eta 13 (%21) kontrol taldean. Talde esperimentalean, bista egokiak dituzten planoek ehunekoa altuago dute. Chi karratuaren testak, p=0,0439 batekin, desberdintasun estatistikoki adierazgarria dela azaltzen du, hala ere, talde eta aldagaiaren arteko erlazioa moderatu-baxua dela ikusten da (Cramer-en V=0,2015).

Ebakidura eta sekzioen egokien erabilera aztertzean, (1) egokiak dituztenak 47 plano (%50,5) esperimentalean eta 7 plano (%11,3) kontrol taldean dira, (2) bi akats edo gutxiago dituztenak, 36 (%38,7) esperimentalean eta 19 (%30,6) kontrol taldean dira, (3)

akats gehiago dituztenak 10 (%10,7) esperimentalean eta 36 (%58,1) kontrol taldean dira. Taldean arteko desberdintasuna nabaria ikus daiteke ebakidura eta sekzio egokiak dituztenen artean eta bi akats baino gehiago dituztenen artean. Chi karratuko p-balio baxuak ($p < 0,0001$) talde eta aldagaiaren arteko erlazioa dagoela adierazten du eta Cramer-en V-ak erlazio indartsua dela (0,5495).



5.26 Mosaiko Grafikoak. Bista eta ebakidura eta sekzio adierazleak.

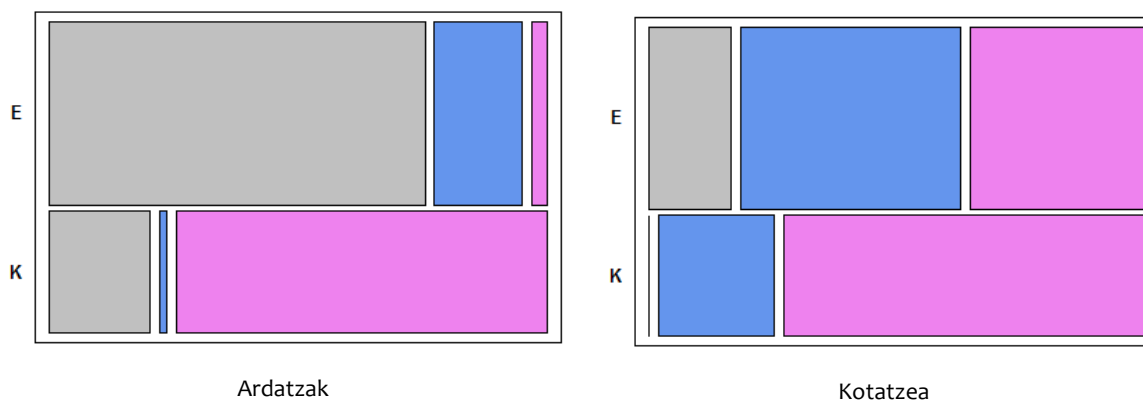
Hurrengo plano probako lau aldagaiak, ardatzen adierazpen zuzena (P2d), kotatze zuzena (P2e), perdoiak zuzenak (P2f) eta gainazal akaberak egokiak (P2g) aztertu dira. Aldagaiak neurtzeko erabili den eskala honako da: (1) aldagaia osoki betetzen da, (2) aldagaiko hiru elementu edo gutxiago (ardatz, kota, perdoi edo akaberarenak) falta dira edo oker adierazita daude eta (3) aldagaia ez da aurreko baldintzetan betetzen.

Ardatzen erabilera aztertzen bada, taldeen arteko diferentzia nabari dagoela sumatzen da, adibidez, talde esperimentaleko 73 planok (%78,5) ez dute ardatzik faltan eta kontrol taldean 13 planok (%21-a). Solid Edgek, modelotik lortutako bistetan ez ditu ardatzen beharra automatikoki detektatzen, beraz, erabiltzailearen baitan geratzen da ardatzen marrazketa. Chi karratuko p-balio baxuak ($p < 0,0001$), talde eta aldagaiaren arteko erlazioa dagoela adierazten du eta Cramer-en V-ak, erlazio indartsua dela (0,7759).

Adierazlea	Taldea	Eskala			Chi Karratua (p)	Cramer-en V
		1 ■	2 ■	3 ■		
Ardatzak	E	73 (%78,5)	17 (%18,3)	3 (%3,2)	p<0,0001	0,7759
	K	13 (%21)	1 (%1,6)	48 (%77,4)		
Kotatzea	E	16 (%17,2)	43 (%46,2)	34 (%36,6)	p<0,0001	0,4132
	K	0 (%0,0)	15 (% 24,2)	47 (%75,8)		
Perdoiak	E	8 (%8,6)	47 (%50,5)	38 (%40,9)	p<0,0001	0,6055
	K	0 (%0,0)	0 (%0,0)	62 (%100,0)		
Gainazal akaberek	E	10 (%10,8)	28 (%30,1)	55 (%59,1)	p<0,0001	0,4653
	K	0 (%0,0)	0 (%0,0)	62 (%100,0)		

5.27 Taula. Ardatzak, kotatzea, perdoiak eta gainazal akaberek adierazleak.

Planoaren kotatzean, talde esperimentaleko planoen banaketa erdiko eskala mailan kontzentratzen da 43 (%46,2), aldiz, kontrol taldeko planoen gehiengoa 47 (%75,8) azken mailan sailkatzen dira. Aldagai honentzako Chi karratuaren probak desberdintasun estatistikoki adierazgarria azaltzen du ($p < 0,0001$) eta Cramer-en V koefiziente moderatu altua (0,4132).



5.28 Mosaiko Grafikoak. Ardatzak eta kotatze adierazleak.

Taldeen programa didaktikoen desberdintasunak, planoen kotatze desberdintasuna azaldu dezake, izan ere, aipatu den bezala, kontrol taldeko zenbait azpitaldeetan atal hau azaletik jorratu da. Hala ere, kotatzea, ikerketa subjektuek menderatu beharreko ezagutza bat da. Are nabariagoa da perdoi eta gainazal akaberen

kasua, non ikerketa subjektuek aurreneko mailan lortutako ezagutzak aplikatu behar dituzten eta ikusten den bezala, kontrol taldean, ez da kontutan dituen planorik existitzen. Esan beharra dago, talde esperimentalean, perdoi eta gainazal akaberrak guztiak dituzten plano kopurua %10 inguruan dagoela. Datu hauekin Chi karratuaren probak (bi aldagaietarako $p < 0,0001$) adierazgarri izatea eta erlazioak altuak izatea (perdoi eta gainazal akaberan) ez da batere arraroa.

P2h-n, perspektiba isometrikoaren adierazpena planoetan zenbakitzen da. Perspektiba isometrikoaren erabilera piezaren planoaren ulermena errazteko baliozko bista moduan kontsideratu da eta arrazoi honengatik aztertu da. Eskala dikotomiko batekin (bai/ez) perspektiba isometrikoaren erabilera neurtzen da. Talde esperimentaleko portzentaje %68,8-koa da, kontrol taldekoa aldiz %46,8-koa. Aldea estatistikoki adierazgarria dela ikusi daiteke ($p < 0,05$) eta Cramer-en V koefizienteak (0,2204) erlazio moderatua adierazten du. Odds Ratioak aldiz, talde esperimentalean 2,5 aldiz gehiagotan perspektiba isometrikoaren erabilera topatuko dela kontrol taldean baino, bere konfiantza tarte 1,29-4,88 izanik, erakusten du.

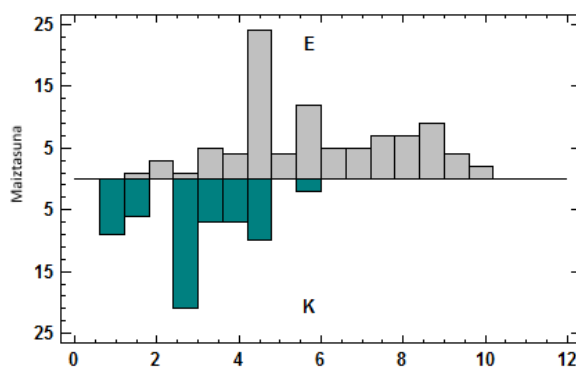
Adierazlea	Taldea	Eskala		Chi Karratua (p)	Cramer-en V	OR (K.T)
		Bai	Ez			
Perspektiba Isometriko	E	64 (%68,8)	29 (%31,2)	p=0,0061	0,2204	2,51 (1,29;4,88)
	K	29 (%46,8)	33 (%53,2)			

5.29 Taula. Perspektiba isometrikoa.

Azkenik, piezaren interpretazioan izan duen eraginarengatik mataderaren adierazpena aztertzen da eta talde esperimentalean, %82,8-k era zuzen batean interpretatu eta adierazi dute, kontrol taldeko %6,4-aren aurrean. Talde esperimentaleko portzentaje horretatik %66,2-ak ondo kotatu du matadera. Beraz, talde esperimentalaren eta kontrol taldearen arteko desberdintasun estatistikoki adierazgarria nabaria da ($p < 0,0001$). Bestalde, kontutan izan behar da, aurretik aztertutako adierazleen zuzenketa banandua izan dela, hau da, adierazleek ez dute elkarren arteko eraginik zuzenketan.

P3 Adituen irizpideekin ezarritako nota planoari. Adituek adostutako irizpideekin, planoari puntuazio bat ematen zaio betetzen dituen irizpideen arabera (4.5 Ikerketa instrumentuak atalean plano proba ikusi). Lagina aztertu eta hurrengo emaitzak lortu dira (irudia):

Taldea	Adituen nota	
	E	K
Zenbatekoa	93	62
Bataz bestekoa	5,983	2,887
Mediana	6,0	2,5
Desbideraketa estandarra	2,045	1,262
Minimoa	1,75	0,75
Maximoa	10,0	5,75
Heina	8,25	5,0
Behe kuartila	4,5	2,5
Goiko kuartila	7,75	4,0
Kuartilarteko heina	3,25	1,5
Asimetria estandarizatu	0,691	0,445
Kurtosi estandarizatu	-1,643	-1,207



5.30 Taula eta Grafikoa. Adituen irizpideekin ezarritako nota.

Nahiz eta asimetria eta kurtosi (zapaltasun-koefizientea) estandarizatuak laginen banaketa normal bati jarraitu al diotela adierazi, beraien balioak -2 eta +2-aren artean aurkitzen baitira, banaketa normalarekiko doikuntza aztertu egiten da. Subjektu kopura bi taldeetan 50 baino handiagoa denez, Kolmogorov-Smirnov-en froga erabili da eta bi banaketak normalarekin ez datozela bat %95 konfiantza mailarekin ikusten da (talde esperimentalean $p=0,0009$ eta kontrol taldean $p=0,0033$).

Beraz, taldeen desberdintasunak aztertzeko estatistika froga ez-parametrikokoak erabili dira. Banaketa normala jarraitzen ez dutenez, medianaren hipotesi kontrastea (Mann-Whitneyren W proba) burutzen da. $W=556,5$ $p<0,0001$ denez, bi taldeetako laginen medianen artean desberdintasun estatistikoki adierazgarria dagoela ziurra daiteke. Erlazioaren tamaina (efektu tamaina) kuantifikatzeko Cohen-en d-a erabili da (1,823) eta talde eta akats kopuruaren arteko erlazio oso indartsua dela ikusten da.

Talde esperimentaleko datuak barreiatuta handiagoa dute kontrol taldearekin alderatuta. Kuartil arteko heina aztertzen bada, talde esperimentalean %50 datuen kokapena, 4,5tik 7,75ra doa. Kontrol taldean aldiz, probako subjektuen plano kopuru erdia 2,5etik 4ra doa. Kontutan hartu behar da, planoen definizioan, bi taldetako puntuazioa perdoi eta gainazal akaberatan oso baxua izan dela, gehienbat kontrol taldean eta bi adierazle hauek, planoko 10 puntuetatik 2 puntu balio zutela.

Hipotesiaren ebaluazioa

Hipotesiaren egiaztapena oinarritzeko, diseinatu diren hiru proben emaitza esanguratsuenak eztabaidatzen dira ondoren.

	<i>E (%)</i>	<i>K (%)</i>	<i>Gehikuntza (%)</i>	<i>Cramer-en V</i>	<i>Efektuaren tamaina</i>
D1. Modelo osoa	32,6	8,6	24,0	0,297	***
D1a. Akats kopurua	1,0 (m)	2,0 (m)	-50,0	0,804 (d)	*****
D2. Modeloa baliozkoa	90,2	75,3	14,9	0,2711	***
D3. Modelo tinkoa	17,4	3,7	13,7	0,2184	**
D3a. Zirriborroen erabateko definizioa	19,6	9,9	9,7	-	Ez adierazgarria
D3b. Aldaketak jasateko gaitasuna	66,3	32,1	34,2	0,3414	***
D4. Modelo laburra	68,5	23,5	45,0	0,4499	*****
D4a. Zirriborroan soberako elementuak	7,6	33,3	-25,7	0,323	***
D4b. Eragiketa anizkunak	26,1	66,7	-40,6	0,4069	*****
D4c. Eragiketa Kopurua	10,0 (m)	10,0 (m)	0,0	-	Ez adierazgarria
D5. Diseinu intentzioarekin bat dator	64,1	9,9	54,3	0,5557	*****
D5a. Modeloaren kokapena	79,3	42,0	37,3	0,3839	*****
D5b. Eragiketen egokitasuna	14,1	50,6	-36,5	0,4069	*****
D5c. Eragiketa sekuentzia hoberenarekin	72,8	21,0	51,8	0,5176	*****

5.31 Taula. Pieza probaren laburpena. (d) Cohen-en d balioa. (m) medianaren balioa aldagai

kuantitatiboentzat. Efektuaren tamainaren interpretazioa *baxua, ***moderatu eta *****altua.

Pieza baten modelaketa proban, aurre tratamendu eta tratamendu osteko proben datuak jaso dira. Aurre tratamenduko probak, hausazko esleipena bideragarria ez diren ikerketa enpirikoetan, ikerketa taldeen subjektuen hasierako ezagutza mailen berdintasuna neurtzeko balio du (Slavin, 2007) eta ikerketaren baliozkotasun maila igotzen du. Datuen emaitzek, definitu diren dimentsio eta adierazle guztientzat bi taldeen arteko berdintasuna adierazten dute aurre testean, zirriborroan soberako edo elementu bikoiztuen adierazlearentzat ezik, non desberdintasun estatistikoki adierazgarri bat azaltzen da. Talde esperimentaleko laginean, adierazle honen betetze maila handiagoa kontrol taldean baino (soberako elementu gehiago dituzte) eta talde eta adierazlearen arteko erlazio moderatua ikusten da (Cramer $V=0,2891$).

Tratamendu ostean, 5.31 taulan ikusten den moduan, modeloentzat definitu diren dimentsioetan, diferentzia estatistikoki adierazgarria antzematen da ikerketa taldeen artean. Modeloaren osotasuna aztertzen bada, molde emearekin egindako zuzenketa burutu eta gero, talde esperimentalean modelo osoen portzentajearen aldea nabaritzen da (%32,6, kontrol taldeko %8,6-aren aurrean). Gertaera hau modeloaren osotasuna dimentsio barruan nabariagoa da, non akats kopuruaren batz bestekoaren %50-eko murrizketa talde esperimentalaren aldeko den. Irakasgaiaren planteamendu berriak, modelaketa prozesuaren hausnarketa sustatzen duten jardueraz laguntzen da. Jarduera hauen ondorioz, ikasleak hausnarketa ohitura barneratua du, modelaketa sekuentzia hobereana bilatzeko eta badirudi akats kopuruaren murrizketan eragina duela.

Modelo probaren zuzenketa irizpideetan azaldu bezala, eskala dikotomikoaren alde egin da, nahiz eta bi muturren artean zuzenketak banatzen dituelako eta zenbait kasuetan murriztailea kontsideratu daitekeelako, bere erabilera eztabaidagarria izan. Era berean, eskala dikotomikoak objektibotasun maila handiagoa bermatzen du tarteko eskalak erabiltzen badira eta hauen banaketa irizpideak erabat argiak ez badira baino. Aipatu den ezaugarri murriztailearen ondorio, modeloaren tinkotasunaren kasua izan daiteke. Modelo tinkoa kontsideratzeko baldintzetako bat, zirriborroaren erabateko definizio dela kontutan izan behar da, adibidez, kota baten faltak erabat definitua ez dagoela adieraziko luke. Mugaketa hau, modeloen tinkotasunaren portzentaje baxuen

atzean egon daiteke (Taula 5.10). Bestalde, jarduera programaren bidez modeloaren tinkotasuna lantzean, diseinu intentzioa abiapuntu edukita aldaketa gertagarrienak aurreikusten dira eta modeloak aldaketa horietan errore geometrikorik ez dituela ematen egiaztatzen da. Horregatik, aldaketak jasateko gaitasunak, zirriborroen erabateko definizioa baino ehuneko handiagoa azaldu dezake. Gertaera honek zirriborroen malgutasun eta zurruntasunaren orekaren eztabaida, modeloak aldaketak jasan ditzan agerian uzten du, hau da, zirriborrea guztiz definitua (Jankowsky, 2002; Johnson eta Diwakaran, 2010; Rynne eta Gaughran, 2007) edo behar haina definitua egon behar du (Company et al., 2014b)?

Modeloaren laburtasun eta diseinu intentzioarekin bat etortzea dimentsioak, talde arteko portzentaje altuenak dituzten dimentsioak dira (talde esperimentalaren alde). Efektu tamaina altua azaltzen dute eta talde esperimentaleko betetze ehunekoak, %64tik pasatzen dira proban diseinatutako modeloentzat. Dimentsioen barnean, gehikuntza handiena duen adierazlea, eragiketa sekuentzia hoberenarekin bat datorrena da (%51,8). Tratamenduaren eraginez, modelaketa sekuentzia alderraiak (Branoff eta Dobelis, 2014) murriztea eta diseinu intentzioarekin bateratasuna lortu dela esan daiteke.

Era berean, laburtasunaren dimentsioaren barruan, taldeen artean murrizketa gehien izan duen adierazlea topatzen da %40,6-arekin, eragiketa anizkunak. Talde esperimentaleko modelotan, eragiketa kopuru murriztagoa topatzen da, kontrol taldean baino. Ikerketa enpirikoek, ezaugarri hau, CAD esperientzia eta trebeziaren bereizgarri moduan babesten dute (Diwakaran eta Johnson, 2012; Hamade et al., 2007; Johnson eta Diwakaran, 2010, 2011a, 2011b; Peng et al., 2012).

Ondorio gisa, ikasketa emaitzak lantzeko erabili diren estrategietan, modelaketa aurretik azpimarratzen den modelaketaren plangintza (Chester, 2007; Lang et al., 1991; Rynne eta Gaughran, 2007) ikasleek betetzen dutela esan daiteke, emaitzek, modelo osotasunez gain, talde artean azaltzen dituzten desberdintasunak ikusirik, hala nola, aldaketak jasateko gaitasuna, modeloaren laburtasuna eta diseinu intentzioarekin

konbergentzia. Ezaugarri hauek modelo batean topatzea, modelaketa aurreko hausnarketaren ondorio direla esan daiteke.

	<i>E (%)</i>	<i>K (%)</i>	<i>Gehikuntza (%)</i>	<i>Cramer-en V</i>	<i>Efektuaren tamaina</i>
M1. Multzo osoa	85,3	79,4	5,9	-	Ez adierazgarria
M2. Multzoa baliozkoa	100,0	100,0	0,0	-	Ez adierazgarria
M3. Multzo tinkoa	52,9	14,7	38,2	0,4041	★★★★
M4. Multzo laburra	5,9	0,0	5,9	-	Ez adierazgarria
M4a. Egoki mugatutako pieza kopurua	9,0	7,0	28,6	0,59 (d)	★★★
M5. Diseinu intentzioarekin bat dator	26,5	5,9	20,6	0,2796	★★★
M5a. Multzoaren hasierako pieza	91,2	73,5	17,7	-	Ez adierazgarria
M5b. Erlazioak diseinu intentzioarekin bat	29,4	11,8	17,7	-	Ez adierazgarria
M5c. Muntaketa sekuentzia diseinu intentzioarekin bat	70,6	32,4	38,2	0,3825	★★★★

5.32 Taula. Multzo probaren laburpena. (d) Cohen-en d balioa. (m) medianaren balioa aldagai

kuantitatiboentzat. Efektuaren tamainaren interpretazioa *baxua, ***moderatua eta *****altua.

Multzo mekanikoaren muntaketa proban, piezak entregatzen zirenez, ikerketa subjektuak behetik gorako ikuspegitik muntaketa bat egitera behartuta zeuden. Beraz, behin oinarri pieza identifikatzean, piezen arteko erlazioak emanez, burutu zuten muntaketa. Proba honetan, planoaren proban bezala, ez da tratamendu aurreko probarik burutu CAD ezagutza aurreratuagoak direla kontsideratzen baitira modeloen modelaketarekin alderatuta, PBL eta ohiko edukien programek babesten duten moduan. Kontutan izan behar da, modelaketa probak aurre testean, taldeen arteko berdintasunaren aldeko emaitzak ematen dituela, adierazle batentzat ezik.

Dimentsioak aztertzen badira, osotasuna (multzoaren pieza guztiak edukitzea) eta baliozkotasuna (multzoek eta multzoarekin erlazionatutako fitxategiek ez dutela errore mezurik) neurtzen dutenetan, ez dago desberdintasun estatistikoki adierazgarririk. Multzoaren laburtasun dimentsioak ere, ez du desberdintasunik ageri,

baina honen arrazoa zuzenketan eskala dikotomikoa erabiltzea izan daiteke. Kasu honetan, multzo laburra kontsideratzeko, piezaren funtzionaltasuna bermatzen duen erlazio kopuru minimo izan behar dute multzoko pieza guztiek. Beraz, pieza bat azpi edo gain-mugatua badago, multzoa ez da laburra kontsideratzen eta honek ikerketa talde arteko diferentzia eskasa azaldu dezake. Gainera, dimentsio honen barruko egokiki muntatutako pieza kopuru adierazlea aztertzen bada, talde esperimentalean adierazlearen mediana 9-an kokatzen da eta kontrol taldean 7-an. Taldeen arteko desberdintasun estatistikoki adierazgarria ageri da eta efektuaren tamaina moderatua dela egiaztatu daiteke (Cohen-en $d=0,59$). Beraz, dimentsioak jasotzen ez badu ere, dimentsio barneko adierazleak, tratamenduaren efektuaren ondorioz, diferentzia azaltzen du.

Beste bi dimentsioak, tinkotasuna eta diseinu intentzioarekin bat etortzea, taldearekiko dependentzia azaltzen dute eta efektuaren tamaina moderatu-altua eta moderatua, hurrenez hurren. Diseinu intentzioarekin bat etortzearen dimentsio barruan, hasierako piezaren identifikazioak eta erlazioetan diseinu intentziora kontutan izatea adierazleak, ez dute estatistikoki desberdintasun adierazgarriarik, nahiz eta %17,7 gehikuntza azaldu talde esperimentaleko multzoek kontrol taldekoekin alderatuta. Erlazioen kasuan, taldeetako betetze ehuneko baxuak (talde esperimentalean %29,4), zuzenketa irizpidearen zurruntasunaren ondorio izan litezke eta honek dimentsioaren totaletan eragina du, dimentsio barneko adierazleen betetzeak, dimentsioaren totala baldintzatzen baitu. Dimentsioko azken adierazlean, talde esperimentaleko multzoetan %70,6-ak piezen muntaketa sekuentzian diseinu intentziora kontutan du, kontrol taldean baino %38,2 gehiago.

Orokorrean aztertuz, taldeen arteko multzoen osotasunean eta baliozkotasunean ez dago diferentziarik eta talde esperimentalean, multzoaren tinkotasuna eta diseinu intentziora ziurtatzeko joera bat ageri da, laburtasuna bigarren maila batera alboratuz. Talde esperimentalean, multzo planoaren interpretazio egokian hasten dira kontrol taldearekiko desberdintasunak eta muntaketaren hausnarketa eta irudikapenean jarraitzen dute, multzoaren tinkotasunak eta diseinu intentzioaren bateratasunak azaltzen duen moduan.

	<i>E (%)</i>	<i>K (%)</i>	<i>Gehikuntza (%)</i>	<i>Cramer-en V</i>	<i>Efektuaren tamaina</i>
P1. Piezaren interpretazio geometriko	68,8	4,8	64,0	0,6765	★★★★★
P2. Arauen araberako Piezaren adierazpena	1,1	0,0	1,1	-	Ez adierazgarria
P2a. Eskala egokia	87,1	85,5	1,6	-	Ez adierazgarria
P2b. Bista egokiak	84,8	67,7	17,1	0,2015	★★
P2c. Ebakidura eta sekzio egokiak	50,5	11,3	39,2	0,5495	★★★★★
P2d. Ardatzen adierazpen zuzena	78,5	21,0	57,5	0,7759	★★★★★
P2e. Kotatze zuzena	17,2	0,0	17,2	0,4132	★★★★
P2f. Perdoiak zuzenak	8,6	0,0	8,6	0,6055	★★★★★
P2g. Gainazal akaberak egokiak	10,8	0,0	10,8	0,4653	★★★★★
P2h. Perspektiba isometrikoa	68,8	46,8	22,0	0,2204	★★
P3. Adituen nota	6,0	2,9	106,9	1,823 (d)	★★★★★

5.33 Taula. Plano probaren laburpena. (d) Cohen-en d balioa. (m) medianaren balioa aldagai

kuantitatiboentzat. Efektuaren tamainaren interpretazioa *baxua, ***moderatu eta *****altua.

Planoaren probaren kasuan, piezaren interpretazio geometrikoaren zuzentasuna, plano sortzeko modeloaren egiaztapenaren bidez burutzen da eta talde arteko desberdintasun estatistikoki adierazgarria hautematen da, efektuaren tamaina altuarekin 0,6765. Zuzenketak, kontrol taldean nabarmentzen den akats bat agerian uzten du, mataderaren interpretazio eza (%74,2 intzidentzia mailarekin kontrol taldean). Matadera ez identifikatzearen arrazoa, akats puntualak kenduta, multzoaren funtzionamenduaren ulermen ezarengatik izan daiteke.

Marrazketako arauen araberako adierazpen grafiko zuzenaren barneko adierazleek, eskala egokiaren erabileraren kasuan ezik, desberdintasun estatistikoki adierazgarria azaltzen dute. Tratamenduaren efektuaren tamaina adierazle hauentzat, bista egokien erabilera eta perspektiba isometrikoaren kasuan moderatu-baxukoa da, moderatu-altukoa kotatzearen kasuan eta altukoa beste adierazle guztientzat, ebakidura eta sekzioen erabilera, ardatzen adierazpena, perdoi eta akaberen erabileran. Zuzenketetan eskala dikotomikoaren ordez, akatsak dituzten planoen

desberdintasunak bereizteko eskala politomikoa aukeratu da. Eskalaren politomikoak kotatze, perdoi eta akaberen talde arteko ñabardurak agerian uzten ditu. Hiru adierazle hauen kasuan, ikerketa taldeen arteko edukien programaren desberdintasunak azaldu ditzake efektuaren tamaina moderatu-altuak, izan ere, kontrol taldeko zenbait azpitaldeetan azaletik jorratu diren adierazleak dira. Hala ere, adierazpen grafikoko irakasgaia gainditua izanik, plano baten arauen arabera adierazpena burutzeko gai izan beharko lukete bi ikerketa taldeetako ikasleek. Are nabariagoa da perdoi eta gainazal akaberen kasua, non ikerketa subjektuek aurreko ezagutzak aplikatu behar zituzten eta ikusten den bezala, kontrol taldean ez da kontutan dituen planorik existitzen. Esan beharra dago, talde esperimentalean perdoi eta gainazal akaberek guztiak edo hiru edo gehiago faltan edo oker dituztenak, %59,1 eta %40,9 direla hurrenez hurren.

Perspektiba isometrikoaren erabilera, piezaren planoaren ulermena errazteko baliozko bista moduan kontsideratu da, nahiz eta adierazpen grafikoa marrazketa arauen arabera dela kontsideratzeko ez den kontutan hartu. Honela, talde esperimentalean plano bakarra dago adierazle guztien arabera ezin hobeto dagoena, kontrol taldean batere. Atal honetan adierazleen arteko desberdintasunez gain, planoaren adierazpenaren aldea zentzu orokorrean ikusteko, ondoren aditu panel baten irizpideekin plano bakoitzari ezarritako nota aztertzen da.

Talde arteko desberdintasun estatistikoki adierazgarria hautematen da bi ikerketa taldeen artean, betetze portzentajearen gehikuntza talde esperimentalarentzat %100 baina handiagoa izanik, kontrol taldearekin alderatuta. Datuen barreiaduran, kuartil arteko heina aztertzen bada, talde esperimentalean 4,5tik 7,75ra doa, talde esperimentaleko planoko noten balio erdiratuenak (balioen %50-a) bi zenbaki hauen arteko izanik. Kontutan hartu behar da, planoen definizioan, perdoi eta gainazal akaberatan bi taldeetako puntuazioa oso baxua izan dela, gehienbat kontrol taldean eta bi adierazle hauek planoko 10 puntuetatik 2 puntu balio zutela.

Honenbestez, planoaren adierazpen proban, taldeen arteko desberdintasunak multzo planoaren interpretazioan ikusten dira lehenik. Interpretazio akats nagusia, multzoaren funtzionamenduaren ulermenarekin zerikusia du (mataderak ez

identifikatzea), hasierako hausnarketa prozesuaren garrantzia nabarmenduz. Arauen araberako adierazpenean, talde arteko desberdintasunak adierazle guztietan, eskala egokiaren erabileran ezik, topatzen dira. Kotatze, perdoi eta gainazal akabera adierazleetan, adierazleek akatsik gabeko kasuan duten betetze maila baxuagoa bada ere beste adierazleekin alderatuta, kotatzearen kasuan adibidez, talde esperimentalako planoen bi herenak kotatze zuzena edo hiru kota edo gutxiagoetan akatsa du. Gauza bera gertatzen da perdoientzat eta maila baxuagoan gainazal akaberentzat. Azkenik, adituek ezarritako nota plano zuzenketan, tratamendua jaso dutenen eta ez dutenen ikerketa subjektuen aldea azpimarratu behar da, aurreko adierazle guztien moduan, talde esperimentalaren aldekoa izanik.

Hiru proba hauek agerian uzten dute tratamenduaren efektua emaitzen hobekuntzan. Modelaketan, muntaketan eta planoen adierazpenean, datuen interpretazio, diseinu hausnarketa eta planifikazioaren garrantzia eta eragina hautemangarria dela uste da. CAD erremintaren erabilera aurretik modelo kognitiboaren sorrerak, diseinu prozesuaren hurrengo urratsak erraztu ditzake (Chester, 2007; Rynne eta Gaughran, 2007). Tratamenduko jarduerak, Chester-ek (2007) adierazitako trebakuntza metakognitiboa bilatzen dute, ikasleak oinarrizko prozesu kognitiboak barneratu ditzan. Honela, hasierako datuen interpretazio, diseinu hausnarketa eta plangintza, elkarlaneko eta lankidetzako jardueren bitartez lantzen dira. Talde txikietan, ikasketa sustatzen duen gatazka kognitiboa sorrarazteko, eztabaida bidez, informazio eta ikuspuntuen elkar-trukea ematen da emaitza hobereenera iristeko asmoz. Trebezia eremu espezifiko bati lotuta dagoenez, jarduera hauei lanbide testuingurua ematen zaie (Field, 2004; Hartman, 2004; Wiebe, 1999), proiektu baten garapenari lotuta eta rol profesionalen eginkizunekin. Honela, ikuskatzailearen rolak, ikasleei modeloen modelaketa, multzoen muntaketa eta planoen zuzenketan ematen diren akatsez eta diseinu prozesu kognitiboaz ohartzeko balio die. Bestalde, testuinguruak, eskari profesionaleri zentzua ematen die, adibidez zero akatseko planoen adierazpen helburua zinezkoa bihurtzen da. Era berean, diseinu prozesuaren natura iteratiboak, diseinu intentzioa mantentzen dituzten modeloen aldaketen jasagarritasuna eskatzen du.

Ondorioz, hiru proba hauen emaitzen analisis oinarrituta, “proposamen didaktikoan oinarritutako trebakuntza eta ohiko irakaskuntza jaso duten ikasleen CAD modelo, multzo eta planoen artean kalitate desberdintasuna existitzen dela” hipotesiaren baliozkotasuna onartu daiteke.

5.2. Bigarren hipotesia

Bigarren hipotesiak “berrikuspen bibliografikoan identifikatu diren kalitatezko CAD modeloaren atributuak, CAD modeloaren osotasunarekin erlazionatuta daudela” dio.

Hipotesia egiaztatzeko, aurreko hipotesian erabilitako instrumentuarekin (modeloaren probarekin) lortutako aurre-testeko O_{1E} eta O_{1K} eta test-ondoko O_{2E} eta O_{2K} behaketetan oinarritzen den analisisa burutu da.

Ikerketaren atal honetan, modeloen osotasunarekin zerikusia duten aldagaien azterketa burutu nahi da, hau da, ikerketa tratamenduan zehaztu den programa didaktikoan bidez CAD modelaketaren hainbat alderdietan sakondu da eta alderdi hauen erlazioa CAD modeloen osotasunean izandako efektua aztertu nahi da. Planteamendu didaktikoak modelaketan hurrengo alderdiak nabarmentzen ditu:

- Modeloen aldaketak jasateko gaitasuna
- Modeloaren laburra izatea
- Modeloa diseinu intentzioarekin bat etortzea
- Modeloen eragiketa sekuentzia hoberenaren bilaketa

Ikerketa diseinuaren izendapena erabiliz, aldagai independentea irakaskuntza metodologia berrian oinarritzen den tratamendua da eta mendeko aldagaiak, modelo probarentzat identifikatu diren adierazle taldeak (modelo osoa izatea, modelo baliozkoa izatea, modelo tinkoa izatea, modelo laburra izatea eta modelo diseinu intentzioarekin bat etortzea). Hipotesiaren ebaluaziorako, modelo osoa adierazlearekin

beste mendeko aldagaiek duten erlazioa aztertuko da, kasu honetan, baliozkotasuna, tinkotasuna, laburtasuna eta diseinu intentzioa dimentsioekin duen lotura.

Laginaren ezaugarriak

Modelo proban aipatu bezala, aurre-testaren subjektu kopurua $n_E=35$ talde esperimentalean eta $n_K=35$ kontrol taldean izan da. Ez da hondatutako fitxategirik jaso. Test-ondoan, datu bilketak irauin dituen hiru urteetan jasotako subjektu esperimental kopurua $n_E=93$ izan da eta kontrol subjektuak $n_K=83$ koa. Datuen azterketa egiterako orduan bi fitxategi hondatuak aurkitu eta baztertuak izan dira, bata talde esperimentalean eta bestea kontrol taldean. Kontrol taldean ezohiko datuen analisisa egin ostean, ezohiko balio bat topatu da (4.6 Ikerketa prozedurak atala ikusi) eta subjektuaren proba baztertua izan da, inferentzia estatistikoan eragin nabaria eduki ez dezan.

Beraz, 1 proban jasotako laginaren ezaugarriak hurrengo taulan laburbiltzen dira:

<i>Aurre-testa</i>	<i>Taldea</i>	<i>Maiztasuna</i>	<i>Maiztasun erlatiboa</i>	<i>Maiztasun metatua</i>	<i>Erlatibo metatua</i>
	Esperimentala (E)	35	0,5000	35	0,5000
	Kontrol (K)	35	0,5000	70	1,0000

<i>Test-ondoa</i>	<i>Taldea</i>	<i>Maiztasuna</i>	<i>Maiztasun erlatiboa</i>	<i>Maiztasun metatua</i>	<i>Erlatibo metatua</i>
	Esperimentala (E)	92	0,5318	92	0,5318
	Kontrol (K)	81	0,4682	173	1,0000

5.34 Taula. Aurre-testa eta test ondoko laginaren datuak modelo probarentzat

Emaitzak

Jarduera programan landu diren CAD ezagutzaren alderdiak, identifikatutako adierazle multzoetan (dimentsioetan), jasotzen dira. Aspektu horien eragina jasotako laginetan ikusteko, modelo osoa adierazlea, beste adierazle multzoekin erlazionatzen da eta lortutako emaitzak estatistikoki aztertzen dira.

Ondoren deskribatzen den analisia, ikerketa talde bakoitzaren aurreko tratamenduko laginentzat burutu da ere. Modelo osoa kontsideratzen diren fitxategi eta ez direnen artean, ez da desberdintasun estatistikoki adierazgarrikeri ageri, adierazle gehienentzat, talde bakoitzaren barnean. Are gehiago talde artean, modelo osoa kontsideratzen diren fitxategien kontutan hartzen badira, adierazle guztientzat ez da desberdintasun estatistikoki adierazgarrikeri nabari. Ondorioz, analisiaren ulermenerako tratamendu aurretik lortutako emaitzak ez dira aipatuko, desberdintasun estatistikoki adierazgarria izan ezean.

Datuen interpretazioa errazteko, tauletan jaso dira. Modelo oso eta ez oso kopurua ehunekotan jasotzen da eta parentesi artean gertaera kopurua, hau da CAD modelo kopurua. Diferentzia estatistikoaren adierazgarritasuna aztertzeko p-balioa Fisher-en testa (lehenetsia) eta Chi Karratuaren frogaren bidez (tauletan parentesi artean ageri da) determinatzen da. Estatistikoki adierazgarria denean, Cramer-en V koefizientea eta Odds ratio koefizientea konfiantza tartearekin ematen dira efektuaren tamaina adierazteko.

D2 Modeloa baliozkoa izatea. Modelo oso batek, Solid Edge programak ohartarazten dituen erroreak azaldu ditzake, beraz errore hauen maiztasuna ondo diseinatutako modeloetan ikerketa taldeko aztertzen da eta emaitzak 5.35 taulan jasotzen dira. Talde esperimentalean baliozko fitxategien kopurua modelo oso eta ez osoentzat berdina da (%90), kontrol taldean ordea, errorerik gabeko modelo osoen portzentajea baxuagoa da (%57,1) ez osoetan baino (%77). Hala ere, talde barneko datuen arteko desberdintasuna ez da estatistikoki adierazgarria.

Nahiz eta, ehunekotan aldea egon talde esperimentalaren (%90) eta kontrol taldearen (%57,1) errorerik gabeko modelo osoa artean, p -balioak 0,05 baino handiagoa denez ($p=0,0679$) gutxigatik bada ere, ezin da desberdintasun hori estatistikoki adierazgarria dela ziurtatu.

<i>Dimentsioa</i>	<i>Taldea Barnean</i>	<i>Modelo osoa</i>	<i>Modelo ez osoa</i>	<i>p-balioa</i>	<i>Cramer-en V</i>	<i>Odds Ratio</i>
<i>Baliozko modeloa</i>	E	%90 (27)	%90,3 (56)	1	-	-
	K	%57,1 (4)	%77 (57)	0,3556	-	-
	E-K	<i>Modelo osoan</i>		0,0679	-	-

5.35 Taula. Baliozko modeloa dimentsioa

D3 Modeloa tinkoa izate. Modeloaren tinkotasunaren barruan, zirriborroaren erabateko definizioa (*D3a*) eta modeloen aldaketak jasateko gaitasuna aztertzen dira (*D3b*). Zirriborroaren definizioaren barruan, zirriborroek kotak izatea eta kotak faltan eta erlazioak faltan ez izatea neurtzen dira. Talde esperimentalaren barruan, koten erabilera handixeagoa da (%86,7) modelo osoa dutenen artean. Kontrol taldean, modelo osoko eta ez osoko ehunekoan aldea dago (%71,4 osoan eta %48,6 ez osoan). Hala ere kotatze desberdintasunak ez dira estatistikoki esanguratsuak talde barne eta talde artean.

Talde esperimentalean koten falta aztertzen bada, kontrol taldean ez bezala, modelo osoen (%56,7) eta ez osoen (%80,6) arteko desberdintasun estatistikoki adierazgarria ($p<0,05$) ikusten da. Cramer-en V koefizienteak (0,2527) modelo oso eta koten faltan arteko erlazio moderatua dela azaltzen du eta 3,18 aldiz gehiagotan kotak faltako direla modelo ez osoetan (Odds ratioa), osoetan baino. Erlazioen faltaren ehuneko aldaketa ikerketa taldeen barruan modelo oso eta ez osorako ez da esanguratsua, bai ordea taldeen artekoa ($p=0,0094$). Taldearen efektua modelo osoko erlazio faltan efektu moderatu-altutzat kontsideratu daiteke (Cramer-en $V=0,4453$).

Tratamendu aurreretik, kontrol talde barnean bakarrik desberdintasun estatistikoki adierazgarria antzematen da modelo oso (%0), ez oso (%91,4) eta adierazlea artean. Hauen erlazioa oso indartsua kontsideratu daiteke (1).

Adierazlea	Taldea Barnean	Modelo osoa	Modelo ez osoa	p-balioa (Fisher)	Cramer-en V	Odds Ratio (K.T.)
Kotak dituzte	E	%86,7 (26)	%74,2 (46)	0,1739 (χ^2)	-	-
	K	%71,4 (5)	%48,6 (36)	0,4321	-	-
	E-K	Modelo osoan		0,3155	-	-
Kotak faltan	E	%56,7 (17)	%80,6 (50)	0,0154 (χ^2)	0,2527	0,31 (0,12;0,91)
	K	%71,4 (5)	%85,1 (64)	0,3120	-	-
	E-K	Modelo osoan		0,3155	-	-
Erlazioak faltan	E	%43,3 (13)	%50 (31)	0,5484 (χ^2)	-	-
	K	%100 (7)	%73 (54)	0,1845	-	-
	E-K	Modelo osoan		0,0094	0,4453	-

5.36 Taula. Kotak izan, kotak faltan eta erlazioak faltan azpi adierazleak

Beraz, zirriborroen erabateko definizioa 5.37 taula ikusi daiteke. Modeloek aldaketak jasan dezaketen adierazlearekin batera modeloaren tinkotasuna definitua geratuko zen. Talde esperimentalean zirriborroa erabat definitua duten modeloen artean desberdintasun estatistikoki adierazgarria dago ($p=0,0206$), modeloen osotasunarekin erlazio moderatu batekin (Cramer-en $V=0,2414$). Gauza bera gertatzen da aldaketak jasateko gaitasunarekin, honetan ere aldea esanguratsua da eta erlazioa moderatua (Cramer-en $V=0,2997$). Kontutan izan behar da aldaketak jasan ditzaken modelo ehuneko talde esperimentalean modelo osoentzat %86,7-ra iristen dela eta ez osoentzat %56,5. Azken portzentaje hau kontrol taldeko modelo osoen parekoa. Beraz, nahiz eta ikerketa talde arteko desberdintasuna aldaketak jasaten duten modeloen artean estatistikoki adierazgarria ez izan, talde esperimentalean landu den adierazlea dela erakusten dute ehunekoak.

<i>Adierazlea</i>	<i>Taldea Barnean</i>	<i>Modelo osoa</i>	<i>Modelo ez osoa</i>	<i>p-balioa (Fisher)</i>	<i>Cramer-en V</i>	<i>Odds Ratio (K.T.)</i>
<i>Zirriborroa erabat definitua</i>	E	%33,3(10)	%12,9 (8)	0,0206(χ^2)	0,2414	3,38 (1,17;9,76)
	K	%0,0 (0)	%10,81 (8)	1	-	-
	E-K	<i>Modelo osoan</i>		0,1551	-	-
<i>Aldaketak jasan ditzake</i>	E	%86,7 (26)	%56,5 (35)	0,0040(χ^2)	0,2997	5,01(1,56-16,1)
	K	%57,1 (4)	%29,7 (22)	0,2031	-	-
	E-K	<i>Modelo osoan</i>		0,1079	-	-

5.37 Taula. Zirriborroa erabat definitua eta aldaketak jasan adierazleak.

Laburbilduz, modeloaren tinkotasuna talde esperimentalean erlazionatua dago modeloaren osotasunarekin, erlazio hau adierazgarria eta moderatu (Cramer-en $V=0,2926$) izanik.

<i>Dimentsioa</i>	<i>Taldea Barnean</i>	<i>Modelo osoa</i>	<i>Modelo ez osoa</i>	<i>p-balioa (Fisher)</i>	<i>Cramer-en V</i>	<i>Odds Ratio (K.T.)</i>
<i>Modelo Tinkoa</i>	E	%33,3 (10)	%9,7 (6)	0,0050(χ^2)	0,2926	4,67(1,5;14,5)
	K	%0,0 (0)	%4,05 (3)	1	-	-
	E-K	<i>Modelo osoan</i>		0,1551	-	-

5.38 Taula. Modelo tinkoa dimentsioa

D4 Modeloa laburra da. Dimentsio honen barruan zirriborroan soberako elementuak marraztea edo elementu bikoiztuak egotea, eragiketa anizkunak erabiltzea eta eragiketa kopurua, kontutan izango da. Kontrol taldean, modelo oso guztiek zirriborroetan elementu bikoiztuak edo soberakoak dituzte, ondorioz talde barruan eta talde artean desberdintasuna adierazgarria da. Aipagarriak dira talde esperimentaleko ehuneko baxuak modelo oso eta ez osoetan.

Eragiketa anizkunak aztertzean, tratamendu aurretik talde esperimentalaren barnean desberdintasun estatistikoki adierazgarria antzematen da modelo oso (%100), ez oso (%29) eta adierazlea artean. Hauen erlazioa, indartsua kontsideratu daiteke (0,4673).

Tratamendu ondoan, talde esperimentaleko portzentajea %25 inguruan kokatzen da modelo oso eta ez osoentzat, aldiz, kontrol taldearentzat ehuneko baxuena %63,5-ekoa da (modelo ez osoentzat). Ez da harritzekoa dependentzia estatistikoki adierazgarria egotea ikerketa taldeen artean eta erlazio hau altua izatea (0,6191).

Adierazlea	Taldea	Modelo osoa	Modelo ez osoa	p-balioa (Fisher)	Cramer-en V	Odds Ratio (K.T.)
Soberako elementuak zirriborroan	E	%2,1(2)	%5,4(5)	1		
	K	%100 (7)	%27 (20)	0,0003	0,4350	-
	E-K	Modelo osoan		<0,0001	0,8520	-
Eragiketa anizkunak	E	%23,3(7)	%27,4(17)	0,6757 (χ^2)		
	K	%100 (7)	%63,5 (47)	0,0890	-	-
	E-K	Modelo osoan		0,0003	0,6191	-

5.39 Taula. soberako elementuak zirriborroan eta eragiketa anizkunak adierazleak.

Eragiketa kopurua aztertzen bada, lortzen diren datuen artean (5.40 Taula eta Grafikoak ikusi) banaketaren barreiadura interesgarria izan daiteke. Kontrol taldean kuartil arteko heinaren balioa 4-ko da modelo oso eta ez osoentzat. Talde esperimentalean aldiz, 0 modelo osoentzat eta 1 modelo ez-osotentzat. Honek laginen banaketaren erdiko baloreen %50 tarte horretan topatzen direla adierazten du. Honenbestez, talde esperimentaleko laginaren barreiadura meheagoa da kontrol taldearena baino, modeloaren osotasunaren bi kasuetarako.

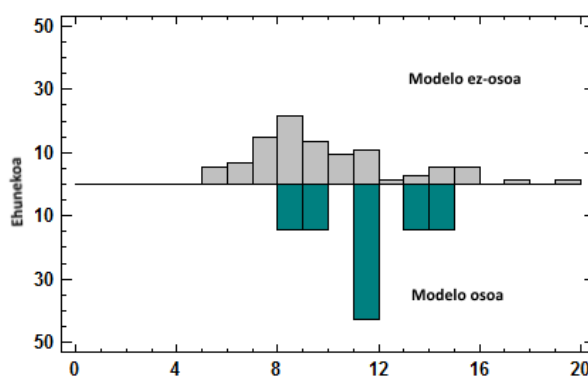
Kolmogorov-Smirnov ($n > 50$) eta Shapiro Wilk ($n < 50$) testen bidez, banaketen normalarekin doikuntza egokitasuna burutu da eta normaletik aldentzen ez den banaketa bakarra %95 konfiantza mailarekin, kontrol taldeko modelo osoen banaketa da (datu kopuru baxuak izan daiteke horren atzeko arrazoia).

Ondorioz, taldeen desberdintasunak aztertzeko estatistika froga ez-parametrikokoak erabiltzea hautatu da eta medianaren hipotesi kontrastea (Mann-Whitneyren W proba) burutzen da. Ikerketa talde barneko emaitzak ez dira

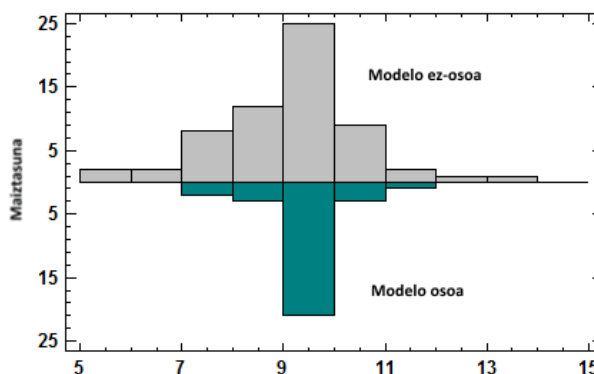
adierazgarriak estatistikoki, talde arteko ordea bai ($p=0,0067$). Efektu tamaina altuak (Cohen-en $d=1,31$) tratamendua eta modelo osoen eragiketa kopuruaren erlazioaren tamaina adierazten du.

KONTROL

	<i>Kontrol tal. Eragiketa kop.</i>	
<i>Modelo osoa</i>	<i>Ez</i>	<i>Bai</i>
Zenbatekoa	74	7
Bataz bestekoa	10,364	12,0
Mediana	10,0	12,0
Desbideraketa estandarra	2,977	2,081
Minimoa	6,0	9,0
Maximoa	20,0	15,0
Heina	14,0	6,0
Behe kuartila	8,0	10,0
Goiko kuartila	12,0	14,0
Kuartilarteko heina	4,0	4,0
Asimetria estandarizatua	3,549	0
Kurtosi estandarizatua	1,435	-0,312



	<i>Tal. Esperimen. Eragiketa kop.</i>	
<i>Modelo osoa</i>	<i>Ez</i>	<i>Bai</i>
Zenbatekoa	62	30
Bataz bestekoa	9,645	9,933
Mediana	10,0	10,0
Desbideraketa estandarra	1,449	0,784
Minimoa	6,0	8,0
Maximoa	14,0	12,0
Heina	8,0	4,0
Behe kuartila	9,0	10,0
Goiko kuartila	10,0	10,0
Kuartilarteko heina	1,0	0
Asimetria estandarizatua	-0,0494	-0,754
Kurtosi estandarizatua	2,108	2,809



5.40 Taula eta Grafikoak. Eragiketa kopurua kontrol taldean eta talde esperimentalean.

<i>Adierazlea</i>	<i>Taldea</i>	<i>Mann Whitney</i>	<i>p-balioa</i>	<i>Cohen-en d</i>
<i>Eragiketa kopurua</i>	E	1056	0,2617	
	K	368	0,0633	
	E-K (<i>Modelo osoan</i>)	167	0,0067	1,31

5.41 Taula. Eragiketa kopurua adierazlea.

Azkenik, modeloaren laburtasunaren datuak 5.42 taulan jasotzen dira. Talde esperimentaleko datuetan, modelo laburren portzentajea altua aipagarria da. Kontrol taldearekin dagoen aldea ikusirik, taldeen eta laburrak diren modelo osoen arteko independentzia estatistikoki baztertu daiteke, beraien arteko erlazioa altua izanik (Cramer-en $V=0,5534$).

<i>Dimentsioa</i>	<i>Taldea</i>	<i>Modelo osoa</i>	<i>Modelo ez osoa</i>	<i>p-balioa (Fisher)</i>	<i>Cramer-en V</i>	<i>Odds Ratio (K.T.)</i>
<i>Modelo Laburra</i>	E	%70 (21)	%67,8 (42)	0,8270	-	-
	K	%0,0 (0)	%25,7 (19)	0,1904	-	-
	E-K	<i>Modelo osoan</i>		0,0011	0,5534	-

5.42 Taula. Modeloaren laburra dimentsioa.

D5. *Modeloa diseinu intentzioarekin bat dator* dimentsio barruan modeloaren kokapen egokia, eragiketen egokitasuna eta eragiketa sekuentzia hoberenarekin bat etortzea kontsideratzen dira.

Modeloaren kokapen egokia aztertzean, talde esperimental barruan desberdintasun estatistikoki adierazgarria topa daiteke, erlazio maila moderatu batekin (0,2403) eta modelo osoan 5,29 bider maiztasun handiagoz adierazlearen baiezkoa ematen da, ez osoan baino. Kontrol taldearen barnean, ez da diferentziarik nabaritzen eta ehunekoak, modelo oso eta ez osoan parekoak izanik (%42 inguruan), baxuagoak

dira talde esperimentalekoekin alderatuta. Diferentzia hau, estatistikoki adierazgarria da kokapen egokia duten modelo osoentzat, efektu altuarekin (0,5363).

Eragiketa ez egokien kasuan, eragiketa ez egokiak dituzten eta ez dituzten modelo osoen eta ikerketa talde artean dependentziako erlazioa dagoela esan daiteke, erlazio maila moderatu-altuarekin (0,4146). Eragiketa ez egokiak dituzten modelo osoko fitxategien maiztasuna 10 aldiz gehiagokoa izango da kontrol taldean.

Talde esperimentalean, eragiketa sekuentzia hoberenarekin bat datozen fitxategien kopurua %90 da eta ez osoekiko desberdintasun estatistikoki adierazgarria azaltzen du, erlazio maila moderatuarekin (0,2685). Ikerketa taldeen artean ere diferentzia antzematen da eragiketa sekuentzia hobereena jarraitzen duten eta ez dutenen artean, baina efektu altuarekin (0,4714) kasu honetan.

<i>Adierazlea</i>	<i>Taldea Barnean</i>	<i>Modelo osoa</i>	<i>Modelo ez osoa</i>	<i>p-balioa (Fisher)</i>	<i>Cramer-en V</i>	<i>Odds Ratio (K.T.)</i>
<i>Modeloaren kokapena egokia</i>	E	%93,3 (28)	%75,3(45)	0,0212 (χ^2)	0,2403	5,29(1,13;24,66)
	K	%42,9 (3)	%41,9 (31)	1	-	-
	E-K	<i>Modelo osoan</i>		0,0068	0,5363	18,7(2,34;148,4)
<i>Eragiketa ez egokiak</i>	E	%6,7 (2)	%17,7 (11)	0,2089	-	-
	K	%42,9 (3)	%51,4 (38)	0,7123	-	-
	E-K	<i>Modelo osoan</i>		0,0374	0,4146	0,1(0,01;0,76)
<i>Eragiketa sekuentzia hobereana</i>	E	%90 (27)	%65,4 (40)	0,0100(χ^2)	0,2685	4,95(1,35;18,19)
	K	%42,9 (3)	%18,9 (14)	0,1566	-	-
	E-K	<i>Modelo osoan</i>		0,0147	0,4714	12(1,77;81,4)

5.43 Taula. Modeloaren kokapen egokia, eragiketa ez egokiak eta eragiketa sekuentzia hobereana.

Honenbestez, diseinu intentzioaren dimentsioaren erlazioa modeloaren osotasunarekin talde esperimentalaren kasuan desberdintasun adierazgarri azaltzen du, erlazio maila moderatuarekin (0,2785). Ikerketa taldeen artean, diseinu

intentzioarekin bat datorren eta ez datozen modelo osoen kasuan nabariagoa da diferentzia, Cramer-en $V=0,5917$ altu batekin.

<i>Dimentsioa</i>	<i>Taldea Barnean</i>	<i>Modelo osoa</i>	<i>Modelo ez osoa</i>	<i>p-balioa (Fisher)</i>	<i>Cramer-en V</i>	<i>Odds Ratio (K.T.)</i>
<i>Diseinu intentzioarekin bat</i>	E	%83,3 (25)	%54,9 (34)	0,0076(χ^2)	0,2785	4,12(1,39;12,16)
	K	%14,3 (1)	%9,46 (7)	0,5314	-	-
	E-K	<i>Modelo osoan</i>		0,0012	0,5917	30(2,99;306,7)

5.44 Taula. Modeloa diseinu intentzioarekin bat dator dimentsioa.

Hipotesiaren ebaluazioa

Hipotesia ebaluatzeko, geometrikoki osoak kontsideratzen diren modeloetan, kalitatezko modeloen modelaketan kontutan izan beharreko beste atributuen presentzia neurtzen da. Hau da, modeloaren osotasunak beste adierazleekin duen erlazioa aztertu da, izan ere, CAD modeloaren erabilera baldintzatzen duen dimentsio bakarra hau da. Beste era batera esanda, modelo osoa izatea derrigorrezko baldintza da produktuaren garapeneko hurrengo etapara pasatzeko, nahiz eta adibidez, laburtasun irizpidearekin bat ez etorri.

Ikerketaren aurreneko urratsa ikerketa talde bakoitzean lagineko modeloen osotasunarekin erlazioa duten adierazleak identifikatzea izan da, hau da, talde barnean modeloentzako definitu diren adierazleen proportzioak modelo oso eta ez osoetan alderatzea, diferentzia estatistikoa adierazgarria den ikusteko. Honela modelo osoetan adierazleen proportzioak altuagoak ote diren egiaztatzen da. Analisia, ikerketa tratamendu aurretik eta ondoren lortutako laginetan aplikatzen da. Tratamendu aurreko testak ez du desberdintasun estatistikoki adierazgarririk adierazten, adierazle batentzat ezik.

Talde esperimentalean tratamendu osteko emaitzen analisisan, modelo oso eta ez osoen desberdintasun estatistikoki adierazgarria azaleratu dela modeloaren tinkotasun dimentsioarekin (zirriborroa erabat definitua du eta modeloak aldaketak

jasan ditzake adierazleekin ere) eta diseinu intentzioarekin bat datorren dimentsioarekin (modeloaren kokapen eta sekuentzia hoberenarekin bat etortzea adierazleekin ere) ikusi da. 5.45 taularen E (talde esperimental) eta K (kontrol taldea) zutabetan Cramer-en V koefizienteak jasotzen dira desberdintasun estatistikoki esanguratsuentzat. Honenbestez, aipatu diren dimentsioetan eta dimentsio barneko adierazleetan, modeloaren osotasunarentzat, efektu moderatu bat dagoela ziurtatu daiteke talde esperimentalean, hau da, hasierako planteamenduetan jarraituz, gertaerak portzentaje handiagoan ematen dira modelo osoentzat eta desberdintasun hori, adierazgarria da.

Analisi bera, kontrol taldearentzat errepikatu da eta laburtasun dimentsioaren barnean, modelo oso eta ez oso artean, bakarrik soberako elementuak dituzten zirriborroekin diferentzia estatistiko adierazgarria topatu da (erlazio moderatu-altua).

Behin ikerketa talde barnean modeloaren osotasuna eta kalitatezko modeloen atributuen arteko erlazioa aztertu denean, ikerketaren bigarren urratsean, modelo osoen kalitatezko atributuen proportzioak berdinak diren edo taldearen arabera diren egiaztatzen da. Taldeen arteko desberdintasun bakarra ikerketa tratamendua izanik, diferentziak lortzen badira, tratamenduen eraginarengatik direla pentsatu daiteke, hau da, PBL-an oinarritutako metodologia egokituarekin erlazionatuak daudela kontsideratu daiteke.

Emaitzen laburpen taula aztertuz (5.45 Taula), E-K zutabearen, talde esperimental eta kontrol taldearen arteko desberdintasun adierazgarrien efektuaren tamaina aztertzen diren adierazleentzat ikusi daiteke. Zutabearen datuek, Cramer-en V koefizientearen balioak azaltzen dituzte (Cohen-en d koefizientea kalkulatu den aldagai kuantitatiboen kasuan ezik). Efektuaren tamaina altua da modelo labur eta diseinu intentzioarekin bat datorren modeloaren dimentsioekin eta dimentsio hauen barruko adierazle guztiekin (eragiketa ez egokien kasuan efektu moderatu-altua kontsideratu daiteke). Honek taldearen arabera, modelo osoen adierazleen portzentajeen arteko desberdintasuna nabaria dela adierazten du, bi dimentsioen adierazleentzako. Taularen bukaerako diferentzia zutabeak, modelo osoen arteko

desberdintasunaren magnitudea talde esperimentalaren eta kontrol taldearen artean agerian uzten du. Azaltzen den desberdintasunaren norabidea talde esperimentalaren aldekoa dela gogoratu behar da.

Dimentsioa	E	K	E-K	Diferentzia(%)
D2. Baliozko modeloa	-	-	-	32,9
D3. Modelo Tinkoa	0,2926	-	-	33,3
D3a. Zirriborroa definitua	0,2414	-	-	33,3
D3b. Aldaketak jasan ditzake	0,2997	-	-	29,6
D4. Modelo Laburra	-	-	0,5534	70
D4a. Soberako elementuak zirriborroan	-	0,4350	0,8520	-97,9
D4b. Eragiketa anizkunak	-	-	0,6191	-76,7
D4c. Eragiketa kopurua	-	-	1,31 (d)	
D5. Diseinu intentzioarekin bat	0,2785	-	0,5917	69
D5a. Modeloaren kokapena egokia	0,2403	-	0,5363	50,4
D5b. Eragiketa ez egokiak	-	-	0,4146	-36,2
D5c. Eragiketa sekuentzia hobereena	0,2685	-	0,4714	47,1

5.45 Taula. Dimentsio eta adierazleen efektuaren tamaina laburpen taula. (d) Cohen-en d balioa.

Kontutan izan behar da, modelo oso batek ez dituela zertan beste dimentsioak bete behar osoa kontsideratzeko eta tratamenduaren eraginaren ondoren jaso den lagineko modelo osoek, adierazle hauekin duten erlazioaren azterketan ardatzen dela hipotesiaren ebaluazioa. Irakasgaiaren planteamenduan berriant nabarmendu diren alderdiek modelo osoetan azaltzen dituzten ehunekoak hurrengoak dira:

- %86,7-a aldaketak jasateko gaitasuna ageri da.
- %70-a laburrak kontsideratu daitezke.
- %83,3-a diseinu intentzioarekin bat datorrela ikusten da.
- %90-en eragiketa sekuentziak hobereenera parekatu daitezke.

Aurreko portzentaje altuek, tratamenduaren baliozkotasuna CAD modelaketan nabarmendu nahi diren aspektuen trebakuntzan agerian uzten dute.

Orokorrean emaitzak aztertuz, baliozkotasunaren dimentsioarentzat ez da diferentzia estatistiko adierazgarririk hautematen, nahiz eta talde esperimentalean kontrol taldean baino %32,9 modelo oso baliozko gehiago jaso.

Modeloaren tinkotasunean antzeko ehuneko igoera antzematen da taldeak konparatzean. Talde esperimentalaren barruan, modelo oso eta ez osoen arteko erlazio moderatua azaltzen da, modelo osoek 3,4 aldiz gehiagotan tinkotasuna azalduz modelo ez osoetan baino. Tinkotasunaren portzentaje baxua aipagarria da eta baliteke talde arteko diferentziaren adierazgarritasun estatistikoaren arrazoia izatea. Dimentsioan sakonduz, aipatu den bezala, talde esperimentaleko modelo osoek aldaketak jasateko gaitasunaren portzentaje altua daukate, baina ez da gauza bere gertatzen zirriborroen erabateko definizioarekin, modelo osoen %33,3-an ematen da. Baliteke talde esperimentalean ikerketa subjektuek modeloaren aldaketa gertagarrienak kontsideratzea baino zirriborroa erabat definitzearen beharra ez ikustea. Zirriborroaren erabateko definizioa CAD hasiberrientzat gomendagarria den prozedura da (Johnson eta Diwakaran, 2010) baina, trebakuntzan aurrera egin ahala, diseinuan, tinkotasuna eta malgutasunaren arteko oreka bat bilatzea gomendagarria da, modeloa bukatu ostean beharrezkoak diren aldaketak errazteko. Baliteke ere, talde esperimentaleko modelo osoetan erabat definitua kontsideratzeko falta den kota kopurua baxua izatea eta hauek aldaketak jasateko gai izateko modeloaren zuzenketan eragina ez izatea, ez direlako aldatu behar diren kotak edo aldaketak, eraginik ez duelako kota hauetan.

Modeloaren laburtasunaren dimentsioan, tratamenduaren efektua altua da, talde arteko desberdintasun estatistikoki adierazgarriak nabarmentzen duen moduan. Aipagarria da kontrol talde barruan efektuaren tamaina altua izatea zirriborroan soberako elementu edo bikoiztuak egotea adierazlearekin eta elementu hauek, modelo osoetan portzentaje handiagoarekin aurkitzea. Dena den, esan beharra dago dimentsio barruan adierazle horretan bakarrik ematen dela diferentzia estatistikoki adierazgarria.

Azken dimentsioan, diseinu intentzioarekin bat datozen modelo osoen eta ikerketako taldeen arteko erlazio altua (moderatu-altua, eragiketa ez egokien adierazleentzat) azaltzen du dimentsioarentzat eta dimentsio barneko adierazle guztientzat. Talde esperimentalaren barruan, desberdintasun estatistikoki adierazgarriak erlazio maila moderatuekin, modeloaren kokapen egokia eta sekuentzia hoberenaren adierazleetan ikusi daitezke. Nahiz eta estatistikoki adierazgarria ez den, eragiketa ez egokien adierazlea, talde esperimentaleko ehunekoa modelo osoetan %6,7-a da.

Aztertu diren dimentsio eta adierazleen analisia tratamenduaren aurreko laginentzat lortu da ere. Bertan modelo osoa kontsideratzen diren fitxategi eta ez direnen artean, talde bakoitzaren barnean, ez da desberdintasun estatistikoki adierazgarrikeri ageri adierazle gehientzat eta talde artean, adierazle guztientzat ez da desberdintasun estatistikoki adierazgarrikeri aurkitu. Tratamendu ostean, laburbilduz, talde esperimentalaren barruan tinkotasuna eta diseinu intentzioarekin adierazgarritasun estatistikoa ageri da eta talde artean laburtasuna eta diseinu intentzioarekin.

Honenbestez, emaitzen datuak babestu eta interpretazioaren arabera, “berrikuspen bibliografikoan identifikatu diren kalitatezko CAD modeloaren atributuak, CAD modeloaren osotasunarekin erlazionatuta daudela” hipotesia onartu daiteke tratamendu taldearentzat.

5.3. Hirugarren hipotesia

Ikerketaren hirugarren hipotesiaren arabera, “PBL-an oinarritutako proposamen didaktikoa, proiektu bat garatzeko talde lan eraginkorrean eragiten duten adierazleen hobekuntza lortzen du”.

Ikerketa subjektuek jarraitutako jarduera programaren eta jasotako trebakuntzaren baliagarritasuna talde lan eraginkorra lortzeko ebaluatu nahi da.

Kontrol taldean talde laneko gaitasun ez denez espezifikoki lantzen, ikerketa diseinuan tratamendua jaso duen talde esperimentalean bakarrik kontsideratu da, aurre-testeko O_{5E} eta test-ondoko O_{6E} behaketen analisia burutuz.

Datuak jasotzeko, inkestak erabili dira. Inkestek, ikerketa adierazleen balorazioari buruzko galderak, galdera itxiak eta erantzun irekiko galderak dituzte. Azken hauen tratamendua errazteko, jasotako datuen kategorizazioa eta kategoria hauen loturak ikerketa adierazleekin bilatu dira. Aztertuko diren datuen inkestak hauek izan dira:

- Talde lanari buruzko aurreko esperientzia inkesta
- Taldean hobeto daitezkeen aspektuei buruzko inkesta
- Jardueren ondorioz landutako talde lanaren esperientziari buruzko inkesta
- Ikasketa hurbilketari buruzko inkesta

Laginaren ezaugarriak

Irakasgaiarentzat garatutako jardueren programan, talde lan eraginkorrean eragina duten 14 adierazle identifikatu eta landu dira, eta ikerketa subjektuek adierazle hauetaz egin duten balorazioan jarri da ikerketaren arreta. Irakasgai hasierako behaketan $n_E=92$ inkesta jaso dira eta bukaeran $n_E=93$ inkesta. Ikerketa adierazleen aldaketa tratamenduaren eraginez neurtu nahi denez, parekatutako laginaren analisia burutu da, hau da, hasierako eta bukaerako inkestak erantzun dituzten subjektuak soilik kontsideratzen dira. Honen ondorioz, lagin erabilgarria 84-ra jaitسي da. Talde lanarekin erlazionatutako beste inkestetan gertaera hau ere kontutan izan da.

Emaitzak

Talde lanean proiektua garatzeko aurreko esperientzia.

Aurre esperientziako inkestak, ikerketa subjektuen esperientzia bi inguruetan eman dela adierazten du: (1) 3-4 irakasgaietan laborategi praktikak, aurkezpenak edo

txostenak osatzeko eta (2) ikasleriaren gutxiengo baten kasua, laugarren kurtsoko lauhileko bateko irakasgaiari (Proiektuen Kudeaketa irakasgaia) garatutako proiektua. Kontutan izan behar da, Ordenagailu Bidezko Diseinuaren Gehikuntza irakasgaia hautazko natura duela eta ikasleak hirugarren kurtsoan aukeratu dezakeela, beraz proiektu baten garapenari buruzko ezagutza urriak izan ditzake. Ikasleek deskribaturiko esperientzietan, talde lanaren aspektuak, ez direla jarduera programa definitu batekin landu antzematen da, hau da, talde lanean era eraginkorrean lan egiteko jarraibideak ez dituzte jaso. Era berean, aurreko urteetako esperientzian talde lanaren funtzionamendua ez du ebaluaziorik jasan ezta jarraipenik.

Adierazleen betetze maila eta garrantzia.

Talde lanean proiektu bat garatzeko identifikatu eta landu diren adierazle sorta bi taldeetan banatu eta aztertu dira (4.5 lerketa instrumentuen atala ikusi):

T1. Barne funtzionamendu eta erlazio faktoreak

T1a. Rolaren esleipena

T1b. Talde arauak

T1c. Erabaki hartzea, adostasuna

T1d. Taldekideen aniztasuna

T1e. Helburu komuna

T1f. Komunikazio egokia

T1g. Giro atsegina

T1h. Errespetua, konfiantza

T2. Proiektu antolaketa eta kudeaketa faktoreak

T2a. Ohiko bilerak

T2b. Proiektuaren plangintza

T2c. Lanaren bidezko banaketa

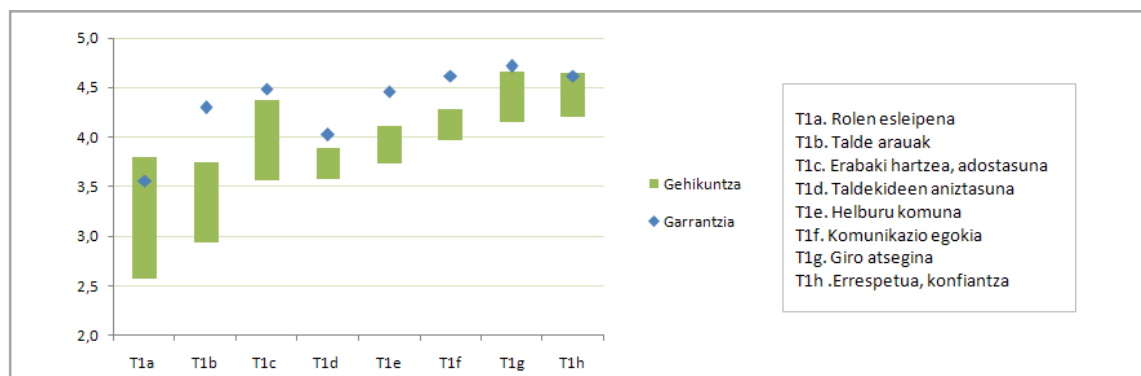
T2d. Proiektuaren jarraipen eta ebaluazioa

T2e. Zereginen egitea

T2f. Taldekideen indarra kontsideratuz zereginen esleipena

14 adierazle hauen tratamendu aurreko eta ondoko balorazioen datuak jasotzen dira, 5 puntuetako Likert eskaleko erantzunak dituzten inkesten bidez. Tratamendu ondoko inkestan, adierazleen betetze maila galdetu ez ezik, ikerketa subjektuek adierazleari ematen dioten garrantzia ere eskatu da. Likert eskalak oso erabiliak dira zientzia esparru desberdinetan, baina jasotako datuak diskretuak direnez (hein berezia eta zenbakietara lotuta daude), datuen analisirako test parametrikiko edo ez-parametrikoren erabileraren egokitasunari buruzko adostasun eza nabaria da ikerlari artean (Carifio eta Perla, 2008). Nahiz eta, normalaren banaketarekin asimetria eta kurtosi desberdintasun nabaria ez duten laginentzat test parametrikiko eta ez-parametrikoren erabilerak antzeko emaitzak eman (de Winter eta Dodou, 2010), adierazleen banaketa normalarekiko doikuntza aztertu ostean, test ez-parametrikokoak erabiltzea hautatu da (heina zeinuekin testa).

Inkesten fidagarritasunaren maila Cronbach-en alfa koefizientearen neurketaren bidez burutzen da. 0 eta 1 arteko balioak hartzen dituen koefiziente honek, inkesten barne tinkotasunaren neurria ematen du, erantzunen ausazkotasun ezak, 1 balioaren gertutasunak adierazten duelarik. Tratamendu aurreko inkesten alfa koefizientearen balioa $\alpha=0,83$ da, ondokoak $\alpha=0,77$ eta ikerketa subjektuek adierazleei ematen dieten garrantziaren inkesten $\alpha=0,71$. Beraz, inkestek barne tinkotasun ona dutela esan daiteke, beraien Cronbachen alfa balioak 0,7 edo handiagoa delako (Nunnally, 1978).



5.46 Grafikoa. T1. Barne funtzionamendu eta erlazio faktoreak

	Aurre $\bar{X}(s)$	Ondo $\bar{X}(s)$	Gehikuntza	Heina zeinuekin testa	Cohen-en d	Garrantzia $\bar{X}(s)$
T1a. Rolen esleipena	2,57(1,26)	3,8(1,06)	%48	$p<0,0001$	1,06	3,56
T1b. Talde arauak	2,94(0,87)	3,75(0,93)	%28	$p<0,0001$	0,90	4,30
T1c. Erabaki hartzea, adostasuna	3,56(0,84)	4,37(0,71)	%23	$p<0,0001$	1,04	4,49
T1d. Taldekideen aniztasuna	3,57(0,76)	3,89(0,78)	%9	$p=0,0053$	0,42	4,02
T1e. Helburu komuna	3,75(0,85)	4,12(0,72)	%10	$P=0,0009$	0,47	4,46
T1f. Komunikazio egokia	3,96(0,87)	4,29(0,86)	%8	$P=0,008$	0,38	4,62
T1g. Giro atsegina	4,15(0,77)	4,65(0,57)	%12	$p<0,0001$	0,74	4,71
T1h .Errespetua, konfiantza	4,2(0,9)	4,64(0,65)	%10	$P=0,0004$	0,56	4,62

5.47 Taula. T1. Barne funtzionamendu eta erlazio faktoreak

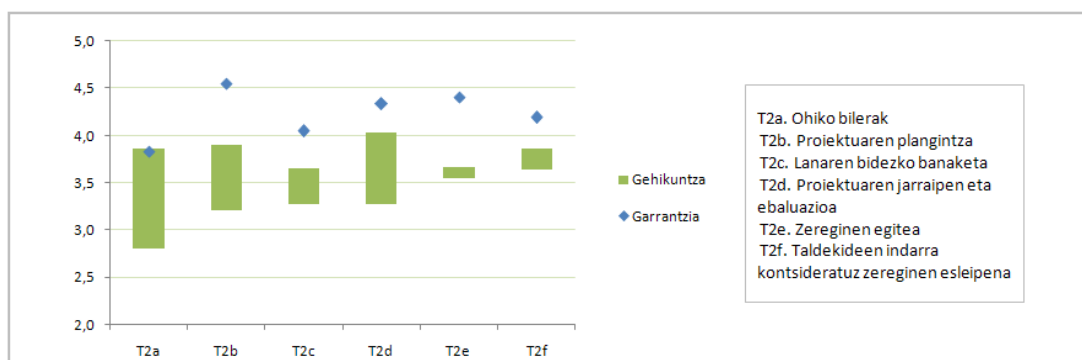
Likert-en 5 puntuetako eskala batean neurtuta, barne funtzionamendu eta erlazio adierazleentzat (T1), tratamendu ondoko betetze mailaren balio minimoa 3,75 eta maximoa 4,65 dira. Ikerketa subjektuek adierazleei emandako garrantzia, betetze mailarekin parekatua edo altuago izan da, beti ere 4 balioa baino altuago, Rolan esleipena (T1a) adierazleen kasuan ezik (3,56). Faktoreen hauen artean, tratamendu aurreko eta osteko diferentziak estatistikoki adierazgarriak direla ikusi daiteke ($p<0,05$). Diferentzien adierazgarritasuna ziurtatu ondoren, tratamenduaren efektuaren tamaina aztertzen bada, Rolan esleipena (1,06), Talde arauak (0,9) eta Erabaki hartzea, adostasuna (1,04) Cohen-en d koefizientearen balio altuenak dituzten adierazleak direla ikusten da, hau da, tratamendu aurre eta osteko diferentzia adierazgarria ez ezik, efektu altua azaltzen duten adierazleak dira (Cohen-en d koefizientea 0,8 baino altuagoa da, ikusi 4.6 Ikerketa prozedurak atalean datuen analisisa sailkapen irizpideentzako).

Rolan esleipenak, barne funtzionamendu eta erlazio faktoreen artean, garrantzi maila betetze maila baino baxuagoa duen adierazle bakarretarikoa da. Ikasleek rola esleitu eta bileretan erabiltzen badituzte ere, behaketa zuzenak, irakaslearen jarraipen liburuak eta aktek islatzen duten moduan, ikasleek rolan esleipenaren garrantzia maila talde lanaren eraginkortasunean, ez dute berdin hautematen. Baliteke taldearen tamaina txikiak (3-4 pertsonetako taldeak), derrigorrezko rolan (koordinatzailea,

idazkaria,...) beharra antzematen ez laguntzea, talde handiagoetan edo lanbide jardueran gertatu litekeenaren kontra. Gainera, talde gehienetan rolen asteroko txandakatzea aukeratu da eta honek garrantziaren pertzepzioan ere eragin dezake.

Betetze maila kontutan hartzen bada, hurrengo lau faktoreek jasotzen dute puntuaziorik handienak: Giro atsegina; Errespetua, konfiantza; Erabaki hartzea, adostasuna eta Komunikazio egokia. Era berean, lau faktore hauek dira garrantzitsuenak ikerketa subjektuentzat. Hauen artean, Komunikazio egokian, betetze maila tratamendu ostean eta subjektuek esleitzen dioten garrantzia mailaren arteko diferentzia ikusi daiteke. Ikerketa subjektuek garrantzi handiagoa ematen diote, betetzen dutena baino. Helburu komuna adierazlearen kasuan gauza bera gertatzen da: garrantzi maila altuagoa jasotzen du, duen betetze maila baino.

Adierazleen arteko korrelazioa eta konglomeratuen analisisa burutu ondoren, tratamendu aurretik adierazleen artean korrelazio moderatu - altuko talde bat antzematen da: Komunikazio egokia (T1f), Giro atsegina (T1g) eta Errespetua, konfiantza (T1h), beraien arteko Spearman-en r_s koefizienteak 0,58 ($p < 0,0001$) baina altuagoak izanik. Talde bera tratamendu osteko betetze mailan identifikatzen da, r_s korrelazio koefizienteak 0,56 ($p < 0,0001$) baino handiagoak mantenduz. Beraz, hiru aldagaiko talde hau erantzunetan tratamendu aurreko esperientzian nabarmentzen da, tratamendu ostean mantendu eta bi inkestetan puntuazio altuena jasotzen du 14 adierazleak kontutan edukiz (tratamendu ondoko Erabaki hartzea, adostasuna (T1c) kontutan izan gabe). Garrantziari dagokionean, nahiz eta hirukoteak puntuazio altua eduki, Komunikazio egokia eta Errespetua, konfiantza erlazio moderatu mantentzen dute soilik ($r_s = 0,47$, $p < 0,0001$). Beraz, tratamendu aurretik ikerketa subjektuen erantzunetan erlazio moderatu-altua duen hirukotea, tratamendu ondoko betetze mailan mantendu egiten da, garrantzian ordea, hirukote horretatik Giro atsegina erortzen da.



5.48 Grafikoa. T2. Proiektu antolaketa eta kudeaketa faktoreak

	Aurre $\bar{X}(s)$	Ondo $\bar{X}(s)$	Gehikuntza	Heina zeinuekin testa	Cohen-en d	Garrantzia $\bar{X}(s)$
T2a. Ohiko bilerak	2,81(1,05)	3,87(0,99)	%38	$p < 0,0001$	1,04	3,83
T2b. Proiektuaren plangintza	3,21(1,16)	3,9(0,91)	%21	$p < 0,0001$	0,66	4,55
T2c. Lanaren bidezko banaketa	3,27(1,07)	3,65(0,98)	%12	$p = 0,0110$	0,37	4,05
T2d. Proiektuaren jarraipen eta ebaluazioa	3,27(0,95)	4,04(0,88)	%24	$p < 0,0001$	0,84	4,33
T2e. Zereginen egitea	3,55(1,1)	3,67(0,75)	%3	$p = 0,3525$	0,13	4,40
T2f. Taldekideen indarra kontsideratuz zereginen esleipena	3,64(0,94)	3,86(1)	%6	$p = 0,1280$	0,23	4,19

5.49 Taula. T2. Proiektu antolaketa eta kudeaketa faktoreak

Proiektu antolaketa eta kudeaketa adierazleetan (T2), tratamendu ondoko betetze maila 3,65 eta 4,04 bitartean kokatzen da. Ikerketa subjektuen erantzunetan, adierazleen garrantzi maila betetzea baino altuagoa da 4-ko balorazio baten gainetik, Ohiko bileretan (T2a) ezik. Proiektuaren garapenean burututako bilera gehienak ikasgela orduetan burutzen dira eta unibertsitatean dauden bitartean, talde gehienek kontaktuan jartzeko ez dute arazorik. Baliteke egoera honek, bilera formal eta antolatuen beharraren ikuspegia baldintzatzea eta bilerek lanbide jarduerarentzat dakartzan onurak ikasleentzat guztiz ikusgarriak ez izatea.

Adierazleen tratamendu aurreko eta ondoko diferentziak aztertzen badira, lehenengo lauen artean (T2a-d) desberdintasun estatistikoki adierazgarria dela ($p < 0,05$) egiaztatu daiteke. Hauen artean, Ohiko bilerak (T2a) eta Proiektuaren jarraipen eta ebaluazioan (T2d) efektuaren tamaina handia izan da (Cohenen d-aren balioak, 1,04 eta 0,84 hurrenez hurren). Beraz jarduera programaren eragina nabaria izan da bi hauen betetze mailan. Betetze mailarekin jarraituz, Proiektuaren jarraipen eta ebaluazioak (4,04) betetze maila altuena du. Beraz, jarduera programaren proiektuaren kontrol bileren eragina nabaria da.

Hurrengo betetze maila altuena duena, Proiektuaren plangintza da (3,9), efektu tamaina moderatu-altu batekin ($d = 0,66$). Are gehiago, testuinguru akademiko batentzat 0,6 baino handiagoko efektua, altua kontsideratzen da (Hattie, 2009). Azken honek, garrantzi mailan balorazio handiena hartzen du, 4,55 bat az bestekoarekin. Proiektu bat lauhileko osoan zehar arrakastaz eramateko, ikasleek proiektuaren plangintzaren garrantzia hautematen dute (T2 adierazleen artean, puntuazio maximoa du eta 14 adierazleetatik, laugarrena izango zen garrantzi mailan), nahiz eta beraien plangintzaren betetzea ematen dioten garrantzitik urrun geratu.

Tratamendu aurreko eta ondoren arteko betetze mailaren diferentzia estatistikoki adierazgarria ez duten bi adierazleak, Zereginen egitea (T2e) eta Taldekideen indarra kontsideratuz zereginen esleipena (T2f) dira.

Adierazleen arteko korrelazioa eta konglomeratuen analisiarekin tratamendu aurrean, ikasleen erantzunetan Ohiko bilera (T2a) eta Proiektuaren jarraipen eta ebaluazioaren (T2d) arteko erlazio moderatu bat nabarmentzen da ($r_s = 0,4844$, $p < 0,0001$). Jarduera programa burutu ostean, Proiektuaren jarraipen eta ebaluazioa (T2d), Proiektuaren plangintza (T2b) eta Zereginen egitearen (T2e) betetze mailen arteko erlazio moderatua antzematen da korrelazioen analisisian, azken bi hauen arteko Spearman-en r_s koefizientea altuena izanik ($0,5278$, $p < 0,0001$). Garrantzia aztertzean, azken hirukotearen puntuazioa altuena dela ikusi daiteke (T2d=4,33; T2b=4,55; T2e=4,40) eta korrelazioari dagokionez, Proiektuaren plangintza (T2b) eta Zereginen egitearen (T2e) erlazio moderatua mantendu egiten dela.

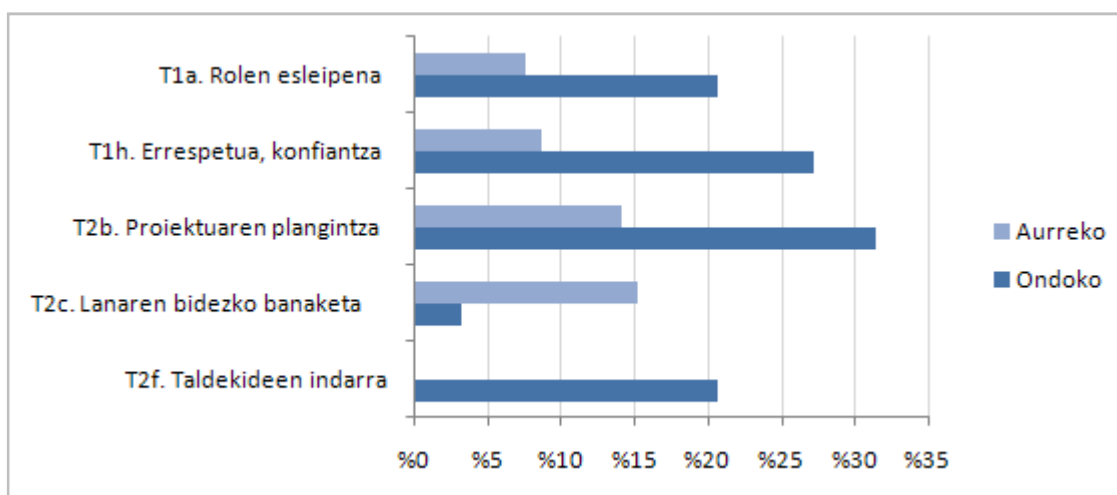
Ikerketa ingurune akademiko batean burutzen ari dela kontutan izan behar da eta lanbide jarduerako baldintzak ezin direla zehatz-mehatz errepikatu, hau da, ikasleak ez dute laneko presio bera sentituko epeak ez betetzearren edo plangintza bukatugabe baten kasuan. Horrek azaldu dezake, Proiektuaren plangintzaren kasuan, betetze maila eta garrantziaren arteko desberdintasuna edo Zereginen egitearen kasuan, tratamenduaren aurre eta ondoko diferentzia urria. Azken honentzako kontutan izan behar da, ikasleak inkestan erantzuten zuten galdera “esleitutako zereginak epean eta kalitatez betetzen genituen?” dela eta zereginak bukatzea soilik ez dela eskatzen, baizik eta plangintzaren epeak errespetatuz eta kalitate maila onargarriarekin. Dena den, Proiektuaren jarraipen eta ebaluazioa (T2d), Proiektuaren plangintza (T2b) eta Zereginen egitearen (T2e) korrelazioak tratamendu osteko betetze mailan eta ikerketa subjektuek emandako garrantziaren balorazioa 4,3 baino altuagoa izatea hiru adierazleentzat, tratamenduaren eragina azalarazten dute.

Adierazleen aurre eta ondoko garrantzia maila galdera irekietan.

Tratamendu aurrean eta ondoan, ikerketa subjektuek hurrengo galdera erantzuten dute: “Zure esperientzian oinarrituta, ze faktore kontsideratzen dituzu garrantzitsu talde lan eraginkorra lortzeko?”. Galdera irekia izanik, subjektu gehienek 2-3 adierazleei egiten diete erreferentzia eta tratamendu aurreko eta ondoko kopuruaren arteko diferentzia igartzen da, ondokoan zenbaki altuagoa izanik. Jarduera programa burutu aurretik, Komunikazio egokia (T1f - %27,2), Giro atsegina (T1g - %27,2), Lanaren bidezko banaketa (T2c - %15,2) eta Proiektuaren plangintza (T2b - %14,1) adierazleak izan dira aipatuak.

Tratamendu ostean, portzentaje altuenak dituzten adierazleak Giro atsegina (T1g - %34,5), Errespetua, konfiantza (T1h - %27,6), Komunikazio egokia (T1f - %24,1), Rolan esleipena (T1a - %20,7) eta Taldekideen indarra kontsideratuz zereginen esleipena (T2f - %20,7). Aurreneko hiru adierazleen garrantzia, ikerketa subjektuei adierazleen balorazioa zuzena eskatzen zaienean lortu denarekin bat dator. Rolan esleipena, tratamenduaren eraginez, efektu tamaina handiena azaltzen duen adierazlea izan da. Taldekideen indarra kontsideratuz zereginen esleipenak tratamendu aurretik

ondorenera portzentaje gehikuntza handiena jasan duen faktorea izan da. Kontutan hartu behar da, ikerketa honetan berrikuspen bibliografikoan oinarrituta, talde lan eraginkor baldintzatzen duten hamalau faktore aukeratu direla eta galdera ireki honetan, erantzunetan jaso den informazioa adierazleen gertutasunagatik sailkatu dela, aukeratutako adierazleei ondo egokitu ezean baztertuak izanik. Baztertutako informazioaren artean, konpromisoa eta inplikazio bezala sailkatu daitekeen informazioa taldekatu daiteke, tratamendu aurretik eta ondoan %45 baino gehiagoko aipamena jasotzen duena. Honek pertsona arteko erlazio eta jarrera faktoreen garrantziaren nagusitasuna ikerketa subjektuentzat azpimarratzen du, lortu den adierazle hirukotearen nagusitasunarekin lerrokatuta.



5.50 Grafikoa. Adierazle aldaketa nabarmenenak aurre eta ondoko garrantzian galdera irekietan.

Tratamendu aurreko eta ondoko diferentzien adierazgarritasun estatistikoa aztertu da ikerketa subjektuek identifikatutako 14 adierazle hauentzat. Bost adierazle dira desberdintasun estatistiko adierazgarria ($p < 0,05$) azaltzen dutenak Chi karratuaren testaren ondoren (5.50 Grafikoa). Lanaren bidezko banaketa (T2c) aldaketa negatiboa azaltzen duela esanguratsua da. Era berean, Taldekideen indarra kontsideratuz zereginen esleipenak tratamendu aurretik izendatua ez izatetik, gehikuntza handiena izan duen adierazlea izatera pasatzen da. Baliteke, ikerketa subjektuek tratamenduan landu ondoren indarren arabera zereginen esleipena bidezko banaketaren aurretik hobestea.

Rolen esleipenaren kasuan, desberdintasun estatistikoki adierazgarriak aipatu den tratamenduko efektua babesten du. Proiektuaren plangintza (T2b), aurreko puntuan egin den analisisan ikusi den bezala, proiektu antolaketa eta kudeaketa adierazleen artean garrantzi maila altuena duen adierazlea da eta azaltzen duen desberdintasuna tratamendu ostean, estatistikoki esanguratsua dela ziurtatu daiteke.

Hobetu daitezkeen talde laneko aspektuak

Ikerketa subjektuek Proiektuaren plangintza (%28,5) eta Zereginen egitea (%16,8) aipatzen dituzte proiektuaren garapenaren erdialdera egiten zaien “zure taldeak hobetu ditzakeen 2-3 aspektu aipatu” galderari. Kontrol galdera honek, taldean antzemandako zailtasunen berri ematen du. Gehiengoarentzat aurreneko esperientzia denez proiektu mota honen kudeaketan, zeregin batzuen lan estimazioa burutzea ez zaie erraza suertatzen, hortaz epean zereginak kalitatez betetzea ere. Horregatik proiektuaren jarraipen eta ebaluazioan azpimarratzen da eta plangintzaren egokitzapena behar denean burutzen da.

Jarduera programari buruzko ebaluazioa

Ikerketa subjektuek proiektua amaitzean zenbait jarduera programaren ondorioz landutako zenbait aspektu baloratzen dituzte 10eko eskala batekin:

Irakasgaiak, talde lan eraginkorra burutzen lagundu diola baieztapenari, ikasleek 8,45 (1,05) puntuazioa ematen diote, batz bestekoa eta desbideratze estandarra, hurrenez hurren. Aldiz, beraien taldeen funtzionamendua 7,94 (1,1) batz bestekoarekin baloratzen dute ikerketa subjektuek. “Talde lanean eraginkorki jarduteko ezagutzak eta gaitasunak lortu ditut” galderak 7,63 (1,07) puntuazioa jasotzen du. Tratamendu aurretik, galdera hau aurreko esperientziari buruz egiten da eta 6,34 (1,34) puntuazioa lortzen du. Beraz tratamenduaren ondorioz %20ko gehikuntza egon da batz beste, Stundet-en t testak diferentzia hori estatistikoki adierazgarria dela ($p < 0,0001$) adierazten du eta Cohen-en d koefizienteak (1,07) efektuaren tamaina altua dela.

Hipotesiaren ebaluazioa

Hirugarren hipotesiak “PBL-an oinarritutako proposamen didaktikoa, proiektu bat garatzeko talde lan eraginkorrean eragiten duten adierazleen hobekuntza lortzen duela” dio.

Proiektu bat garatzeko talde lan eraginkorrean eragina duten adierazleen emaitzak aztertzen badira, barne funtzionamendu eta erlazio faktore sorta barruan (T1), Komunikazio egokia (T1f), Giro atsegina (T1g) eta Errespetua, konfiantza (T1h) nagusitasuna nabarmentzen dira, betetze mailan, adierazleen arteko erlazio moderatua altua erakutsiz eta garrantzi mailan, faktore guztien artean puntuazio altuena jasoz.

Bestalde, Rolan esleipena (T1a), Talde arauak (T1b) eta Erabaki hartzea, adostasuna (T1c) jarduera programaren efektu nabariena (Cohen-en d koefizientearen altuenak) azaltzen dituzten adierazleak dira.

Rolan esleipenak tratamendu ondoko garrantziaren gehikuntza estatistikoki adierazgarria izateak (erantzun irekiko inkestaren arabera) eta betetze mailaren aldaketan, efektuaren tamaina handiena edukitzeak, jarduera programaren eragina rolan esleipena lantzeko, agerian uzten du. Rolan esleipena taldekideen arteko dependentzia areagotzen duenez, benetako lankidetzak ikaskuntza emateko baldintza, bete da (Johnson, 2003). Hala ere, adierazleak zuzenean izandako garrantzi mailaren balorazioan, ikerketa subjektuek hautematen duten garrantzia adierazle honentzat, landutako maila baino baxuagoa da. Baliteke taldearen tamainak eta talde gehienek aukeratutako rolan asteroko txandakatzea ikasleen balorazioan eragina izatea.

Proiektu antolaketa eta kudeaketa adierazle multzoan (T2), ikerketa subjektuek ematen dioten garrantziaren arabera Proiektuaren jarraipen eta ebaluazioa (T2d), Proiektuaren plangintza (T2b) eta Zereginen egitea (T2e) nabarmentzen dira. Tratamendu ondoko betetze mailan, hiru adierazle hauen arteko erlazio moderatua sumatzen da. Ikerketa subjektuen gehiengoarentzat proiektu mota honen kudeaketaren aurreneko esperientzia denez, behaketa zuzenean konfirmatu den bezala, zaila egiten zaie zereginen lan karga estimazioak egitea. Ondorioz, zereginak

plangintzan finkatutako epean eta kalitatez entregatzea, are gehiago. Honek azaldu dezake, Zereginen egitearen betetze mailaren diferentzia estatistikoki adierazgarria dela, ezin baieztazea. Horregatik ere, jarduera programan bileretan proiektuaren jarraipena eta ebaluazioa garrantzia azpimarratu eta landu da, Ohiko bilerak (T2a) adierazlearekin batera, efektuaren tamaina altuenak agerian uzten duten moduan.

Erantzun irekiko garrantziari buruzko galderan, bi adierazleen aldaketa deigarria da. Batetik, Lanaren bidezko banaketaren (T2c) garrantzi mailaren diferentzia negatiboa, estatistikoki adierazgarria da, hau da, tratamendu aurretik ostera adierazleari buruzko aipamen kopurua era esanguratsu batean jaisten dira. Bestetik, Taldekideen indarra kontsideratuz zereginen esleipenak (T2f), garrantzi mailan gehikuntza handiena duen adierazlea da. Behin ikasleek indarren araberako lanaren esleipena esperimendu dutenean, bidezko banaketari baino garrantzi handiagoa ematen diotela, iradokitzen du honek, nahiz eta praktikan, taldeen betetze mailaren gehikuntza baxua izan.

Oro har, talde lan eraginkorren eragiten duten faktoreen ikuspegi orokor batean, pertsonen arteko erlazio eta jarrera adierazleen garrantzia (Komunikazio egokia (T1f), Giro atsegina (T1g) eta Errespetua, konfiantza (T1h)) nabaria da ikerketa subjektuentzat, Heylen et al.-ek (2008) erlazio sozialen papera PBL-ko taldeen jarduera egokian azpimarratzen duten bezala. Adierazleen garrantziari buruz erantzun irekiko galdera burutzean, aukeratutako 14 adierazle hauetan sailkatu ezin diren erantzunen biltegia moduan identifikatu den kategoria, konpromisoa eta inplikazioa, aurreko baieztapenarekin lerrotuta dago. Era berean, proiektu antolaketa eta kudeaketarekin erlazioentzat faktoreen artean, Proiektuaren jarraipen eta ebaluazioa (T2d), Proiektuaren plangintza (T2b) eta Zereginen egitea (T2e) nabarmendu dira, pertsonen arteko erlazio eta jarrera adierazleen garrantzi mailatik gertu.

Laburbilduz, proiektu bat garatzeko talde lan eraginkorren, 14 adierazle aukeratu eta landu dira jarduera programa baten bitartez. Barne tinkotasun altua (Cronbach-en $\alpha > 0,7$) agertzen duten inkesten bidez neurtuak izan dira. Adierazle guztien betetze maila, tratamendu aurretik ostera ehunekotan igo da eta 14tik 12k

desberdintasun estatistikoki adierazgarria azaltzen dute ibilbide honetan. Bestalde, ikerketa subjektuek, irakasgaiaren eragina talde lan eraginkorraren hautematean 8,45 puntuekin (hamarretik) baloratu dute eta jarduera programaren efektuaren tamaina, talde lan eraginkorrari buruzko beraien ezagutza eta gaitasunen pertzepzioan, altua dela konfirmatu da. Honenbestez, betetze mailan ez ezik, ikasleek talde lan eraginkorrean eragiten duten aspektuen inpaktuaz ohartzea bilatu eta lortu dela esan daiteke.

Arrazoi hauengatik, hirugarren hipotesia onetsi daiteke, tratamenduaren baliagarritasuna talde lan eraginkorra proiektu baten testuinguruan garatzeko baieztatuz.

6. ONDORIOAK

6.1. Ikerketaren ondorioak

Tesi honek, behar profesional eta akademikoen inguruko Ordenagailu Bidezko Diseinuaren Gehikuntza irakasgaiaren egindako hausnarketan du jatorria. Beharrei erantzuna bilatzeko berrikuspen bibliografikoan, ikerlariak CAD trebakuntza eta ikaskuntza metodologia aktiboetan egindako ekarpenak aztertzen dira eta transferigarriak diren planteamenduetan oinarrituriko proposamen didaktiko bat diseinatzen da. CAD erremintaren erabileraren testuingurua lanbide jarduera denez, ikasleak taldeetan garatuko duten proiektua izango da irakasgaiaren haria eta oinarritzko CAD erabilera eta talde lana eraginkorraren gaitasunak eskuratzen direla ziurtatzeko proiektuaren euskarri den jarduera programa egiten da. Proposamenaren baliozkotasuna aztertzeko ikerketa diseinu kuantitatibo bat burutzen da eta ikerketa tarteira irauten duen hiru ikasturtetan laginak jasotzen dira. Emaitzen azterketa eta eztabaidak, eta proposamen didaktikoaren garapen eta ezarpenak, tesiaren hurrengo ondorioak nabarmentzen dituzte:

- CAD trebakuntzaren paradigma irudikatu da: (1) behar profesional eta akademikoen berrikuspenera burutu da, (2) ikerketa esanguratsuak identifikatu eta beraien ekarpen nagusiak azaldu dira eta (3) trebakuntza proposamenak nabarmendu dira. Trebakuntza proposamenen informazio osagarri moduan eta irakasgaiaren planteamenduari begira, PBL-aren eta talde lanaren, azken hau PBLan garatzen den gaitasuna izanik, aspektu nagusien literatur zientifikoaren azterketa burutu da.

- PBL-an oinarrituta, Ordenagailu Bidezko Diseinuaren Gehikuntza irakasgaiaren proposamen didaktikoa egin da. Irakasgaiaren definitu diren gaitasunak, CAD erreminten erabilera eta proiektu bat garatzeko talde lan eraginkorrak, ikaskuntzaren ardatza den proiektuaren agertokira itzuli dira. Gaitasun hauen eskuratze prozesuan ikasleen karga kognitiboa arintzeko (Schmidt et al., 2007) proiektuaren euskarri den jarduera programa diseinatu da. Programaren jarduerak aurrera eramateko, lankidetzeta eta elkarlaneko estrategia didaktikoez lagundu dira.
- Proposamen didaktikoa ikaskuntza metodologia aktiboetan oinarritzen denez eta zenbait autoreen CAD trebakuntzaren hutsunea betetzeko aldarrikapena jarraituz, ikaslea trebakuntzaren muina izan da eta CAD trebakuntza, ezagutza estrategikora zuzendu da (Johnson eta Diwakaran, 2010, 2011a; Peng et al., 2012; Bodein et al., 2014). Izan ere, proiektuaren garrantziak, jardueren eduki eta denbora erabilgarriak baldintzatzen ditu eta ezin zaio ezagutza deklaratiobari (softwarearen aukera anitzak ezagutzea) lehen zuen pisua eman. Aitzitik, ezagutza deklaratiobea CAD software partikular baten erabilerari lotuta dago eta softwarearen urteroko eguneraketa eta aldaketek, CAD ezagutza hau barneratzea eta mantentzea zailtzen dute (Lang et al., 1991). Gainera ezagutza deklaratiobea zaharkituta geratzeaz gain, baliteke erabili ez izatea.
- Trebakuntza, ikuspegi metakognitibotik landu da. Ikasleari bere ikaskuntzaz ohartu eta hau erregulatzen laguntzen dioten estrategia metakognitiboak sustatu dira CAD ezagutza estrategikoa barneratzeko, besteak beste, plangintza, berrikuspena, jarraipena,... Estrategia horien artean, CAD adituen jardueran igarri daitekeen iragarpenean (Chester, 2008) arreta jarri da, diseinu intentzioaren arabera modelatutako modeloen tinkotasuna, diseinu prozesuaren hurrengo urratsen diseinu aldaketen beharregatik baldintzatuta egon ez dadin.
- PBL-aren erabilerari egozten zaion onuretako bat denboran zehar iraunkorrak diren gaitasunak lantzeko aproposa dela da, horien artean, talde lana (Kolmos 1996, Du 2006, Jones 2006, Lehmann 2008). Baina honen garapenerako trebakuntza espezifiko beharrezko denez, talde lan eraginkorra eragina duten hainbat faktore identifikatu, diseinu proiektu baten garapenerako

testuingurura egokitu eta proiektuaren garapenarekin bat datozen jarduera programa diseinatu da.

- PBL-aren natura den jarduera profesionalaren gertutasuna, metodologiaren aplikazioaren bidez eta testuinguruan jarritako jarduera programaren bidez lortu da. Lanbide jarduerako rolak, plangintza, epeen betetzea, kalitate mailaren berrikuspena,... une oro proiektuaren garapeneko atmosferako elementuak izan dira. Proiektuaren euskarri diren jarduerak testuinguruan jartzeak, ingeniaritza ikasgelara hurbildu du eta lanbide jarduerako CAD diseinuen eskakizunei zentzua eman die.
- Proposamen didaktikoaren ezarpena burutu da eta berrikuspen bibliografikoan erreparatu den beharraren arabera (Hamade et al., 2007; Lang et al., 1991; Schmitz, 1999; Wu, 2009), CAD ikaskuntzaren erdiespenari buruzko ikerketa enpirikoan erdiratzen den ikerketa diseinua egin da, proposamen didaktikoan proiektua garatzeko talde lan eraginkorraren azterketarekin batera. Ikerketan alborapenak ekiditeko, erreplikazioa erabili da (Moore, 2005) eta hiru ikasturteetan laginak jaso dira. Emaizten analisiak, ikerketan formulatu diren hipotesien egiaztapena ekarri du.

6.2. Hipotesien ebaluazioaren laburpena

PBL-an oinarritutako proposamen didaktikoaren baliozkotasuna irakasgaiari definitu diren gaitasunak garatzeko hurrengo hipotesiak formulatu eta egiaztatu dira:

H1: Proposamen didaktikoan oinarritutako trebakuntza eta ohiko irakaskuntza jaso duten ikasleen CAD modelo, multzo eta planoen artean kalitate desberdintasuna existitzen da.

CAD esparruko hiru probek osatzen dute ikerketa diseinua: CAD modelaketa, multzo muntaketa eta plano adierazpena. Aurre tratamenduko laginak jaso dira, hausazko esleipena posible ez den esperimenduetan bezala, ikerketa taldeen arteko desberdintasun estatistikoki adierazgarria baztertzeko.

CAD modeloen modelaketa proban, kontrol eta talde esperimentaleko desberdintasun estatistikoki adierazgarria antzematen da hurrengo dimentsio eta adierazleentzat: D1. Modelo osoa, D1a. Akats kopurua, D2. Modeloa baliozkoa, D3. Modelo tinkoa, D3b. Aldaketak jasateko gaitasuna, D4. Modelo laburra, D4a. Zirriborroan soberako elementuak, D4b. Eragiketa anizkunak, D5. Diseinu intentzioarekin bat dator, D5a. Modeloaren kokapena, D5b. Eragiketen egokitasuna, D5c. Eragiketa sekuentzia hoberenarekin.

Tratamendu ostean, talde esperimentaleko ikerketa subjektuen modelaketa sekuentzia alderraien murrizketa nabari da, eragiketa kopuruaren banaketan eta diseinu intentzioarekin azaltzen duten bateratasunean ikusten den bezala. Tratamenduaren jardueren eta jarduerak aurrera eramateko planteamenduaren eragina modeloen osotasun mailaz gain, tinkotasun, laburtasun eta diseinu intentzioaren jarraipenean nabaria dira. Gertaera honen arrazoia, modelaketa inguruko prozesu kognitiboa ezagutza estrategikoetara bideratuta dagoela izan daiteke.

Multzoen muntaketa proban, kontrol eta talde esperimentaleko desberdintasun estatistikoki adierazgarria hurrengo dimentsio eta adierazleentzat azaltzen da: M3. Multzo tinkoa, M4a. Egoki mugatutako pieza kopurua, M5. Diseinu intentzioarekin bat dator, M5c. Muntaketa sekuentzia diseinu intentzioarekin bat.

Taldeen arteko desberdintasun estatistikoak talde esperimentalaren aldekoak dira. Talde esperimentalean, multzoaren tinkotasuna eta diseinu intentzioa ziurtatzeko joera bat ageri da, laburtasuna bigarren maila batera alboratuz. Taldeen arteko desberdintasunak, piezen arteko muntaketa erlazioen interpretazio egokian hasten direla eta muntaketaren sekuentziaren hausnarketa eta irudikapenean jarraitzen dutela esan daiteke, multzoaren tinkotasunak eta diseinu intentzioaren bateratasunak azaltzen duen moduan.

Araudiaren araberako planoaren adierazpen proban, ikerketa talde arteko desberdintasun estatistikoki adierazgarria hurrengo dimentsio eta adierazleetan nabarmentzen da: P1. Piezaren interpretazio geometriko, P2b. Bista egokiak, P2c. Ebakidura eta sekzio egokiak, P2d. Ardatzen adierazpen zuzena, P2e. Kotatze zuzena,

P2f. Perdoiak zuzenak, P2g. Gainazal akaberak egokiak, P2h. Perspektiba isometrikoa, P3. Adituen nota.

Kontrol taldean, piezaren interpretazio geometrikoaren zuzentasunean eragina duen akats bat nabarmentzen da. Akatsaren arrazoia, multzoaren funtzionamenduaren ulermen ezan oinarritu daitekeela uste da. Araudiaren arabera piezaren adierazpen grafikoa planoan, talde esperimentalaren aldekoa da, ebakidura eta sekzio, ardatzen adierazpen, kotatze, perdoi eta gainazal akaberan. Ikuskatzailearen rola erabileraren eta adierazpen prozesuaren hausnarketa eta planifikazioaren garrantzia, hautemangarria dela uste da. Azkenik, aditu panelak planoei esleitutako notak, taldeen emaitzen arteko kalitate diferentzia nabarmentzen du.

Hiru proben emaitzak orokorrean aztertu ondoren, hipotesiaren baliozkotasuna onartu daiteke.

H2: Berrikuspen bibliografikoan identifikatu diren kalitatezko CAD modeloaren atributuak, CAD modeloaren osotasunarekin erlazionatuta daude.

Bigarren hipotesiaren ebaluazioan, aurreko hipotesian erabili den modelaketa proban jaso den lagina erabili da. Aurre-testaren analisiak, bi taldeen arteko berdintasuna agerian uzten duenez, hipotesiaren ebaluazioa tratamendu ostean jasotako laginean erdiratu da.

Modeloaren osotasunak, CAD modeloen kalitatezko atributuekin dependentzia duen aztertzen da. Horretarako, ikerketa bi urratsetan gauzatu da. Lehenengoan, ikerketa talde barruan modeloaren osotasunarekin beste atributuek duten erlazioa neurtzen da. Talde esperimentalean, modeloaren tinkotasuna (zirriborroa erabat definitua du eta modeloak aldaketak jasan ditzake adierazleekin ere) eta diseinu intentzioarekin bat datorren dimentsioarekin (modeloaren kokapen eta sekuentzia hoberekin bat etortzea adierazleekin ere) desberdintasuna estatistikoki adierazgarria azaltzen da, modelo oso eta ez osoen artean. Kontrol taldean ordea, laburtasun dimentsioaren barnean, soberako elementuak dituzten zirriborroak adierazleekin diferentzia estatistiko adierazgarria bakarrik topatu da. Beraz, modelo

osoen eta kalitatezko atributuen arteko dependentzia, tratamenduko taldean kontrol taldean baino nabariagoa da.

Ikerketaren bigarren urratsean, modelo osoen kalitatezko atributuen proportzioak berdinak diren edo taldearen arabera diren egiaztatzen da. Horretarako, modelo osoen taldeen arteko alderatzea burutu da eta modelo labur eta diseinu intentzioarekin bat datozen dimentsioetan desberdintasun esanguratsua topatu da (barneko adierazleentzat ere), ez ordea, modeloaren tinkotasunean. Eraitza hauek, tratamenduaren baliozkotasuna CAD modelaketa estrategikoaren trebakuntzan agerian uzten dute.

Ikerketaren lehenengo urratsak, modeloen osotasunarekin kalitatezko modeloen atributuek erlazioa dutela adierazten du, tratamendua jaso duen taldearentzat. Bigarren ikerketa urratsak, modelo osoetan kalitatezko atributuen proportzioa talde esperimentalean handiago dela adierazten du. Beraz, hipotesia onartu daiteke tratamendua jaso duen taldearentzat.

H3: PBL-an oinarritutako proposamen didaktikoa, proiektu bat garatzeko talde lan eraginkorrean eragiten duten adierazleen hobekuntza lortzen du.

Ikerketa honetarako 4 inkesta desberdin diseinatu eta berrikuspen bibliografikoan oinarrituta, proiektu bat taldean eraginkorki garatzeko 14 adierazle identifikatu dira, bi taldeetan bilduta, barne funtzionamendu eta erlazio faktoreak (T1) eta proiektu antolaketa eta kudeaketa faktoreak (T2). Inkestek barne tinkotasun altua (Cronbach-en $\alpha > 0,7$) azaldu dute adierazleen neurketan. Adierazle guztien betetze maila, tratamendu aurretik ondorenera proportzioan igo da eta 14tik 12k desberdintasun estatistikoki adierazgarria azaltzen dute. Bestalde, ikerketa subjektuek, irakasgaiaren eragina talde lan eraginkorra hautemateko, 8,45 puntuekin (hamarretik) baloratu dute eta tratamenduaren efektuaren tamaina beraien ezagutza eta gaitasunen pertzepzioan, altua da. Honenbestez, betetze mailan ez ezik, ikasleek talde lan eraginkorrean eragiten duten aspektuen inpaktuaz ohartzea bilatu eta lortu dela esan daiteke. Honenbestez, hirugarren hipotesia onartu daiteke.

6.3. Inplikazio eta aplikazioen eztabaida

Ikerketa honen ondorioak, etorkizunean CAD trebakuntzan proposamen didaktikoak burutu behar dituztenentzat baliagarriak dira. Ikaskuntza metodologia aktiboetan oinarrituta, PBL eta lankidetzak teknikak esaterako, ikaslean eta ezagutza estrategikoan arreta jartzen duen proposamen didaktiko baten diseinua aletu da CAD trebakuntzan. Bertan zehazten diren praktiken transferigarritasunak, CAD hezitzaileentzat mesedegarriak izan daitezke beraien planteamendu didaktikoari forma emateko.

Horretaz gain, ikerketaren adierazgarritasuna, hiru urteetako ikerketa tartean CAD trebakuntzaren bi proposamenen didaktikoen eraginkortasunaren konparaketan erdiratzen da. Honen inguruan, modeloen konparaketan definitzen diren adierazleen baliozkotasuna modelo osoak lortzeko ebaluatu eta PBL-aren gaitasun iraunkorrak apropostasuna kontuan izanik, talde lana garatzeko diseinatu den jarduera programaren baliozkotasuna aztertzen da.

Arlo honetan, ikerketa enpirikoen gabezia adierazten duten autoreak badaude ere (Hamade et al., 2007; Lang et al., 1991; Schmitz, 1999; Wu, 2009), tesia garapenarekin garaikide izan diren lan adierazgarriak topatzen dira (Bodein et al., 2014; Company et al., 2013, 2014b; Diwakaran eta Johnson, 2012; Johnson eta Diwakaran, 2010, 2011b, 2011a; Peng et al., 2012). Honek, ikerketa eremuaren gaurkotasuna eta interesa nabarmentzen du. Era berean, ikerketaren baliagarritasuna arlo honetako ikerketen osagarri moduan, agerian uzten du.

Ikerketa honen aplikazioak heziketaren muinera bideratuta badaude ere, CAD diseinu eta trebakuntzaren oinarriak identifikatu eta onargarria izatea frogatu duen proposamen didaktiko bat abiapuntu duenez, CAD erabiltzaileentzat, ezagutza estrategikoak identifikatzeko eta bere trebakuntza beharrak nabarmentzeko balioa dezake. Ildo beretik, talde lana garatzeko diseinatu den jarduera programa, talde lanaren sarrera moduan proiektuak erabiltzen diren edozein hezkuntza testuingurura transferigarria dela uste da. Hala ere, testuinguru horren behar akademiko eta

irteerako profil profesionalaren eskakizunak kontutan izan beharko ziren. Hau da, software garapeneko ingurune batean adibidez, SCRUM bezalako proiektuen kudeaketa metodologia landu behar bada, rol espezifikoak eta plangintzaren adaptazioa, besteak beste, moldatzea eskatuko luke.

6.4. ikerketa mugak

Lehenik, ikerketa Donostiako Eskola Politeknikoko Ordenagailu Bidezko Diseinuaren Gehikuntza irakasgaiaren parte hartu duten ikasleen laginean oinarritzen dela nabarmendu nahi da. Beraz, emaitzak antzeko baldintzak ematen diren ingurune batera orokortu daitezke baina ez era absolutuan. Laginak, unibertsitate mailan CAD trebakuntza jasotzen duten ikasleen populaziotik, zati txiki bat besterik ez dira. Hala ere, ikerketaren lagin tamaina eta baliozkotasuna handitu asmoz, ikerketa tartea hiru ikasturtera luzatu da. Ez da ikerketa longitudinala soila izan, baizik eta ikasturteko zenbait uneetan, hiru urteetan zehar, jaso diren laginetan oinarritzen den ikerketa.

Ikerketan, CAD hipotesiak ebaluatzeko hiru proba diseinatu dira (modelo, multzo eta plano) eta CAD ezagutzen balorazioak hauetan lortu diren emaitzetara mugatu dira. Probak kopuruz eta motaz handitzeko potentziala badago ere, ikerketa diseinuak, kontrol taldearen ikuskapenak probak egiteko, besteak beste, hauen bideragarritasuna baldintzatzen du. Bestalde, aurretik ikerlariek erabili dituzten probak edo denboraren babespean CAD irakaskuntzarako baliagarriak izan diren probak erabili dira, proben baliozkotasunaren zalantzak ezerezteko. Era berean, hirugarren hipotesian talde lanaren garapena neurtzeko, hamalau adierazle aukeratu dira. Berrikuspen bibliografikotik dokumentatuko adierazleak dira eta ikerketa testuingurura hobekien egokitzen diren adierazle moduan identifikatu dira.

Azkenik, proposamen didaktikoa PBL-an oinarritzen bada ere, irakasgaiaren baldintzetara egokitu da (CAD software partikularra, ikasle profila, testuinguru kulturala,...). Era berean, proposamenaren euskarri den jarduera programan, lankidetzak ikaskuntza tekniketarik, sorta bat besterik ez da erabili. Kontutan izan behar

da, PBL-an oinarritutako bestelako proposamen didaktikoak, beste ingurune batean ikerketa proba berdinak burutuz, emaitzen arteko kontraste estatistikoa sortu dezakeela.

6.5. etorkizunerako ikerketa lerroak

Ikerketa honek, CAD trebakuntzan, PBLan oinarritutako proposamen didaktikoaren aldeko emaitzak azaltzen ditu. Ikerketa, Donostiako Eskola Politeknikoan hiru ikasturtetan jasotako laginetan oinarritzen da. Nahiz eta aurrekoak, proposamen didaktikoa jasotzen duten ikasleen berrien emaitzak antzekoak izan litezkeela pentsarazi badezakete ere, lehenengo etorkizuneko ikerketa lerro moduan, ikerketa zabaltzea proposatzen da. Ikerketa eremuaren zabalketak beste testuinguru akademiko batetara, CAD software desberdin baten erabilerara edo beste ingurune kultural batetako ikasleen partaidetzara, adibidez, ikerketaren emaitzen orokortasun maila handituko luke.

Era berean, bideragarritasunak baldintzatuta, CAD esparruko ikerketa probak hiru izan dira: pieza baten modelaketa, multzo baten muntaketa eta planoaren adierazpena. Etorkizuneko ikerketentzat, instrumentu sorta handitu liteke (baliabide erabilgarriak baimentzen badute) edo maila aurreratuagoko instrumentuak gehitu, adibidez, aldagaien bidezko modelaketa edo gainazalak modelatzearen proba. Honek, metodologia didaktikoen arteko konparaketarako CAD ezagutzaren beste puntu batzuk emango lituzke.

Talde lanaren garapeneko arlora antzeko proposamenak luzatu daitezke: beste testuinguru akademiko edo kultural batetara ikerketa zabaldu eta ingurunearekin bat datozen eta talde lana ebaluatzeko balioko duten adierazleen gehikuntza edo egokitzapena.

Enpresa mailan produktuaren hasierako kontzeptualizaziotik birziklatu arte bere bitzta zikloa guztiz kudeatzeko CAD softwarea PLM softwarean integratu den

moduan, proposamen didaktiko berrietan, CAD ezagutza, irakasgai desberdinen lotura izan daiteke eta proiektuen planteamendua zabaltzea posible izango zen, diseinuaren beste alor batzuk kontutan edukitzeko, FEA (Finite Element Analysis) esaterako. Proiektuaren garapena ingeniaritza konkurrentean oinarritu daiteke, talde lanaren antolaketarako erronka berri bat izanik. Honela, lanbide profesionalera hurbilduko zen ikasleen jarduera.

Beste ikerketa lerro bat, CAD diseinu metodologiaren aldaera partikularrak proposamen didaktikoan integratzea izan liteke, adibidez, Soto-ren (2010) modelaketa digitalaren optimizazio metodologia edo Gebhard-en (2013) *resilient modeling* proposamena, hauek, CAD trebakuntza estrategikoarekin duten erlazioa ikertzeko.

Azkenik, zenbait autorek (Boujut eta Dugdale, 2006; Bracewell et al., 2009; Company et al., 2014a; Dorribo-Camba et al., 2013) azken urteetan proposatu eta jorratu duten etiketen erabilera modelaketan, proposamen didaktikoan barneratu eta ikerketaren beste adierazle moduan aztertu liteke. Etiketak, modeloaren diseinu intentzioa ingeniariaren artean komunikatzeko tresna eraginkor moduan kontsideratzen dituzte. Ikerketa honetako talde esperimentalean, azken urtean landutako gaia izan denez eta kontrol taldean landu ez denez, neurtu gabeko dimentsio bat da eta ikerketatik kanpo geratu da.

Azken atal honek ikerketari bukaera ematen badio ere, amaiera baino, hasiera bat izatea espero da eta hurrengo ikerketentzako inspirazio eta gida moduan balio izatea.

7. BIBLIOGRAFIA

- Aberdeen Group, 2007. The Design Reuse Benchmark Report: Seizing the Opportunity to Shorten Product Development [WWW Document]. URL http://enfinio.com/wp-content/uploads/2014/01/Aberdeen_DesRes_Out_3908.pdf (accessed 4.14.15).
- Abrahamson, S., Senin, N., Wallace, D., Edgerton, H., Professor, A., Borland, N., 1999. Integrated Engineering, Geometric, and Customer Modeling: LCD Projector Design Case Study, in: In Proceedings of the ASME DETC Conferences, Number 9084 in DETC/CIE, Las Vegas.
- Adams, R.S., Atman, C.J., Nakamura, R., Kalonji, G., Denton, D., 2002. Assessment of an international freshmen research and design experience: a triangulation study. *Int. J. Eng. Educ.* 18, 180–192.
- Alberts, L.K., Wognum, P.M., Mars, N.J.I., 1992. Structuring Design Knowledge on the Basis of Generic Components, in: Gero, J.S., Sudweeks, F. (Eds.), *Artificial Intelligence in Design '92*. Springer Netherlands, pp. 639–656.
- Alcober, J., Riz, S., Valero, M., 2003. Evaluación de la Implantación del Aprendizaje Basado en Proyectos en la EPSC (2001-2003). Presented at the XI Congreso Universitario de Innovación Educativa en la Enseñanzas Técnicas, Vinanova i la Geltru.
- Aleixos, N., Company, P., Contero, M., 2004. Integrated modeling with top-down approach in subsidiary industries. *Comput. Ind.* 53, 97–116. doi:10.1016/S0166-3615(03)00122-2
- Alemzadeh, K., Burgess, S., 2005. A team-based CAD project utilising the latest CAD technique and web-based technologies. *Int. J. Mech. Eng. Educ.* 33, 294–295, 297–306, 308, 311–318.
- Allsop, C., 2009. The development of three-dimensional Computer Aided Design (CAD) modelling strategies and an investigation into their impact on novice users. Loughborough University, Loughborough, UK.
- Alper, S., Tjosvold, D., Law, K.S., 1998. Interdependence and controversy in group decision making: Antecedents to effective self-managing teams. *Organ. Behav. Hum. Decis. Process.* 74, 33–52.
- Anderl, R., Mendgen, R., 1996. Modelling with constraints: theoretical foundation and application. *Comput.-Aided Des., Artificial Intelligence in Computer-Aided Design* 28, 155–168. doi:10.1016/0010-4485(95)00023-2
- Arof, A.N.A.M., 2011. The effectiveness of cad training among low and high spatial visualization abilities undergraduates. *Mar. Front.* Vol 2, pp 1–12.
- Ary, D., Jacobs, L., Sorensen, C., Walker, D., 2010. *Introduction to Research in Education*. Cengage Learning.
- Ault, H.K., 2011. *The Inside Story: Revealing the Contents of CAD's Black Box*.

- Banerjee, H.K., Graaff, E. de, 1996. Problem-based learning in architecture: Problems of integration of technical disciplines. *Eur. J. Eng. Educ.* 21, 185–195.
- Barrows, H., 2002. Is it truly possible to have such a thing as dPBL? *Distance Educ.* 23, 119–122.
- Barrows, H., 1996. Problem-Based Learning in Medicine and Beyond: A Brief Overview, in: *Bringing Problem-Based Learning to Higher Education*: Theory and Practice. Jossey-Bass, San Francisco Calif., pp. 3–12.
- Barrows, H.S., 1988. The tutorial process. Southern Illinois Univ.
- Barrows, H.S., 1986. A taxonomy of problem-based learning methods. *Med. Educ.* 20, 481–486.
- Bhavnani, S.K., 2000. Designs conducive to the use of efficient strategies, in: *Proceedings of the 3rd Conference on Designing Interactive Systems: Processes, Practices, Methods, and Techniques*. ACM, pp. 338–345.
- Bhavnani, S.K., John, B.E., 1997. From sufficient to efficient usage: An analysis of strategic knowledge, in: *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. ACM, pp. 91–98.
- Bhavnani, S.K., John, B.E., Flemming, U., 1999. The Strategic Use of CAD: An Empirically Inspired, Theory-Based Course, in: *Proceedings of CHI'99*. ACM, pp. 42–49.
- Biggs, J., 2003. *Teaching for Quality Learning at University*, (Buckingham, England: The Society for Research into Higher Education & Open University Press).
- Biggs, J.B., 2011. *Teaching for quality learning at university: What the student does*. McGraw-Hill Education (UK).
- Bluman, A., 2011. *Elementary Statistics: A Step By Step Approach with Data CD and Formula Card*, 8 edition. ed. McGraw-Hill Science/Engineering/Math.
- Blumenfeld, P.C., Soloway, E., Marx, R.W., Krajcik, J.S., Guzdial, M., Palincsar, A., 1991. Motivating Project-Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning. *Educ. Psychol.* 26, 369–398. doi:10.1080/00461520.1991.9653139
- Bodein, Y., Rose, B., Caillaud, E., 2014. Explicit reference modeling methodology in parametric CAD system. *Comput. Ind.* 65, 136–147. doi:10.1016/j.compind.2013.08.004
- Boujut, J.-F., Dugdale, J., 2006. Design of a 3D annotation tool for supporting evaluation activities in engineering design. *Coop. Syst. Des. COOP* 6, 1–8.
- Bracewell, R., Wallace, K., Moss, M., Knott, D., 2009. Capturing design rationale. *Comput.-Aided Des.* 41, 173–186.
- Branoff, T.J., Dobelis, M., 2014. Relationship Between Students' Spatial Visualization Ability and their Ability to Create 3D Constraint-Based Models from Various Types of Drawings, in: *Proceedings of the 2014 Annual Conference of the American Society for Engineering Education*, Indianapolis, Indiana, June 15.
- Branoff, T.J., Hartman, N.W., Wiebe, E.N., 2003. Constraint-Based, Solid Modeling: What do Employers Want Our Students to Know? *Eng. Des. Graph. J.* 67, 6–11.
- Brown, G., 2004. *How Students Learn: A supplement to the RoutledgeFalmer Key Guides for Effective Teaching in Higher Education series*. Retrieved July 28, 2013.
- Campbell, D.T., Stanley, J.C., Gage, N.L., 1963. *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Houghton Mifflin Boston.
- Cano, J.L., Lidon, I., Rebollar, R., Gimeno, F., 2009. An assessment of behavioural variables implied in teamwork: an experience with engineering students of Zaragoza University. *EJEE* 34, 113–122.

- Carifio, J., Perla, R., 2008. Resolving the 50-year debate around using and misusing Likert scales. *Med. Educ.* 42, 1150–1152. doi:10.1111/j.1365-2923.2008.03172.x
- Carling, K., 2000. Resistant outlier rules and the non-Gaussian case. *Comput. Stat. Data Anal.* 33, 249–258. doi:10.1016/S0167-9473(99)00057-2
- Chen, L., Song, Z., Feng, L., 2004. Internet-enabled real-time collaborative assembly modeling via an e-Assembly system: status and promise. *Comput.-Aided Des.* 36, 835–847. doi:10.1016/j.cad.2003.09.010
- Chen, X., Gao, S., Yang, Y., Zhang, S., 2012. Multi-level assembly model for top-down design of mechanical products. *Comput.-Aided Des., Fundamentals of Next Generation CAD/E Systems* 44, 1033–1048. doi:10.1016/j.cad.2010.12.008
- Chen, X., Hoffmann, C.M., 1995. Towards feature attachment. *Comput.-Aided Des.* 27, 695–702.
- Chester, I., 2008. 3D-CAD: modern technology – outdated pedagogy? *Des. Technol. Educ. Int. J.* 12.
- Chester, I., 2007. Teaching for CAD expertise. *Int. J. Technol. Des. Educ.* 17, 23–35.
- Cohen, J., 1992. A power primer. *Psychol. Bull.* 112, 155.
- Cohen, J., 1988. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*.
- Cohen, L., Manion, L., Morrison, K., 2007. *Research Methods In Education*, 6th ed. Routledge, USA Canada.
- Company, P., Camba, J., Contero, M., Otey, J., 2014a. Explicit Communication of Geometric Design Intent in CAD: Evaluating Annotated Models in the Context of Reusability.
- Company, P., Contero, M., Salvador-Herranz, G., 2013. Testing rubrics for assessment of quality in CAD modelling - It works!, in: Yumpu.com. Putrajaya, Malaysia.
- Company, P., Otey, J., Camba, J., Contero, M., 2014b. Leveraging Mechanical 3D CAD Systems Through Improved Model Quality Based on Best Practices and Rubrics, in: *Proceedings of the ASME 2014 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference*. Presented at the IDETC/CIE 2014, ASME, Buffalo, New York, USA.
- Contero, M., Company, P., Vila, C., Aleixos, N., 2002. Product data quality and collaborative engineering. *IEEE Comput. Graph. Appl.* 22, 32–42. doi:10.1109/MCG.2002.999786
- Cooper, L.A., 2014. *Designing the design experience: Identifying factors of student motivation in project-based learning and project-based service-learning (Ph.D.)*. Ann Arbor, United States.
- Csabai, A., Stroud, I., Xirouchakis, P.C., 2002. Container spaces and functional features for top-down 3D layout design. *Comput.-Aided Des.* 34, 1011–1035. doi:10.1016/S0010-4485(01)00161-0
- Cummins, R.A., Gullone, E., 2000. Why we should not use 5-point Likert scales: The case for subjective quality of life measurement, in: *Proceedings, Second International Conference on Quality of Life in Cities*. pp. 74–93.
- Dankwort, C.W., Weidlich, R., Guenther, B., Blaurock, J.E., 2004. Engineers' CAx education—it's not only CAD. *Comput.-Aided Des., CAD Education* 36, 1439–1450. doi:10.1016/j.cad.2004.02.011
- Danos, X., Norman, E.W.L., 2011. *Continuity and progression in graphicacy*. © Design Education Research Group, Loughborough Design School.
- Dansereau, D.F., 1988. Cooperative learning strategies. *Learn. Study Strateg. Issues Assess. Instr. Eval.* 103–120.

- David, R., Frischknecht, A., Jensen, C.G., Blotter, J., Maynes, D., 2006. Contextual learning of CAx tools within a fundamental mechanical engineering curricula, in: *The Proceedings of PACE Forum*, Provo, UT.
- Davies, W.M., 2009. Groupwork as form of assessment: common problems and recommended solutions. *High Educ* 58, 563–584.
- Davis, D., Beyerlein, S., Thompson, P., McCormack, J., Harrison, O., Trevisan, M., Gerlick, R., Howe, S., 2009. Assessing design and reflective practice in capstone engineering design courses, in: *American Society for Engineering Education*. American Society for Engineering Education.
- Dawes, J.G., 2008. Do data characteristics change according to the number of scale points used? An experiment using 5 point, 7 point and 10 point scales. *Int. J. Mark. Res.* 51.
- Demoly, F., Toussaint, L., Eynard, B., Kiritsis, D., Gomes, S., 2011. Geometric skeleton computation enabling concurrent product engineering and assembly sequence planning. *Comput.-Aided Des.* 43, 1654–1673. doi:10.1016/j.cad.2011.09.006
- de Winter, J.C., Dodou, D., 2010. Five-point Likert items: t test versus Mann-Whitney-Wilcoxon. *Pract. Assess. Res. Eval.* 15, 1–12.
- Diwakaran, R.P., Johnson, M.D., 2012. Analyzing the effect of alternative goals and model attributes on CAD model creation and alteration. *Comput.-Aided Des.* 44, 343–353. doi:10.1016/j.cad.2011.11.003
- Dorribo-Camba, J., Alducin-Quintero, G., Perona, P., Contero, M., 2013. Enhancing Model Reuse Through 3D Annotations: A Theoretical Proposal for an Annotation-Centered Design Intent and Design Rationale Communication V012T13A010. doi:10.1115/IMECE2013-64595
- Duch, B.J., Groh, S.E., Allen, D.E., 2001. *The power of problem-based learning: a practical “how to” for teaching undergraduate courses in any discipline*. Stylus Publishing, LLC.
- Duderstadt, J.J., 2007. *Engineering for a Changing Road, A Roadmap to the Future of Engineering Practice, Research, and Education*.
- Dutch, B., 2001. *PBL Clearing House: Problem Writing Guide*. Univ. Del. Probl.-Based Learn. Clgh.
- Dutson, A.J., Todd, R.H., Magleby, S.P., Sorensen, C.D., 1997. A Review of Literature on Teaching Engineering Design Through Project-Oriented Capstone Courses. *J. Eng. Educ.* 86, 17–28. doi:10.1002/j.2168-9830.1997.tb00260.x
- Du, X., 2006. Bringing new values into engineering education: gender and learning in a PBL environment. *Videnbasen for Aalborg UniversitetVBN, Aalborg UniversitetAalborg University, Det Teknisk-Naturvidenskabelige FakultetThe Faculty of Engineering and Science, Sektionen for Teknologi, Miljø og SamfundThe division of Technology, Environment and Society*.
- Du, X., Graaff, E.D., Kolmos, A. (Eds.), 2009. *Research on Pbl Practice in Engineering Education*. Sense Publishers, Rotterdam.
- Dym, C.L., Agogino, A.M., Eris, O., Frey, D.D., Leifer, L.J., 2005. Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning. *J. Eng. Educ.* 94, 103–120.
- Dym, C.L., Little, P., Orwin, E.J., 2014. *Engineering design: a project-based introduction*.
- Ellis, J., 1991. Practical experiment in mechanical CAD/CAM. *Innov. Teach. Eng.* 385–390.
- ENAE, 2008. *EUR-ACE Framework Standards for the Accreditation of Engineering Programmes*.
- EPD, 2014. *Donostiako Eskola Politeknikoa. Memoria 2013-2014*.

- Felder, R.M., Brent, R., 2004. The ABC's of engineering education: ABET, Bloom's taxonomy, cooperative learning, and so on, in: Proceedings of the 2004 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition. p. 1.
- Felder, R.M., Brent, R., 2003. Designing and teaching courses to satisfy the ABET engineering criteria. *J. Eng. Educ.-Wash.* 92, 7–26.
- Ferguson, E.S., 1994. *Engineering and the Mind's Eye*. The MIT Press, Cambridge, Mass.
- Field, D.A., 2004. Education and training for CAD in the auto industry. *Comput.-Aided Des., CAD Education* 36, 1431–1437. doi:10.1016/j.cad.2003.10.007
- Fink, F.K., 1999. Integration of engineering practice into curriculum-25 years of experience with problem based learning, in: *Frontiers in Education Conference, 1999. FIE'99. 29th Annual. IEEE*, pp. 11A2/7–11A212 vol. 1.
- French, M.J., 1998. *Conceptual Design for Engineers*, 3rd edition. ed. Springer, London; New York.
- Gabb, R., Keating, S., 2006. Evaluation of PBL in engineering: Progress report. Vic. Univ. Melb. Aust. 4th Sept. 2006.
- Gabriele, G.A., McCloskey, L.T., Watson, J.A., 1994. Guidelines for forming and building student design teams, in: *Proceedings, Advances in Capstone Education Conference, Brigham Young University*. pp. 121–125.
- García, J., Perez, J.E., 2009. A PBL application experience supported by different education methodologies, in: *Research on PBL Practice in Engineering Education*. Sense Publishers, Rotterdam, pp. 139–153.
- García, R.R., Quirós, J.S., Santos, R.G., Peñín, P.I.Á., 2007. Teaching CAD at the university: Specifically written or commercial software? *Comput. Educ.* 49, 763–780. doi:10.1016/j.compedu.2005.11.013
- Garmendia, M., Sierra, E., Guisasola, G., 2009. Introduciendo el Trabajo en Equipo y el Aprendizaje Basado en Proyectos en una asignatura de diseño. Presented at the XVII Congreso Universitario de Innovación Educativa en la Enseñanzas Técnicas, Valencia.
- Gebhard, R., 2013. Resilient Modelling. Solid Edge [WWW Document]. URL http://resilientmodeling.com/01_SolidEdge_Home.html (accessed 4.15.15).
- Gibbins, P., Brodie, L., 2008. Assessment strategy for an engineering problem-solving course. *Int. J. Eng. Educ.* 24, 153.
- Gielingh, W., 2008. An assessment of the current state of product data technologies. *Comput.-Aided Des., Current State and Future of Product Data Technologies (PDT)* 40, 750–759. doi:10.1016/j.cad.2008.06.003
- Gillies, R., Ashman, A.F., 2003. *Co-operative learning: the social and intellectual outcomes of learning in groups*. RoutledgeFalmer, London; New York.
- Glatthorn, A.A., Joyner, R.L. (Eds.), 2005. *Writing the Winning Thesis or Dissertation: A Step-by-Step Guide*, 2nd edition. ed. Corwin, Thousand Oaks, Calif.
- González, F. [et al] A., Tome, A., 2002. *Metodología del Diseño Industrial: Un enfoque desde la Ingeniería Concurrente*. RA-MA S.A. Editorial y Publicaciones, Madrid.
- Graaf, E., Kolmos, A., 2003. Characteristics of problem-based learning. *Int. J. Eng. Educ.* 19, 657–662.
- Graaff, E. de, Cowdroy, R., 1997. Theory and Practice of educational innovation - introducing of problem-based learning in architecture: Two case studies. *IJEE* 13.
- Graaff, E., Kolmos, A., 2007. *Management of change: implementation of problem-based and project-based learning in engineering*. Sense Publishers, Rotterdam.

- Gui, J.-K., Mäntylä, M., 1994. Functional understanding of assembly modelling. *Comput.-Aided Des.* 26, 435–451. doi:10.1016/0010-4485(94)90066-3
- Hamade, R.F., Artail, H.A., 2010. A study of the influence of learning style of beginner computer-aided design users on their performance. *J. Eng. Des.* 21, 561–577. doi:10.1080/09544820802409289
- Hamade, R.F., Artail, H.A., Jaber, M.Y., 2007. Evaluating the learning process of mechanical CAD students. *Comput. Educ.* 49, 640–661. doi:10.1016/j.compedu.2005.11.009
- Hansen, R.S., 2006. Benefits and problems with student teams: Suggestions for improving team projects. *J. Educ. Bus.* 82, 11–19.
- Hartman, N.W., 2005. Defining Expertise in the Use of Constraint-based CAD Tools by Examining Practicing Professionals. *Eng. Des. Graph. J.* 69.
- Hartman, N.W., 2004. The development of expertise in the use of constraint-based CAD tools: Examining practicing professionals. *Eng. Des. Graph. J.* 68.
- Hartman, N.W., 2003. Towards the Definition and Development of Expertise in the Use of Constraint-based CAD Tools: Examining Practicing Professionals - NCSU Digital Repository.
- Hattie, J.A.C., 2009. *Visible learning: A synthesis of 800+ meta-analyses on achievement.* Abingdon Routledge.
- Heitmann, G., Vinther, O., 2009. Paradigm change in engineering education through the last half century, in: *Proceedings of the 37th Annual Conference of SEFI.* pp. 1–4.
- Helle, L., Tynjälä, P., Olkinuora, E., 2006. Project-Based Learning in Post-Secondary Education – Theory, Practice and Rubber Sling Shots. *High. Educ.* 51, 287–314. doi:10.1007/s10734-004-6386-5
- Heylen, C., Buelens, H., Vander Sloten, J., 2008. The role of socio-emotive quality of small groups during project-organized collaborative learning in engineering education, in: *Proceedings CD-Rom of Research Symposium on PBL, Pre-Conference to the Annual SEFI Conference.*
- Heywood, J., 2005. *Engineering Education: Research and Development in Curriculum and Instruction.* John Wiley and Sons.
- Hirsch, P.L., McKenna, A.F., 2008. Using reflection to promote teamwork understanding in engineering design education. *Int. J. Eng. Educ.* 24, 377–385.
- Hirz, M., Dietrich, W., Gfrerrer, A., Lang, J., 2013. Modeling Techniques in CAD, in: *Integrated Computer-Aided Design in Automotive Development.* Springer Berlin Heidelberg, pp. 241–308.
- Hmelo, C.E., Evensen, D.H., 2000. Problem-based learning: Gaining insights on learning interactions through multiple methods of inquiry. *Probl.-Based Learn. Res. Perspect. Learn. Interact.* 1–16.
- Hmelo-Silver, C.E., 2004. Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educ. Psychol. Rev.* 16, 235–266. doi:10.1023/B:EDPR.0000034022.16470.f3
- Hmelo-Silver, C.E., 2002. Collaborative ways of knowing: Issues in facilitation, in: *Proceedings of the Conference on Computer Support for Collaborative Learning: Foundations for a CSCL Community.* International Society of the Learning Sciences, pp. 199–208.
- Hmelo-Silver, C.E., Barrows, H.S., 2006. Goals and strategies of a problem-based learning facilitator. *Interdiscip. J. Probl.-Based Learn.* 1, 4.
- Hodge, K.A., Lear, J.L., 2011. Employment Skills for 21st Century Workplace: The Gap Between Faculty and Student Perceptions. *J. Career Tech. Educ.* 26.

- Hoffmann, C.M., 2005. Constraint-based computer-aided design. *J. Comput. Inf. Sci. Eng.* 5, 182–187.
- Holgaard, J., Kolmos, A., 2009. Group or individual assessment in Engineering, Science and Health Education, in: *Research on PBL Practice in Engineering Education*. Sense Publishers, Rotterdam.
- Holland, W. van, Bronsvort, W.F., 2000. Assembly features in modeling and planning. *Robot. Comput.-Integr. Manuf.* 16, 277–294. doi:10.1016/S0736-5845(00)00014-4
- ico-D, 2015. International Council of Design [WWW Document]. URL <http://www.ico-d.org/about/index#vision-and-values> (accessed 4.8.15).
- ICSID, 2015. International Council of Societies of Industrial Design [WWW Document]. URL <http://www.icsid.org/about/about/articles33> (accessed 4.8.15).
- ITESM, 1999. El Aprendizaje Basado en Problemas como técnica didáctica.
- Iyer, G.R., Mills, J.J., 2006. Design intent in 2D CAD: definition and survey. *Comput.-Aided Des. Appl.* 3, 259–267.
- Izurieta, C., 1998. When bad things happen to good CAD users. *Comput.-Aided Des. Rep.* 18, 1–5.
- Jackson, C., Prawel, D., 2013. The 2013 State of 3D Collaboration and Interoperability Report.
- Jankowsky, G., 2002. Creating Robust Parametric Sketches | Cadalyst [WWW Document]. URL <http://www.cadalyst.com/manufacturing/creating-robust-parametric-sketches-9783> (accessed 5.5.15).
- Jippes, M., Majoor, G.D., 2008. Influence of national culture on the adoption of integrated and problem-based curricula in Europe. *Med. Educ.* 42, 279–285. doi:10.1111/j.1365-2923.2007.02993.x
- Johnson, B., Ulseth, R., 2014. Professional competency attainment in a project based learning curriculum: A comparison of project based learning to traditional engineering education. *IEEE*, pp. 1–4. doi:10.1109/FIE.2014.7044124
- Johnson, D.W., 2003. Social interdependence: interrelationships among theory, research, and practice. *Am. Psychol.* 58, 934.
- Johnson, D.W., Johnson, R.T., Smith, K., 2007. The state of cooperative learning in postsecondary and professional settings. *Educ. Psychol. Rev.* 19, 15–29.
- Johnson, D.W., Johnson, R.T., Smith, K.A., 1998. Cooperative learning returns to college what evidence is there that it works? *Change Mag. High. Learn.* 30, 26–35.
- Johnson, D.W., Johnson, R.T., Stanne, M.B., 2000. Cooperative learning methods: A meta-analysis.
- Johnson, M.D., Diwakaran, R.P., 2011a. An educational exercise examining the role of model attributes on the creation and alteration of CAD models. *Comput. Educ.* 57, 1749–1761. doi:10.1016/j.compedu.2011.03.018
- Johnson, M.D., Diwakaran, R.P., 2011b. Cad Model Creation and Alteration: A Comparison between Students and Practicing Engineers, in: *American Society for Engineering Education*. American Society for Engineering Education.
- Johnson, M.D., Diwakaran, R.P., 2010. Examining the effects of CAD model attributes on alteration time and procedure, in: *ASME 2010 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*. American Society of Mechanical Engineers, pp. 297–310.
- Jones, R.W., 2006. Problem-based Learning: Description, Advantages, Disadvantages, Scenarios and Facilitation. *AnaesthIntensive Care* 458–488.

- Kagan, S., 1994. Cooperative learning. Kagan Cooperative Learning, San Juan Capistrano CA.
- Katzenbach, J.R., Smith, D.K., 2005. The discipline of teams. *Harv. Bus. Rev.* 83, 162.
- Kaufman, D.B., Felder, R.M., Fuller, H., 2000. Accounting for individual effort in cooperative learning teams. *J. Eng. Educ.* 89, 133–140.
- Knoll, M., 1997. The project method: Its vocational education origin and international development.
- Kolmos, A., 1996. Reflections on project work and problem-based learning. *Eur. J. Eng. Educ.* 21, 141–148.
- Kolmos, A., Graaff, E. de, Du, X., 2009. Diversity of PBL - PBL learning Principles and Models, in: *Research on PBL Practice in Engineering Education*. Sense Publishers, Rotterdam.
- Kolmos, A., Krogh, L., Fink, F.K., 2004. The Aalborg PBL model: progress, diversity and challenges. Aalborg University Press Aalborg.
- Kyndt, E., Raes, E., Lismont, B., Timmers, F., Cascallar, E., Dochy, F., 2013. A meta-analysis of the effects of face-to-face cooperative learning. Do recent studies falsify or verify earlier findings? *Educ. Res. Rev.* 10, 133–149. doi:10.1016/j.edurev.2013.02.002
- Landa, L.N., 2013. The algo-heuristic theory of instruction. *Instr. Des. Theor. Models Overv. Their Curr. Status* 163.
- Lang, G.T., Eberts, R.E., Gabel, M.G., Barash, M.M., 1991. Extracting and using procedural knowledge in a CAD task. *IEEE Trans. Eng. Manag.* 38, 257–268. doi:10.1109/17.83758
- Lang, S.Y., Dickinson, J., Buchal, R.O., 2002. Cognitive factors in distributed design. *Comput. Ind.* 48, 89–98.
- Lee, N., 2009. Project methods as the vehicle for learning in undergraduate design education: a typology. *Des. Stud.* 30, 541–560.
- Lehmann, M., Christensen, P., Du, X., Thrane, M., 2008. Problem-oriented and project-based learning (POPBL) as an innovative learning strategy for sustainable development in engineering education. *Eur. J. Eng. Educ.* 33, 283–295. doi:10.1080/03043790802088566
- Leifer, L., Sheppard, S., 1998. Reality brings excitement to engineering education. *AI EDAM* 12, 83–86.
- Levi, D., Slem, C., 1995. Team work in research and development organizations: The characteristics of successful teams. *Int. J. Ind. Ergon.* 16, 29–42. doi:10.1016/0169-8141(94)00076-F
- Li, M., Zhang, Y.F., Fuh, J.Y.H., Qiu, Z.M., 2009. Toward effective mechanical design reuse: CAD model retrieval based on general and partial shapes. *J. Mech. Des.* 131, 124501.
- Lorenzo-Yustos, H., Lafont, P., Diaz Lantada, A., Navidad, A.F.-F., Muñoz Sanz, J.L., Muñoz-Guijosa, J.M., Muñoz-García, J., Echavarrí Otero, J., 2010. Towards complete product development teaching employing combined CAD–CAM–CAE technologies. *Comput. Appl. Eng. Educ.* 18, 661–668. doi:10.1002/cae.20270
- Mandorli, F., Otto, H.E., 2013. Negative Knowledge and a Novel Approach to Support MCAD Education. *Comput.-Aided Des. Appl.* 10, 1007–1020. doi:10.3722/cadaps.2013.1007-1020
- Markes, I., 2006. A review of literature on employability skill needs in engineering. *Eur. J. Eng. Educ.* 31, 637–650. doi:10.1080/03043790600911704

- Martinez Cano, A., 2008. Evaluación. Modalidades y procesos, in: *El Aprendizaje Basado En Problemas*: Una Propuesta Metodológica En Educación Superior. Narcea, Madrid, pp. 115–132.
- Mathieu, J., Maynard, M.T., Rapp, T., Gilson, L., 2008. Team effectiveness 1997-2007: A review of recent advancements and a glimpse into the future. *J. Manag.* 34, 410–476.
- Mayer, M.E., 1998. Behaviors leading to more effective decisions in small groups embedded in organizations. *Commun. Rep.* 11, 123–132. doi:10.1080/08934219809367694
- McMasters, J.H., 2004. Influencing Engineering Education: One (Acrospace) Industry Perspective. *Int. J. Eng. Educ.* 20, 353–371.
- McNair, L.D., Newswander, C., Boden, D., Borrego, M., 2011. Student and faculty interdisciplinary identities in self-managed teams. *J. Eng. Educ.* 100, 374–396.
- McQueen, R.A., Knussen, C., 2002. *Research Methods for Social Science: A Practical Introduction*. Pearson Education.
- Melles, G., Howard, Z., Thompson-Whiteside, S., 2012. Teaching Design Thinking: Expanding Horizons in Design Education. *Procedia - Soc. Behav. Sci., World Conference on Learning, Teaching & Administration - 2011* 31, 162–166. doi:10.1016/j.sbspro.2011.12.035
- Menary, G., Robinson, T., Menary, G., Robinson, T., 2011. Novel approaches for teaching and assessing CAD. pp. 0–1.
- Millis, B., Cottell, P., 1998. *Cooperative learning for higher education faculty*. Oryx Press, Phoenix Ariz.
- Mills, A., 1998. Collaborative engineering and the Internet: linking product development partners via the web. *Society of Manufacturing Engineers*.
- Mills, D., 2008. *Problem-Based Learning*.
- Ministerio, de E. y C., 2006. *Propuestas para la Renovación de las Metodologías Educativas en la Universidad*. Ed. Secretaría General Técnica.
- Montgomery, K., 2010. Authentic Tasks and Rubrics: Going Beyond Traditional Assessments in. *Coll. Teach.* doi:10.1080/87567550209595870
- Moore, D.S., 2005. *Estadística aplicada básica*. Antoni Bosch editor.
- Morales, P., Landa, V., 2004. Aprendizaje Basado en Problemas. *Theoria* 13, 145–157.
- Motte, D., 2008. A review of the fundamentals of systematic engineering design process models, in: *DS 48: Proceedings DESIGN 2008, the 10th International Design Conference, Dubrovnik, Croatia*.
- Mullins, S.H., Anderson, D.C., 1998. Automatic identification of geometric constraints in mechanical assemblies. *Comput.-Aided Des.* 30, 715–726. doi:10.1016/S0010-4485(98)00026-8
- Mun, D., Hwang, J., Han, S., 2009. Protection of intellectual property based on a skeleton model in product design collaboration. *Comput.-Aided Des.* 41, 641–648.
- Natishan, M.E., Schmidt, L.C., Mead, P., 2000. Student Focus Group Results on Student Team Performance Issues. *J. Eng. Educ.* 89, 269–272. doi:10.1002/j.2168-9830.2000.tb00524.x
- Newell, S., 1990. Collaborative Learning in Engineering Design. *J. Coll. Sci. Teach.* 19, 359–62.
- N, M., Chakrabarti, 2014. A questioning based method to automatically acquire expert assembly diagnostic knowledge. *Comput.-Aided Des.* 57, 1–14. doi:10.1016/j.cad.2014.06.002

- Noort, A., Hoek, G.F.M., Bronsvort, W.F., 2002. Integrating part and assembly modelling. *Comput.-Aided Des., Computer-based tools and methods of competitive engineering* 34, 899–912. doi:10.1016/S0010-4485(01)00145-2
- Norman, G., 2010. Likert scales, levels of measurement and the “laws” of statistics. *Adv. Health Sci. Educ.* 15, 625–632.
- Nunnally, J.C., 1978. *Psychometric theory*. McGraw-Hill, New York, N.Y. [etc.].
- Ong, S.K., 2008. *Design Reuse in Product Development Modeling, Analysis and Optimization*. World Scientific.
- Ortiz Perez, S.C., 2004. *Aprendizaje Basado en Problemas*. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, México.
- Ortuño, B.H., Westermeyer, J.C.B., 2009. An educational application for a product design and engineering system using integrated conceptual models. *Ingeniare Rev. Chil. Ing.* 17, 432–442.
- Otey, J.M., Contero, M., Camba, J.D., 2014. A Review of the Design Intent Concept in the Context of CAD Model Quality Metrics.
- Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, J., Grote, K.-H., 2007. *Engineering design: a systematic approach*. Springer Science & Business Media.
- Patel, V.L., Ramoni, M.F., Feltovich, P.J., Ford, K.M., Hoffman, R.R., 1997. *Expertise in context: human and machine*.
- Pena-Mora, F., Sriram, D., Logcher, R., 1993. SHARED-DRIMS: SHARED design recommendation-intent management system, in: , *Second Workshop on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises*, 1993. Proceedings. Presented at the , *Second Workshop on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises*, 1993. Proceedings, pp. 213–221. doi:10.1109/ENABL.1993.263047
- Peng, T.-K., Trappey, A.J., 1996. CAD-integrated engineering-data-management system for spring design. *Robot. Comput.-Integr. Manuf.* 12, 271–281.
- Peng, X., McGary, P., Johnson, M., Yalvac, B., Ozturk, E., 2012. Assessing novice CAD model creation and alteration. *Comput.-Aided Des. Appl.* PACE 2 9–19.
- Peng, X., McGary, P., Ozturk, E., Yalvac, B., Johnson, M., Valverde, L.M., 2014. Analyzing Adaptive Expertise and Contextual Exercise in Computer-Aided Design. *Comput.-Aided Des. Appl.* 11, 597–607.
- Pfaff, E., Huddleston, P., 2003. Does it matter if I hate teamwork? What impacts student attitudes toward teamwork. *J. Mark. Educ.* 25, 37–45.
- Pham, D.T., Dimov, S.S., 1998. An approach to concurrent engineering. *Proc. Inst. Mech. Eng. Part B J. Eng. Manuf.* 212, 13–27.
- Piegl, L.A., 2005. Ten challenges in computer-aided design. *Comput.-Aided Des.* 37, 461–470. doi:10.1016/j.cad.2004.08.012
- Poikela, E., Poikela, S., 2005. *PBL in context*. Tamp. Univ. Press.
- Prince, M., 2004. Does active learning work? A review of the research. *J. Eng. Educ.* 93, 223–231.
- Prince, M.J., Felder, R.M., 2006. Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases. *J. Eng. Educ.* 95, 123–138. doi:10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x
- PTC Study, 2001. *2D and 3D CAD Trends in Product Design*. [WWW Document]. URL <http://www.plastics.com/CAD-translation/CAD-to-CAD-translation.html> (accessed 8.21.15).

- Requicha, A.A.G., 1980. Representations for Rigid Solids: Theory, Methods, and Systems, in: Encarnacao, J. (Ed.), *Computer Aided Design Modelling, Systems Engineering, CAD-Systems, Lecture Notes in Computer Science*. Springer Berlin Heidelberg, pp. 1–78.
- Rittel, H.J.W., Webber, M.M., 1984. Planning problems are wicked problems" in N Cross (ed) *Developments in Design Methodology* New York, John Wiley.
- Rodriguez, J., Ridge, J., Dickinson, A., Whitwam, R., 1998. CAD training using interactive computer sessions, in: *American Society for Engineering Education Annual Conference and Exposition Conference Proceedings*. Retrieved August. p. 2003.
- Rossignac, J., 2004. Education-driven research in CAD. *Comput.-Aided Des., CAD Education* 36, 1461–1469. doi:10.1016/j.cad.2003.10.008
- Rynne, A., Gaughran, W., 2007. Cognitive modeling strategies for optimum design intent in parametric modeling. *Comput. Educ. J.* 18, 55–68.
- Rynne, A., Gaughran, W.F., McNamara, B., 2003. Parametric modelling training strategies to capture design intent, in: *17th International Conference on Production Research*.
- Rynne, A., Gaughran, W.F., Seery, N., 2010. Defining the variables that contribute to developing 3D CAD modelling expertise, in: *IDATER Online Conference*. p. 161.
- Salas, E., Cooke, N.J., Rosen, M.A., 2008. On teams, teamwork, and team performance: discoveries and developments. *Hum. Factors* 50, 540–547.
- Salehi, V., McMahan, C., others, 2009. Action research into the use of parametric associative CAD systems in an industrial context, in: *DS 58-5: Proceedings of ICED 09, the 17th International Conference on Engineering Design, Vol. 5, Design Methods and Tools (pt. 1)*, Palo Alto, CA, USA, 24.-27.08. 2009.
- Sandberg, S., Näsström, M., 2007. A Proposed Method to Preserve Knowledge and Information by Use of Knowledge Enabled Engineering 207–212. doi:10.1115/DETC2007-35188
- Sapidis, N.S., Kim, M.-S., 2004. Editorial to special issue: CAD education. *Comput.-Aided Des., CAD Education* 36, 1429–1430. doi:10.1016/j.cad.2004.03.004
- Savery, J.R., Duffy, T.M., 1995. Problem Based Learning: An Instructional Model and its Constructivist Framework. *Educ. Technol.* 35.
- Savin-Baden, M., 2007. *Challenging Models an Perspective of Problem-Based Learning*, in: *Management of Change: Implementation of Problem-Based and Project-Based Learning in Engineering*. Sense Publishers, Rotterdam.
- Savin-Baden, M., 2004. Understanding the impact of assessment on students in problem-based learning. *Innov. Educ. Teach. Int.* 41, 221–233.
- Savin-Baden, M., 2003. *Facilitating problem-based learning: illuminating perspectives*. Society for Research into Higher Education & Open University Press.
- Savin-Baden, M., 2000. *Problem-based Learning in Higher Education: Untold Stories*. McGraw-Hill International.
- Savin-Baden, M., Major, C.H., 2004. *Foundations of problem-based learning*. McGraw-Hill Education (UK).
- Schmidt, H.G., Loyens, S.M., Van Gog, T., Paas, F., 2007. Problem-based learning is compatible with human cognitive architecture: Commentary on Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educ. Psychol.* 42, 91–97.
- Schmidt, H.G., Rotgans, J.I., Yew, E.H., 2011. The process of problem-based learning: what works and why. *Med. Educ.* 45, 792–806. doi:10.1111/j.1365-2923.2011.04035.x

- Schmitz, B., 1999. Computer-based CAD training: The next step. *Comput.-Aided Eng.* 18, 32–34.
- Serpil Acar, B., Newman, I., 2003. Students as Tutors - Learning Problem-Solving Skills by Tutoring PBL. *IJEE* 712–716.
- Shah, J.J., 1995. *Parametric and Feature-Based CAD/CAM: Concepts, Techniques, and Applications*. John Wiley & Sons.
- Sharan, S., 1990. *Cooperative learning*: theory and research. Praeger, New York.
- Shuman, L.J., Besterfield-Sacre, M., McGourty, J., 2005. The ABET “professional skills”—Can they be taught? Can they be assessed? *J. Eng. Educ.* 94, 41–55.
- Simon, H.A., 1996. *The sciences of the artificial*.
- Slavin, R., 1999. *Aprendizaje cooperativo*: teoría, investigación y práctica, 1. ed. ed. Aique, [Buenos Aires].
- Slavin, R., 1987. *Cooperative learning*: student teams, 2nd ed. ed. NEA Professional Library National Education Association, Washington D.C.
- Slavin, R.E., 2007. *Educational research in an age of accountability*. Pearson College Division.
- Sloan, E.D., 1982. An Experiential Design Course in Groups. *Chem. Eng. Educ.* 16, 38–41.
- Sodhi, R., Turner, J.U., 1994. Towards modelling of assemblies for product design. *Comput.-Aided Des.* 26, 85–97. doi:10.1016/0010-4485(94)90029-9
- Soto, J.L., 2010. Metodología de optimización del modelizado digital en el diseño paramétrico industrial. UPV/EHU, E.T.S. de Ing. Industriales y de Telecomunicación.
- Spence, A.D., Doyle, T.E., 2008. Product Centric CAD Education. *Comput.-Aided Des. Appl.* 5, 381–390. doi:10.3722/cadaps.2008.381-390
- Springer, L., Stanne, M.E., Donovan, S.S., 1999. Effects of small-group learning on undergraduates in science, mathematics, engineering, and technology: A meta-analysis. *Rev. Educ. Res.* 69, 21–51.
- Stix, A., Hrbek, F., 2007. *Teachers as Classroom Coaches: How to Motivate Students Across the Content Areas*, 1st edition. ed. Association for Supervision & Curriculum Deve, Alexandria, Va.
- Strobel, J., van Barneveld, A., 2009. When is PBL more effective? A Meta-synthesis of Meta-analyses comparing PBL to conventional Classrooms. *Interdiscip. J. Probl.-Based Learn.* 3, 44–58.
- Stroud, I., 2011. *Solid modelling and CAD systems how to survive a CAD system*. Springer, London; New York.
- Tate, S.J., 2000. *Symmetry and Shape Analysis for Assembly-oriented CAD*. Citeseer.
- Thomas, J.W., 2000. *A review of research on project-based learning*. Autodesk Found.
- Tonso, K.L., 2006. Teams that work: Campus culture, engineer identity, and social interactions. *J. Eng. Educ.* 95, 25–37.
- Tornincasa, S., Di Monaco, F., 2010. The future and the evolution of CAD, in: *Proceedings of the 14th International Research/expert Conference: Trends in the Development of Machinery and Associated Technology*. pp. 11–18.
- Trimble, G., 1989. Knowledge elicitation—some practical issues, in: *Knowledge Elicitation: Principle, Techniques and Applications*. Springer-Verlag New York, Inc., pp. 221–234.
- Tseng, Y.-J., Liou, L.-C., 2000. Integrating assembly and machining planning using graph-based representation models. *Int. J. Prod. Res.* 38, 2619–2641. doi:10.1080/002075400411394

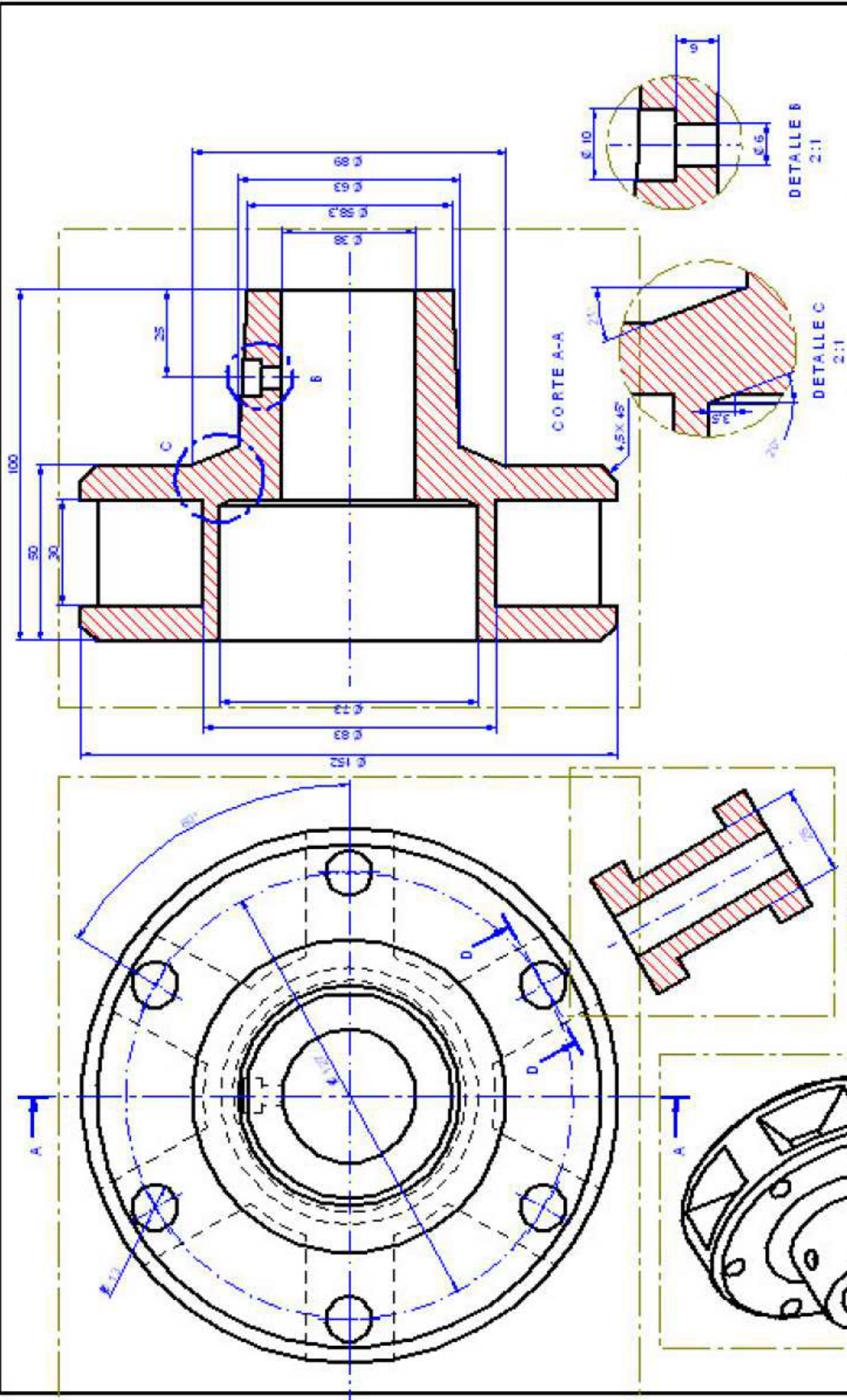
- Ullman, D., 2009. *The Mechanical Design Process*, 4 edition. ed. McGraw-Hill Science/Engineering/Math, Boston.
- Ullman, D.G., Wood, S., Craig, D., peru, 1990. The importance of drawing in the mechanical design process. *Comput. Graph.* 14, 263–274.
- Ulrich, K., Eppinger, S., 2011. *Product Design and Development*, 5th Edition, 5 edition. ed. McGraw-Hill/Irwin, New York.
- Ushakov, D., 2008. Variational Direct Modeling: How to Keep Design Intent in History-Free CAD.
- Vega Gonzalez, M.A., Fernandez Lozano, P., 2005. Formación a través de problemas auténticos, in: *La Práctica Del Asesoramiento Educativo a Examen*. Graó, Barcelona.
- Wærn, Y., 1993. Varieties of learning to use computer tools. *Comput. Hum. Behav.* 9, 323–339.
- Wiebe, E.N., 2003. Transfer of Learning Between 3D Modeling Systems. *Eng. Des. Graph. J.* 67.
- Wiebe, E.N., 1999. 3-D constraint-based modeling: Finding common themes. *Eng. Des. Graph. J.* 63.
- Wood, D.F., 2003. Problem based learning. *Bmj* 326, 328–330.
- Wu, C.S., 2002. Definition of educational terms: Problem-based learning. *Educ. Res. Mon.*
- Wu, J.-C., 2009. A Study of the learning models employed by industrial design students when learning to use 3D Computer-Aided Design (CAD) software. *Int. J. Arts Educ.* 7.
- Yares, E., 2013. Search for “The failed promise of parametric CAD part ” - 3D CAD World. *3D CAD World Des. World Resour.*
- Ye, X., Peng, W., Chen, Z., Cai, Y.-Y., 2004. Today’s students, tomorrow’s engineers: an industrial perspective on CAD education. *Comput.-Aided Des., CAD Education* 36, 1451–1460. doi:10.1016/j.cad.2003.11.006
- Zafft, C.R., Adams, S.G., Matkin, G.S., 2009. Measuring Leadership in Self-Managed Teams Using the Competing Values Framework. *J. Eng. Educ.* 98, 273–282. doi:10.1002/j.2168-9830.2009.tb01024.x
- Zhang, Y., Luo, X., 2009. Design intent information exchange of feature-based CAD models, in: *Computer Science and Information Engineering, 2009 WRI World Congress on. IEEE*, pp. 11–15.

7. Bibliografia

8. ERANSKINAK

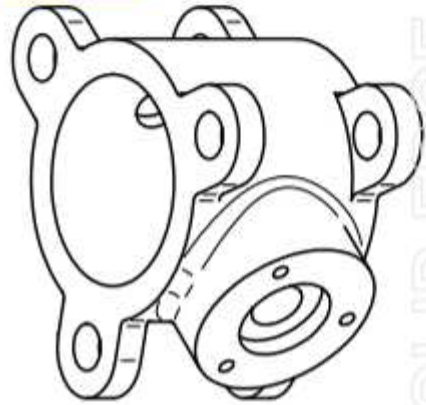
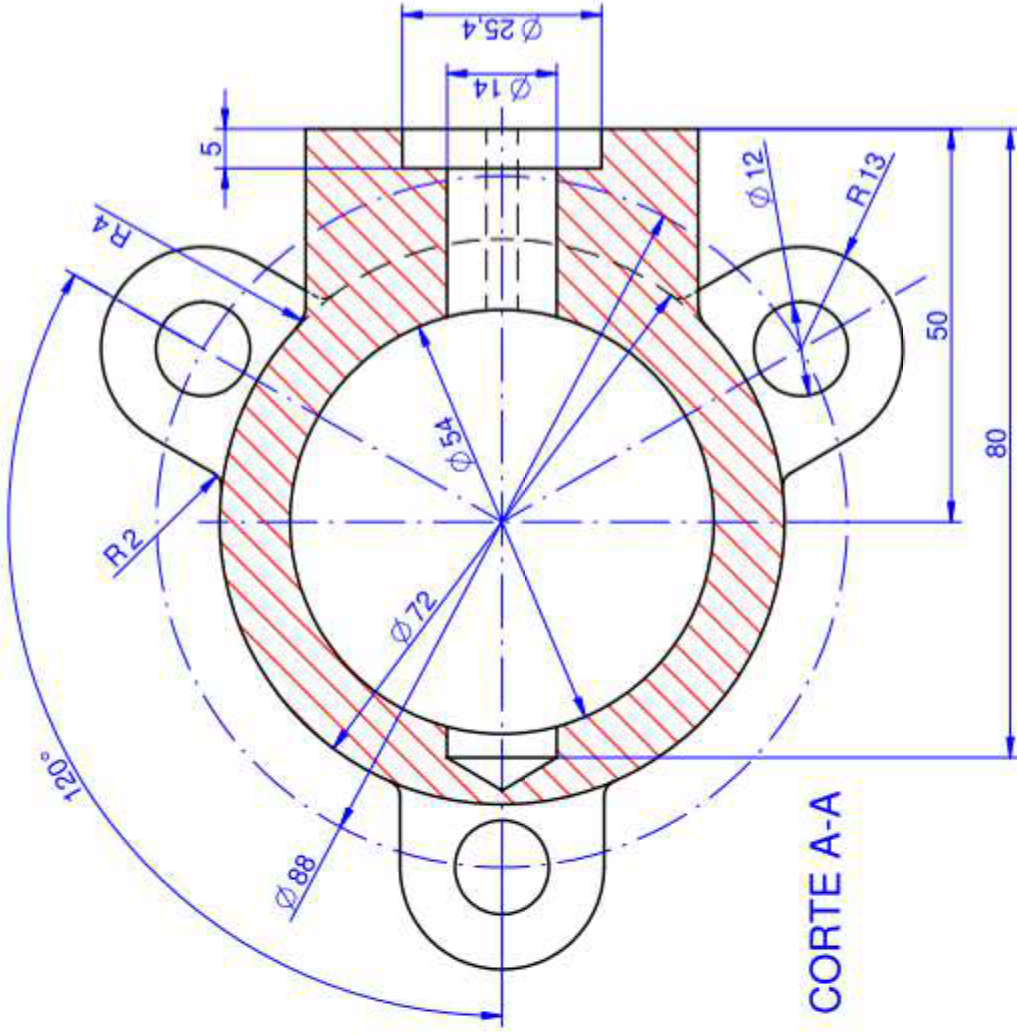
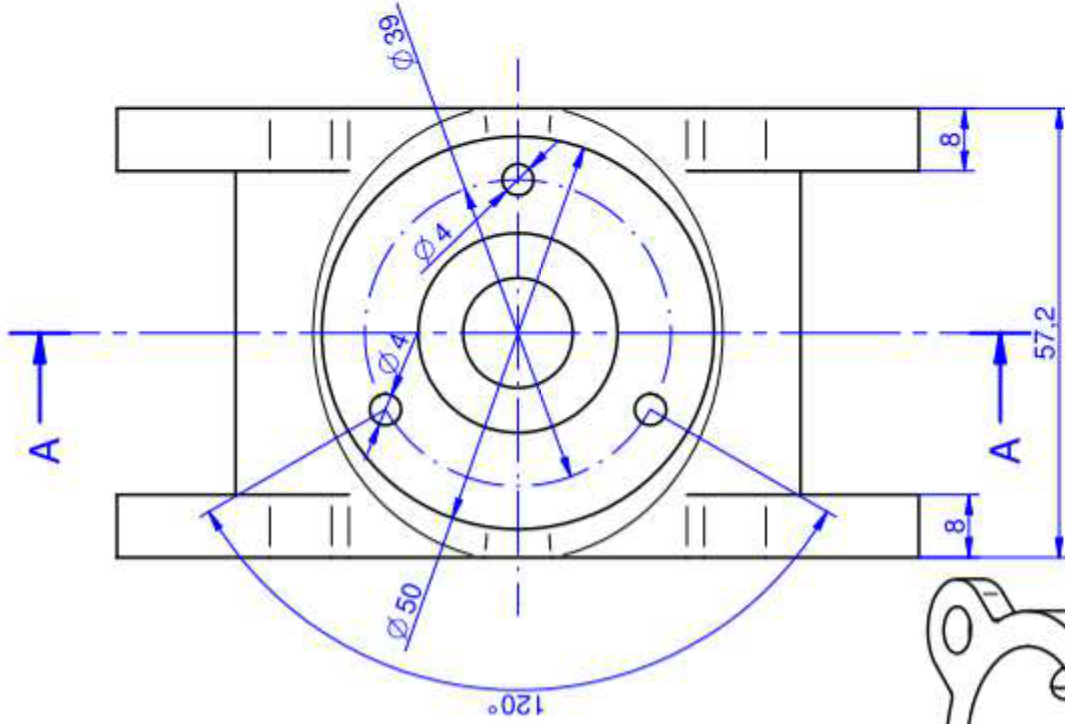
8.1. Modelo probako planoak

Aurre testeko modeloaren planoak



NOMBRAL	PROYECTADO	REVISADO	APROBADO	TRANSFERIDO	ELABORADO	REVISADO	APROBADO	TRANSFERIDO	ELABORADO	REVISADO	APROBADO
	PIREZ										
FECHA	PROYECTADO	REVISADO	APROBADO	TRANSFERIDO	ELABORADO	REVISADO	APROBADO	TRANSFERIDO	ELABORADO	REVISADO	APROBADO
20/05/2005	PIREZ										
<p>Pixel Systems ELGOIBAR (GIPUZKOA)</p> <p>Denominación: Pieza 4</p> <p>Etiqueta: 0</p> <p>versión: 0</p> <p>PLANO N°: 004</p>											

Test ondoko modeloaren planoak

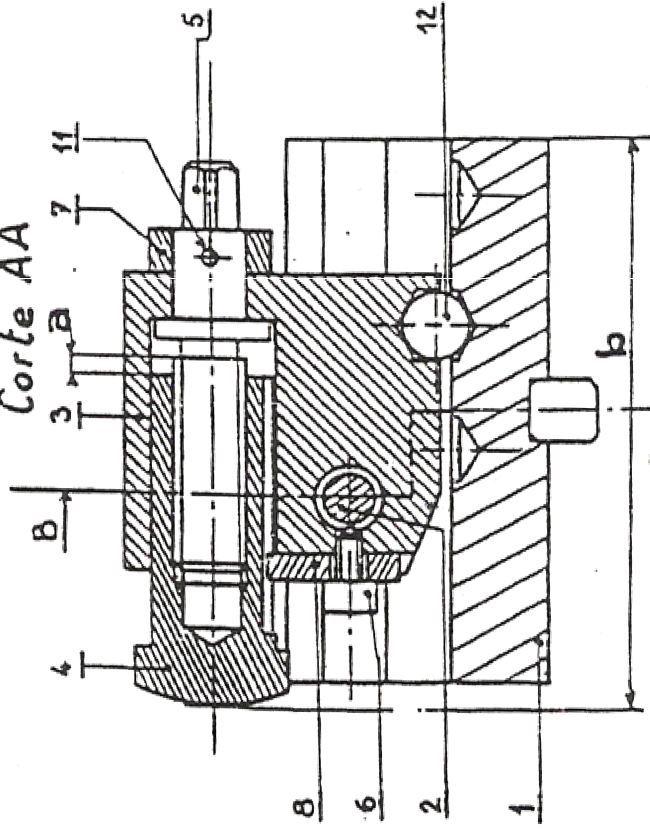


1:2

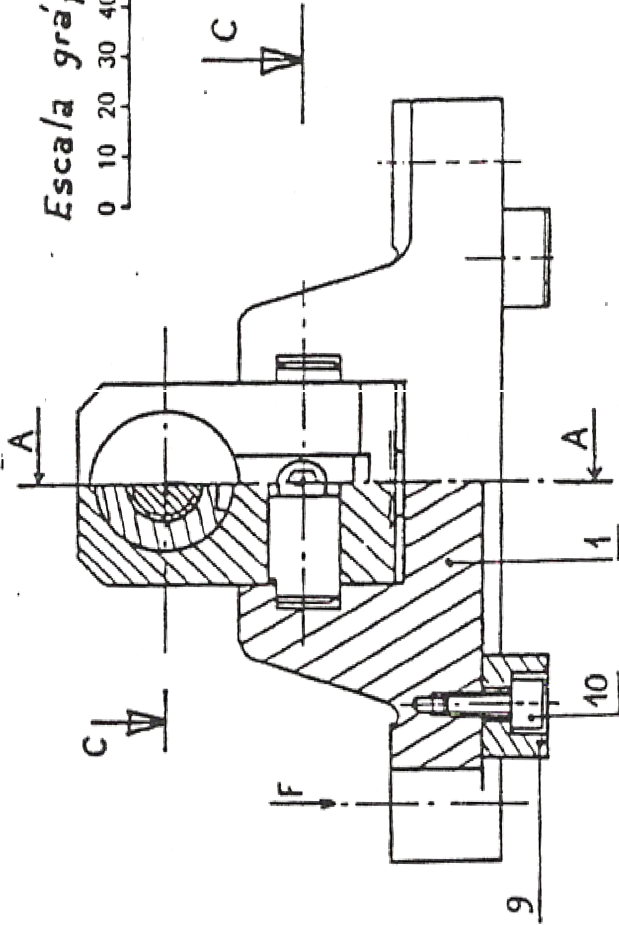
PROYECTADO:	Pixel	FECHA	27/04/2007	Material:	Fundición	Tratamiento:	Peso:	1,14 kg		
DIBUJADO:	Pixel		27/04/2007	Denominación:						
COMPROBADO:	-		-	Pieza 8						
 Pixel Sistemas ELGOIBAR (GIPUZKOA)				PLANO N°: 008					Escala	1:1
									Versión	

8.2. Multzo probako planoak

Corte AA

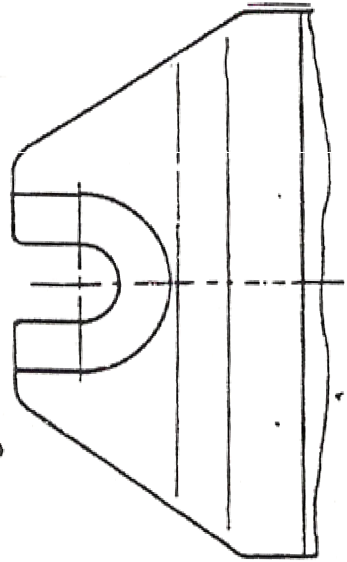


Semicorte BB

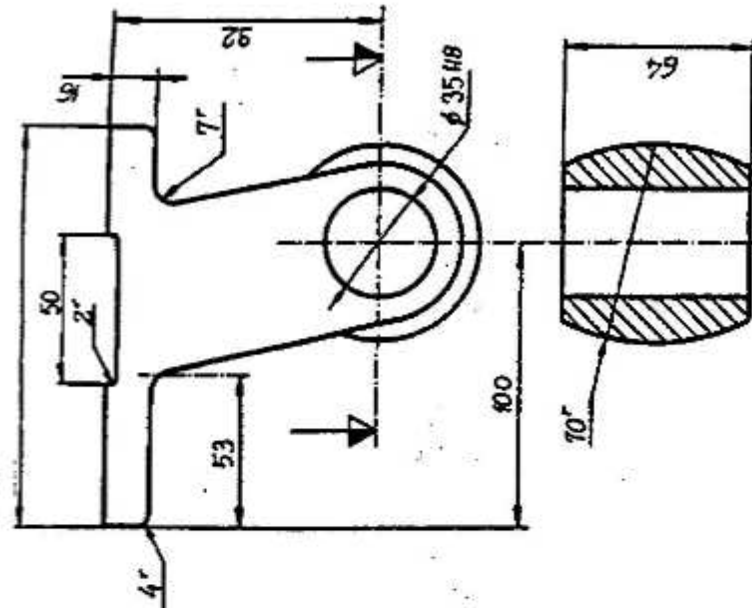
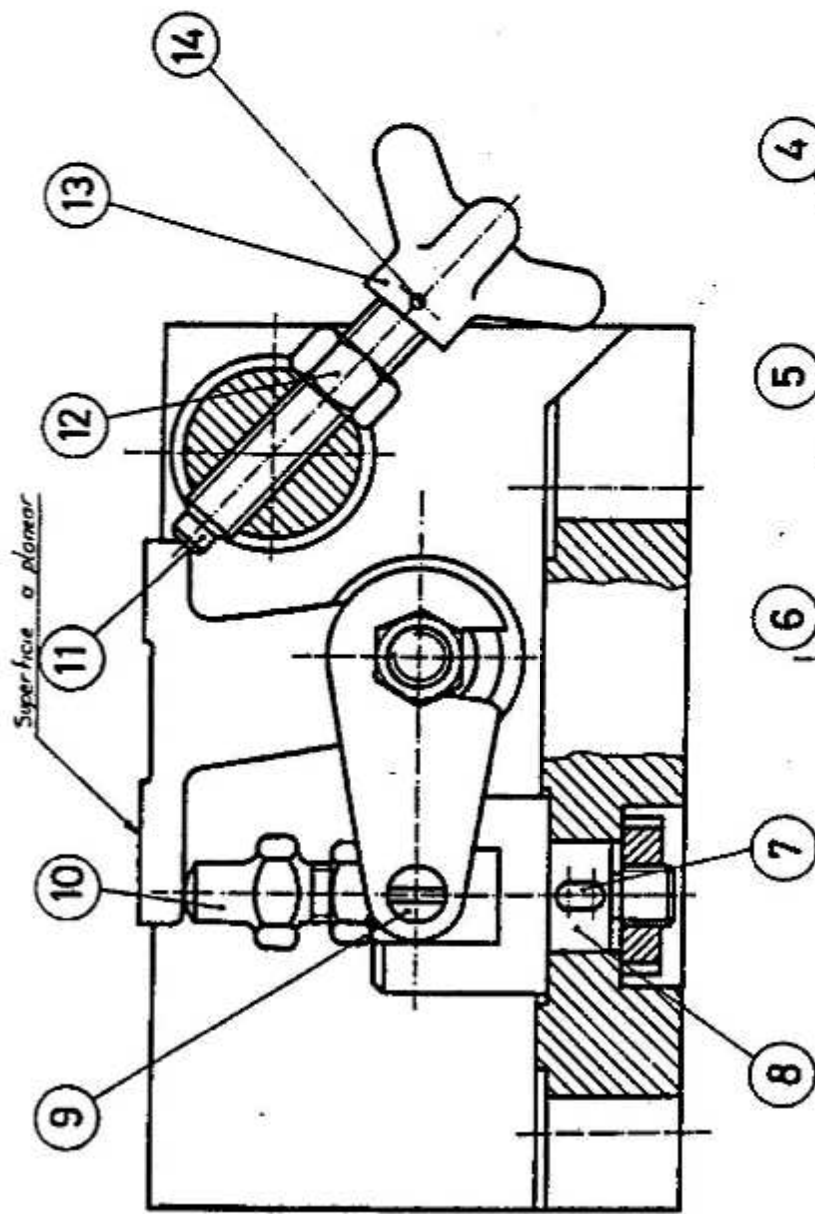


Escala gráfica
0 10 20 30 40 50

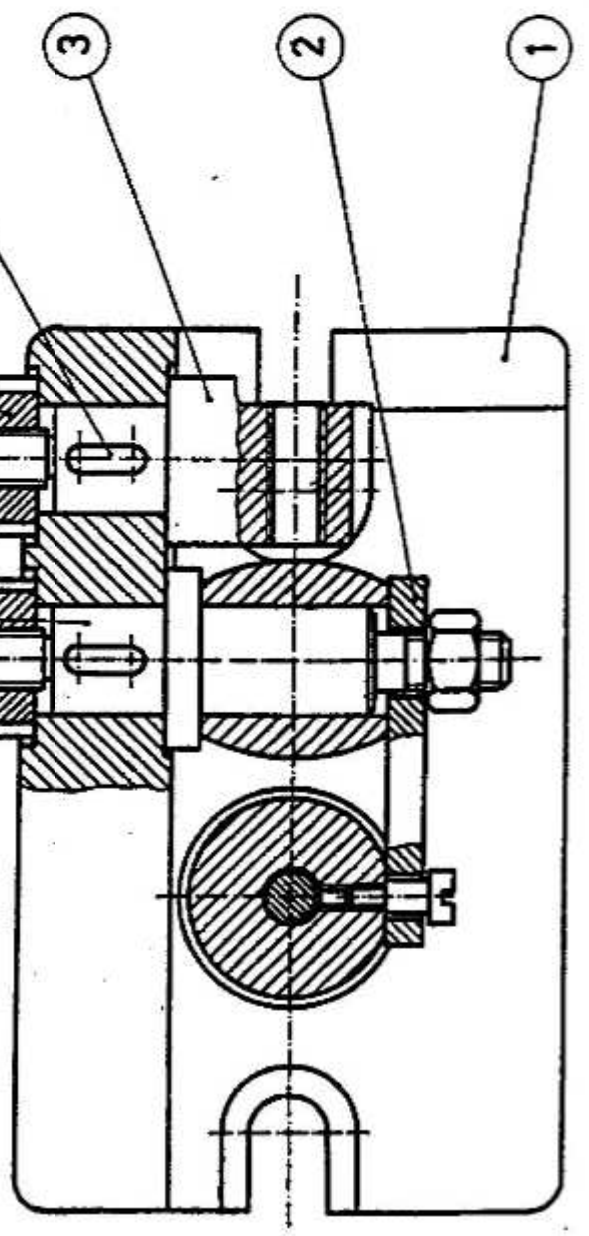
vista parcial según F



8.3. Plano probako multzo planoa



PIEZA A MECANIZAR

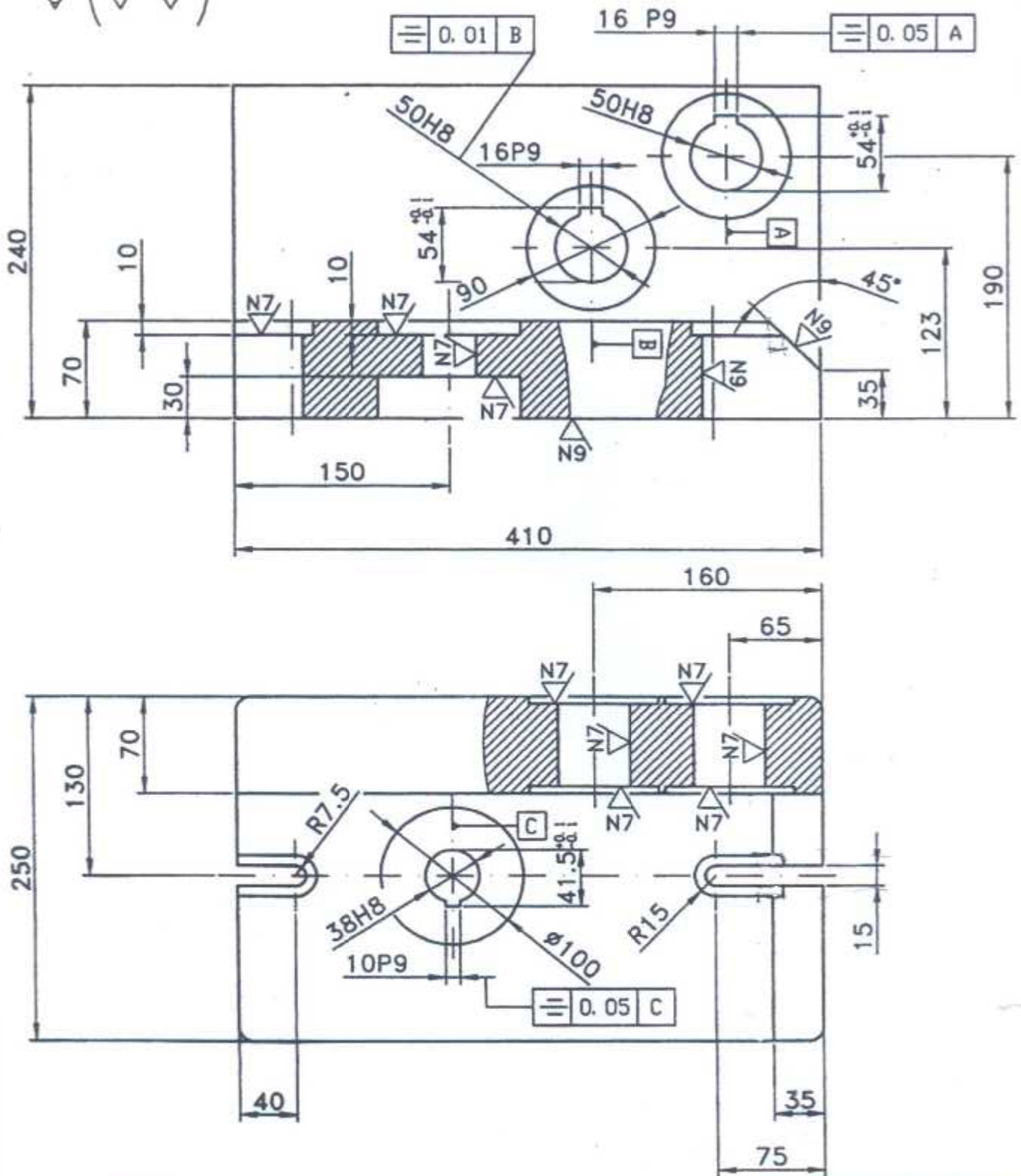


1	Pasador casaco 4 x 32	14	DIN 1
1	Volante	13	
3	Tueras hexagonales M20	12	DIN 934
1	Espanneta M20	11	
1	Tornillo M 20	10	
1	Tornillo cabeza plana M8 x 16	9	DIN 923
1	Eje	8	F-1140
1	Chaveta A 10 x 8 x 16	7	DIN 6885
1	Eje fijacion de la pieza	6	F-1140
3	Tueras rematadas M20 x 1	5	DIN 1804
2	Chaveta A10 x 8 x 25	4	DIN 6885
1	Eje	3	F-1140
1	Flujador	2	F-1140
1	Soporte	1	F-1140
	Denominacion y observaciones	Marco	Norma
	Nº pieza		Material
	ESCALA		

UTILLAJE PARA PLANEADO

Eskatutako piezaren planoa

1 N11 (N9 N7)



1	Soporte	1	F-8100
Nº DE PIEZAS	DENOMINACION	MARCA	MATERIAL
Apellidos:		U.P.V.	
Nombre:		E.U. DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL DE BILBAO	
nº:	Grupo:	Subgrupo:	
Especialidad:		Fecha: 20/4/99	
TOL.GEN. m	ESCALA: 1/4	Hoja n°: Total hojas: Calificación: 452	
UTIL DE FRESADO			

DOKUMENTAZIOA

