

Ingeniaritza Praktiak Lehen Hezkuntzan: Jarreraren Behaketa eta Arrapalak Errekurtso Gisa.

GRADU AMAIERAKO LANA

EGILEA: Paternain Garcia, Iñigo.

ZUZENDARIA: Achurra Ahumada, Ainara.

2022-2023

AURKIBIDEA

1. LABURPENA	2
2. SARRERA	3
3. JUSTIFIKAZIOA	4
4. MARKO TEORIKOA	5
a. Alfabetizazio Zientifikoa eta Ingeniaritza Gizartean	5
b. Zientzia, Ingeniaritza eta Teknologiaren arteko harremanak.	5
c. Ingeniaritza Praktikak	6
d. Ingeniaritza Praktikak eta Arrapalak	11
e. Curriculumarekin Lotura	13
5. HELBURUAK	14
6. METODOLOGIA	15
7. EMAITZAK	19
9. EZTABAIDA	24
a. Ondorioak	25
b. Mugak	27
c. Hobekuntza Proposamenak	27
10. ERREFERENTZIAK	29
11. ERANSKINAK	32



1. LABURPENA

Euskaraz: Ikasleak arlo zientifiko-teknologikoan alfabetatzeko beharretik abiatuta, ingeniari-tz-praktikak aurkezten dira Agenda 2030eko Garapen Iraunkorreko Helburuekin (GJH) lotutako arazoak konpontzeko balio dezaketen ezagutza teorikoak praktikan jartzeko, adibidez trantsizio energetikoaren kasuan. Txosten honetan, Gasteizko ikastetxe batean Lehen Hezkuntzako hirugarren mailako 21 ikaslerekin egindako ikerketa zientifiko baten emaitzak erakusten dira. Ingeniari-tz-praktikak bi saiotan burutu ziren modu esperimentalean: lehena, paperezko helikoptero bat eraikitzeko, eta bigarrena, egurrezko blokeak eraisteko arrapalez osatutako egiturak erabiliz. Kualitatiboki ikasleen portaerak behatu ziren, eta esku-hartzea energiarekin zerikusia duten ezagutzak barneratzeko egokia izan bazen, praktikarako motibazioaz eta asebetetze mailaz ere galdetu zitzairen. Emaitzek erakutsi zuten ingeniari-tz-praktikak egokiak direla energiarekin lotutako edukiak irakasteko Lehen Hezkuntzako ikasgela batean. Inkesten gogobetetze-maila oso positiboa izan zen, baina zenbait arazo metodologiko izan ziren ikaskuntza neurtzeko. Azkenik, behatutako jarrerak erakutsi zuten ingeniari-tz-praktikak metodologia egokia direla autorregulazioa, sormena eta lan kooperatiboa landu nahi duten natur zientzietako irakasleentzat.

Gaztelaniaz: Partiendo de la necesidad de alfabetizar al alumnado en el área científica tecnológica, se presentan las prácticas de ingeniería cómo una forma de poner en práctica conocimientos teóricos para resolver problemas relacionados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, cómo es el caso de la transición energética. En el presente artículo, se muestran los resultados de una investigación científica que se llevó a cabo con 21 alumnos de tercero de primaria en un colegio de Vitoria. Se introdujeron las prácticas de ingeniería de forma experimental mediante dos sesiones, la primera para construir un helicóptero de papel, y la segunda para construir una estructura de rampas con el objetivo de derribar bloques de madera. Se observaron cualitativamente las conductas de los alumnos y si la intervención fue apta para interiorizar conocimientos relacionados con la energía, también se les cuestionó sobre su motivación por la práctica y nivel de satisfacción. Los resultados mostraron que las prácticas de ingeniería son aptas para enseñar contenidos relacionados con la energía en un aula de Educación Primaria. El nivel de satisfacción de las encuestas fue muy positivo, pero hubo ciertos problemas metodológicos para medir el aprendizaje. Finalmente, las conductas observadas mostraron que las prácticas de ingeniería es una metodología muy adecuada para los docentes de ciencias naturales que quieran trabajar la autorregulación, la creatividad y el trabajo cooperativo.

Ingelesez: Based on the need to teach pupils scientific and technological literacy, engineering practices are presented as a way of putting theoretical knowledge into practice to solve problems related to the Sustainable Development Goals (SDGs) of the 2030 Agenda, such as the case of the energy transition. This article shows the results of a scientific research carried out with 21 third-year primary school students in a school in Vitoria. Engineering practices were introduced experimentally through two sessions, the first to build a paper helicopter, and the second to build a ramp structure with the aim of knocking down wooden blocks. The students' behaviours and whether the intervention was suitable for internalising energy-related knowledge were observed qualitatively, and they were also questioned about their motivation for practice and level of satisfaction. The results showed that the engineering practices are suitable for teaching energy-related content in a primary school classroom. The level of satisfaction in the surveys was very positive, but there were some methodological problems in measuring learning. Finally, the observed behaviours showed that engineering practices are a very suitable methodology for natural science teachers who want to work on self-regulation, creativity and cooperative work.

Hitz Gakoak: *Ingeniari-tz Praktikak, Ingeniari-tz Jarrerak, Arrapalak, Energia eta STEM.*



2. SARRERA

Lan hau Lehen Hezkuntzako (LH) ingeniari-tza praktikei buruzkoa da, zehazki, ikasleek edukiak barneratze-ko eta zenbait jarrera lantze-ko metodologia egokia den erakusteari buruzkoa eta, horretarako, haren baliozkotasuna probatu nahi du esku-hartze baten bidez. Ingeniaritzako praktikek ospe handia hartu dute azken urteotan, matematikako eta konputazioko adimena lantze-ko metodologia eraginkorra delako, eta eguneroko arazoei aurre egiteko pentsamendu praktiko eta erabakitzaila sustatzeko ere bai. Izan ere, indarrean jarri den Euskal Autonomia Erkidegoko Oinarrizko Hezkuntzaren curriculumean (77/2023 Dekretua, maiatzaren 30ekoa, Oinarrizko Hezkuntzaren curriculum-a zehaztu eta Euskal Autonomia Erkidegoan ezartzeko-a), funtsezko konpetentzien artean lehen aldiz *“teknologia eta ingeniari-tzarako konpetentzia”* agertzen da. Arazoa da oraindik ez dagoela gaiari buruzko argitalpen askorik, hezkuntzaren esparruan ez dela hain ezaguna, eta babes zientifiko handiagoa behar duela, horregatik, hain zuzen, curriculumak ez du ondo zehazten *“ingeniaritz-a-metodoen”* esanahia.

Hari beretik, marko teorikoan ingeniari-tzako praktikei dagokienez literatura zientifiko-a berrikusten da, metodologia honetan aurrez ezarritako urratsak definitzen dira, epistemologikoki zientzia eta teknologiaren arloekin alderatzen da, eta azkenik, egungo curriculumean justifikatzen da. Ingeniaritz-a praktikek gaur egungo gizartean duten garrantzia testuinguruan kokatu eta azpimarratu ondoren, lanaren helburuak lortze-ko, hurrengo atalean parte-hartzaileen ezaugarriak eta ikerketa baten diseinua definitzen dira. Esku-hartze hau eskola hirueledun bateko LH-ko hirugarren mailako ikasleekin egiten da, eta bi saio ditu energiarekin lotutako edukiak ikaste-ko gai diren aztertze-ko eta prozesuan zehar zer jarrera erakusten duten behatzeko. Erabiltzen diren baliabideak arrapalak eta Nasaren jardura bat dira.

Azkenik, test aurreko eta ondoko datuen datu kuantitatiboak jasotzen dira, eta datuen analisis-a egiten da helburuak lortzen diren aztertze-ko. Testak galdetegi batzuen bidez burutzen dira, beren mailara egokitutako galdera teoriko praktikoekin. Galdera horietan, energiaren ikaskuntza maila hiru aldagai desberdinen arabera neurtzen da, baita asebetetze maila ere. Jarreraren datuak kualitatiboki jasotzen dira lehen eta bigarren saioetan, errubrika baten bidez. Aurrerago, emaitzak deskribatzen dira, eta ondoren, azken ondorioak zehazten dira ingeniari-tzako praktikak STEM ereduarekin alderatuz.



3. JUSTIFIKAZIOA

a. Pertsonala

Gradu Amaierako Lan hau introspektzio pertsonal bat izan da bere osotasunean. Hasiera batean menperatzen nuen gai buruzko lan bat egin nahi nuen, alegia, kirola. Azkenean erabaki nuen ez egitea eta nire zuzendariak gai hau proposatu zidanean nire erosotasun-eremutik ateratzeko eta erronka pertsonal bat gainditzeko aukera ikusi nuen.

Betidanik zientzia-dibulgazioko liburuak maite izan ditut eta pentsatu nuen proiektu hau aukera ona izan zitekeela gustuko ditudan bi eremu bateratzeko: zientzia eta hezkuntza. Gainera, nire praktikaldia aprobeztatuz, fakultatetik eskainitako materialarekin proto-ikerketak bat egin nezake. Orain arte, berrikuspen bibliografikoak edo praktikan jarri ez diren proposamenak baino egin ez ditut, eta GRAL hau doktoretzaren mundua ezagutzeko aukera izan liteke.

b. Akademikoa

Ingeniaritzako praktikei buruz ez da asko ikertu eta natur zientzietako irakasleen interesekoa izan daitekeen gai bat da, horregatik, horri buruz gehiago ikertu beharko litzateke. STEAM bezalako markoen ondorioz, zientzietako esparru ezberdinak zaku berdinean botatzen dira eta, oro har, irakasleek ez dakite arlo bakoitzaren ezberdintasun epistemikoak bereizten. Zientzian eta ingeniartzako praktikan prototipoak sortzen dira, baina arlo bakoitzean prototipoak betetzen duen funtzioa guztiz ezberdina da, hori dela eta, irakasleak jakinaren gainean egon behar dira helburu didaktiko egokiak diseinatu ahal izateko.

Ez hori bakarrik, argi utzi behar da ingeniartzako praktiken helburua ez dela etorkizunean ingeniari prestatuagoak izatea, bazik eta ikasleei erremintak ematea etorkizunean izan ditzaketen eguneroko arazoak modu eraginkorragoan aurre egin ahal izateko. Era berean, genero ikuspegi batetik adin goiztiarretik era honetako esperientziak eskaintzea onuragarria izan daiteke nesken abandonu zientifikoa saihestu ahal izateko, hala ere, lan honen ikergaia ez da genero ikuspegia aztertzea.

Amaitzeko, hezkuntza metodologia berri bat dagoenean, hainbat hezkuntza testuingurutan probatu behar da. Eraginkorra bada, ezagutarazi egin behar da, irakasleek ikasgela dinamizatzeko beste tresna bat izan ditzaten, bereziki hezkuntza curriculumak exijitzen duelako. Energia eta trantsizio energetikoa Lehen Hezkuntzan lantzen den edukia da, eta ingeniartzako praktikek eduki horiek ikasgelan lantzeko aukera didaktikoak eskaintzen dituzte.



4. MARKO TEORIKOA

a. Alfabetizazio Zientifikoa eta Ingeniaritza Gizartean

Ingeniaritza aspalditik interesgarria izan da hezkuntza curriculumetan. CTS (zientzia, teknologia eta gizartea) bezalako alorrak, pizgarri bat izan ziren zientzien irakaskuntzarako, gizartearentzat benetan erabilgarria den horretara hurbiltzea sustatu baitzuten. Ikuspegi horretatik, guztiontzako alfabetatze zientifiko eta teknologikoaz hitz egiten hasten da, non teknologiak gizarte garaikidean duen garrantzia azpimarratzen den (García-Carmona, 2023; Simarro eta Couso, 2022).

Estatu Batuetako National Research Council (NRC, 2012) izeneko markoak, gizakiek sortutako munduaren ulermenaren garrantzia aldarrikatzen du. Ingeniaritza prozesu bat bezala aurkezten da eta teknologia prozesu horren emaitza da. Ingeniaritzan hezteko matematika eta zientzien ikaskuntza prozesuan onurak izan dezake, esate baterako, ezagutza teorikoak errealitate batean aplikatzeko. Autore batzuk gizarteak eta eskolek bat ez datozela salatzen dute, alegia, gizartean ingeniariaren eskaera handia dagoela baina gero ingeniartzaren presentzia eskoletan oso urria dela, bereziki lehen hezkuntza eta derrigorrezko bigarren hezkuntzaren hastapenean (Honey et al., 2014).

Aurretik ikusi dugun bezala, ingeniartza, teknologia ikuspegi epistemologiko eta ontologiko batetik oso hurbil dagoen diziplina da, munduko hezkuntza sistema gehienetan tradizio handia duen curriculum arloa dena. Zoriturrez, ingeniartza eta teknologia uztartzen saiatu diren hezkuntza proposamen zientifiko-teknologikoak ez dira oso arrakastatsuak izan eta ia gehienetan, ingeniartzak teknologiaren lekua gutxietsi du. Hain zuzen, kontzeptualizazio erredukzionistak erabiltzen dira, teknologiari ingeniartzarekiko nolabaiteko gutxiagotasun estatusa ematen diotenak. CTS hezkuntzaren interpretazio jakin batzuetan ere gertatu da, non teknologia «zientzia aplikatua» besterik ez baitzen (Simarro eta Couso, 2022).

Teknologiak eta ingeniartzak oinarritzko hezkuntzan betetzen duten eginkizuna oraindik txikia da, eta askotan, gaizki interpretatzen da. Alde horretatik, ingeniartzaren didaktika hazten ari den eremua da, zientziaren didaktikarekin alderatzen badugu. Beraz, ingeniartzako alfabetatze batek eskatzen du, batetik, teknologiak berak ezagutzea, teknologia horiek erabili eta horiei buruzko erabakiak modu informatuan hartu ahal izateko, eta bestetik, teknologia horiek diseinatzeko eta garatzeko prozesua eta izaera ezagutzea. Era berean, gaitasun zientifikoko hezkuntzak ezagutza kontzeptuala, prozedurazkoa eta epistemikoa eskatzen du (ITEEA eta CTETE, 2020).

b. Zientzia, Ingeniaritza eta Teknologiaren arteko harremanak.

Berrikuspen bibliografiko zabal bati esker ideia hau defendatu daiteke: teknologia ez da soilik ingeniartzaren emaitza edo tresna, baizik eta ezagutzak, trebetasunak, teknikak, metodoak eta haren garapenarekin lotutako alderdi soziologiko ugari biltzen dituen jakintza arlo konplexua eta zabala. Era berean, ingeniartzako praktikak jakintza zabal honen barruan txertatzen dira, zehazki, produktu teknologikoen diseinuan zentratzen dena. Hurrengo taulan teknologia, ingeniartza eta zientziaren arteko harreman nagusiak jasotzen dira (García-Carmona, 2023):



1. Taula: teknologia, ingeniaritza eta zientziaren arteko harremanak (Garcia-Carmona, 2023).

Teknologia, Ingeniaritza eta Zientziaren arteko harremanak	
Definizioa	<ul style="list-style-type: none"> ● Zientziak naturaren fenomenoak azaldu nahi ditu, eta teknologia, berriz, ingeniaritza prozesuen bidez, arazoak konpontzeko edo gizartearen sortzen diren beharrak asetzeko produktuak egiten saiatzen da. Makinak, gailuak eta artefaktuak diseinatzen eta ekoizten dituen teknologia atala ingeniaritza da.
Antzekotasunak	<ul style="list-style-type: none"> ● Zientzia, teknologia eta ingeniaritza etengabe garatzen ari dira. ● Hiru esparruetan garapena bermatzeko sormena ezinbestekoa da. ● Zientziak zein ingeniartzak alderdi neurgarriei buruzko ezagutzak sortzen dituzte, eta enpirikoki baliozkotzen dira. ● Zientziak bezala, ingeniartzak lan metodo sistemikoak erabiltzen ditu. ● Zientziak eta teknologiak laguntza politiko eta finantzarioa behar dute garatzeko.
Ezberdintasunak	<ul style="list-style-type: none"> ● Ezagutza teknologikoak helburu praktikoa du, eta ezagutza zientifikoak, berriz, ez du ezinbestean. ● Garapen zientifikoak batez ere argitalpenetan aurkezten da (artikuluak, liburuak, etab.) eta garapen teknologikoa, patenteekin lehentasunez. ● Ingeniaritza zientziaren eta matematikaren ezagutzetan oinarritzeaz aparte (legeak, ereduak, teoriak, etab.), logika formaletik kanpo dauden beste ezagutzetan oinarritzen da artefaktuak produzitzeko.

c. Ingeniaritza Praktikak

Zergatik “pratikak” eta ez “indagazioa”?

Historiari erreparatu behar zaio zentzuzko erantzun bat izateko. 60. hamarkadan aurrerakuntza handia izan zen zientziako esparruan “metodo”-etatik “prozesu”-etara aldatzea. Prozesuan ikasleek bost urratzeko egitura metodiko bat ikastetik, oinarritzko fundamenduak ikastera pasa ziren, besteak beste, behaketa, neurketa, inferentzia eta predikzioa. Enfasi berri honekin, eduki berriek jarduerak, laborategiko praktikak eta ikerketak barne hartzen zituen. Praktika zientifikoek “ikastea” eta “egitea” uztartzen ditu, non bi aldagaiek menpeko harremana duten. “Praktika” hitzak definizio batzuk bere baitan hartzen ditu: ekintza bat behin eta berriro errepikatzea trebea bihurtu arte, zerbait oso sakonki ikasten denean naturala edo erraza bihurtu arte, eta batek ezagutza eta jakinduria erabiltzen duenean helburu bat betetzeko. Zientziaren indagazioa praktika zientifikoaren zati bat besterik ez da. Berez, marko honetan aurkezten den ikuspegiak ez du indagazioa ordezkatzeko, baizik eta zientziaren eta ingeniartzaren irakaskuntza zabaldu eta aberastu (Bybee, 2011).

Zergatik “ingeniaritza”?

XXI. mendean, STEM izeneko akronimoa jaio zen, hezkuntza ildo berrien ekimen bezala. “T”-ek teknologia adierazi nahi du (technology), eta “E”-ek ingeniaritza (engineering). Helburu ezberdinak izan arren, zientziak eta ingeniartzak antzekoak eta osagarriak dira. Zientziak munduari eta ingurumenari buruzko galderak egiten ditu eta fenomenoak azalpenak ematen ditu ebidentzian oinarrituz, eta ingeniartzak gizakien beharren arazoei konponbideak bilatzen saiatzen da produktu eta prozesuen bidez. Curriculumean agertzen diren jarduerak asko ingeniartzako arazoetan oinarritzen dira, esate baterako, zubiak sortzea, arrautzak askatzea eta kotxeen modeloak sortzea, Lehen Hezkuntzan egiten diren ingeniartzako adibideak dira. Tamalez, zientziarekin ingeniartzako arazo eta praktika hauek



era desegoki batean erlazionatzen dira. Aintzakotzat hartzen bada ingeniartzaren inklusioa zientzietako arloetan eta ulertuz bien ezberdintasunak, curriculumean bien praktikek funtzio osagarria betetzen dute. Zientzia aurreratuaren adibide garaikidea *Hubble* espazioko teleskopioa da. Ingeniaritza eta teknologiarri esker, orain dela urtebete James Webb izeneko beste teleskopio modernoago batengatik ordezkatu zen (Bybee, 2011).

Prototipoa

Prototipoa sortzearen ideia ingeniartzaren prozesuetan ere agertzen da. Modelo interpretatibo eta deskriptiboaren alderantziz, zeinak produktu batek zer itxura izango edo zein funtzio beteko duen azaltzeko erabiltzen den, prototipo batek merkatura atera aurretik produktu baten hainbat aspektu *testatzeko* balio dezake. Prototipoak sortzea diseinuaren prozesuan ezinbesteko zati bat da eta diseinatzaileen ardura da (Crismond eta Adams, 2012).

Faseak (NRC, 2012)

Ingeniaritzako prozesuak azaltzeko erabiltzen diren bertsio ezberdinak urratsez beteta egon arren, guztiek edo ia gehienek antzeko arazo dute, edozein arazo ebazteko bete behar den sekuentzia batean arreta gehiegi jartzen dute (ingeniaritzarekin harremana ez duten arazoak barne). Horregatik, bertsio hauei hurbilketa idiosinkratiko, kultural, sozial eta kognitiboa falta zaie, non ingeniartzaren funtsa ez den soilik pauso sekuentzia batean oinarritzen. National Research Council-ek (2012) proposatzen duen markoa haratago joaten saiatzen da eta zortzi pausuetako prozesu bat agerian jartzen du, non ingeniartzaren hainbat ezagutza eta gaitasunen beharra dituen diziplina praktikoa bezala aurkezten diren:

2. Taula: ingeniartzaren eta zientzietako praktiken arteko ezberdintasuna.
(Cunningham eta Carlsen, 2014a)

Praktikak (NRC, 2012)	Zientziarekin Lotura	Ingeniaritzarekin Lotura
1. Galderak egin eta arazoak definitu.	Helburua aurrekuntza teoriko/kontzeptuala da.	Helburua teknologia erabilgarria.
2. Modeloak garatu eta erabili.	Azalpenak eta predikzioak.	Analisia eta ebaluazioa.
3. Ikerkuntzak planifikatu eta aurrera eraman.	Hipotesiak egiaztatu.	Ebaluazioa errepikakorra.
4. Datuak analizatu eta interpretatu.	Ingurumenaren alderdi neurgarriei arreta jarri.	Irizpide ezberdinak. Zientifikoak (adb, materialen propietateak) eta beste batzuk (adb, kostua).
5. Matematika eta pentsamendu konputazionalaren erabilera.	Modelo teorikoak egiaztatu datu errealekin.	Gauza konkretuak diseinatu, datu simulatuak eta errealak erabiliz.
6. Konponbideak diseinatu.	Helburua teoria edo azalpen bakar unibertsala sortzea da.	Aukera ezberdinen artean egokiena aukeratu.
7. Ebidentzian oinarritzen diren argudioak.	Helburua zientzia-kideak konbentzitzea da.	Helburua bezeroa asetzea da.



8. Informazioa lortu, ebaluatu eta jakinarazi.	Doako informazio trukea arau garrantzitsua da.	Produktuak legez patentatuak egoten dira.
--	--	---

Fase bakoitza praktikan jartzeko ez dago irakaskuntza estilo bakarra, baina “brainstorming”-ak, laborategiko jarduerak eta idazlan jarduerak oso ohikoak dira ingeniartzako diseinu prozesuetan. “Arazoaren identifikazioa” ingeniartzaren hezkuntzaren fase garrantzitsuenetako bat da. Gehienetan, fase hau “galdera irekia” edo “arazo-egoera” bezala formulatzen da. Azkeneko urratsa arazoa definitu eta konponbidearen diseinua garatu ostean “artefaktua” diseinatzea da. Artefaktua diseinu baten prototipoa edo marrazki baten diseinua izan daiteke. Prozesu honetan, denbora, baliabide eta beste aldagaien arabera, hainbat pauso konbinatzea posible da: “Marraztu, sortu, “testatu”, “berregin”. Pauso hauen inklusioaren eraginkortasuna neurtu da eta amaierako artefaktoaren kalitatea asko hobetzen dela ondorioztatu da (Arık, eta Topçu, 2020).

2012 NRC Markoari Kritika

Ingeniartzaren irakaskuntzan paradigma aldaketa bat egon den arren, non ingeniartzaren ikastea ez den problemak ebazteko metodo bat bezala ikusten, baizik eta prozesu bat non ikasleek ingeniartzaren praktiketan aktiboki parte hartzen duten, Simarrok eta Causok (2021) uste dute NRC-ren ingeniartzaren markoa ez dela nahikoa.

2012ko NRC markoak ingeniartzaren lekua aldarrikatu zuen estandar zientifiko berrietan. 400 orrialdeko programa batean, ingeniartzaren eta zientziaren lana zortzi praktiketako sorta batean deskribatu ziren. Agirian praktikek eremuaren arabera nola aldatzen diren azaltzen den arren, bakarrik bi faseen bereizketa nabarmendu daiteke: #1: Galderak egin (zientzia) eta arazoak definitu (ingeniaritza); eta #6: Azalpenak eraiki (zientzia) eta soluzioak diseinatu (ingeniaritza). Esate baterako, #1. praktiken adibidean hitzen hautaketa hizkuntzaren garrantzia aitortzen du, baina aldi berean ingeniartzaren eta zientziaren helburuak “soluzioak” eta “erantzunak” direla iradokitzen du (Cunningham, eta Carlsen, 2014a).

Simarrok eta Causok (2021) erabat desadostasunak daude Bybee (2011) bezalako autoreekin. Bybee-k (2011), helburuak izan ezik, zientzia eta ingeniartzaren praktikak parekoak eta osagarri bezala ikusten ditu. Cunninghamek eta Carlsenek (2014b) argudiatzen duten moduan, zientzia eta ingeniartzaren arteko bereizketa antzemanezinek ez dituzte bien arteko ezberdintasun epistemikoak azalaraziko, hortaz, ingeniartzak ez du beste diziplinekiko desberdintzea lortuko bere balioak ez badira ongi azpimarratzen.

Hala eta guztiz ere, NRC markoaren irakurketa osoa egiten bada, ezberdintasun batzuk antzeman daitezke. Esaterako, modeloak eztabaidatzean, 2012ko markoak *prototipoaren* kontzeptua elementu gako bat bezala aurkezten du. Ikuspegi honetatik, prototipoaren funtzioa bi diziplinetan ebaluatu daiteke: zientziarentzat, modelo bat izatea praktiken amaierako produktu gisa funtsezkoa da, ingeniartzan aldiz, modelo bat amaierako produktuaren forma sinplifikatua da eta testak eta ebaluazioak egiteko balio du. Modelo zientifiko bat fenomeno bat deskribatzeko, iragartzeko eta azaltzeko balio duen egitura kontzeptuala da. Bohr-en atomoaren modeloa eredu zientifiko baten adibidea da, eta marrazki, idatziz edo maketen bidez adieraz daiteke. Alderantziz, ingeniartzaren modelo batek



(prototipoak) sistema baten eraikuntza deskribatuko du eta helburu nagusia ebaluazioa da (Oh eta Oh, 2011).

Era berean, optimizazioaren garrantzia ingeniartzan asko azpimarratzen da, alegia, arazo bat konpontzeko dauden irtenbide guztietatik hoberena aukeratzea. Nahiz eta “optimizazio” hitza ez agertu, aurreko markoaren 6. urratsean ere agertzen da. Ordea, zientziak beti teoria sinpleena eta unibertsalena bilatzen saiatzen da, ahalik eta salbuespen gutxien egon daitezzen. Alde horretatik, zientziaren eta ingeniartzaren ezaugarriak askotan gainjartzen dira eta bien arteko elkarrekintzaren bidez bi diziplinak konbinatzen dituzten esparru berriak sortzen dira, hala nola, nano-teknologia edo bio-ingeniartzita (National Research Council, 2012).

Hala ere, nahiz eta desberdintzea egin, NRC-ko curriculumak ez ditu bi diziplinen arteko ezberdintasunak ongi nabarmentzen bien zortzi praktiken bidez. Kontuan edukita zerrenda honek duen adierazgarritasuna hezkuntzako curriculumaren diseinuan, Cousok eta Simarrok (2021) NRC zerrendaren egokitzapen bat egiten dute zientzia eta ingeniartzaren ezberdintasun idiosinkratikoak hobeto islatzeko. Aldaketa hauek ez dira egiten heziketaren izaera diziplinartekoa oztopatzeko, baizik eta irakasleek hobeto ulertu dezaten diziplina bakoitzaren mamia indarrean dauden ikasketa plan berrietan. Ikuspegi epistemologiko bati esker, zientzia eta ingeniartzaren arteko harremana eta menpekotasuna asko hobetuko litzateke. Hurrengo zerrendan, bederatzi praktika proposatzen dira, praktika bat gehiago gehitzen da eta gainontzekoak hobeto zehazten dira:

3. Taula: NRC ingeniartzita Pratikaren proposamen alternatiboa. *Oharra:* Aldaketak letra lodiz. (Couso eta Simarro, 2021)

Praktikak (NRC, 2012)	Ordezko Proposamena
1. Galderak egin eta arazoak definitu.	1. Galderak egin eta arazoak definitu eta mugatu.
2. Modeloak garatu eta erabili.	2. Prototipoak eta simulazioak garatu eta erabili.
3. Ikerkuntzak planifikatu eta aurrera eraman.	3. “ Testak ” planifikatu eta aurrera eraman.
4. Datuak analizatu eta interpretatu.	4. Datuak analizatu eta interpretatu hobekuntza guneak identifikatzeko.
5. Matematika eta pentsamendu konputazionalaren erabilera.	5. Matematika, pentsamendu konputazionala, modelo zientifikoaren eta teknologiaren erabilera.
6. Konponbideak diseinatu.	6. Konponbide anitzak garatu eta identifikatu eta optimoena aukeratu.
-	7. Konponbidea Materializatu
7. Ebidentzian oinarritzen den argudiaketa.	8. Ebidentzian oinarritzen den argudiaketa.
8. Informazioa lortu, ebaluatu eta jakinarazi.	9. Informazioa lortu, ebaluatu eta jakinarazi.



1. Galderak egin eta arazoak definitu eta mugatu:

Arazoak mugatzearen ideiak esan nahi du ingeniartzaren arazo-ebazpenek hurbilketa holistikoa izan behar dutela. Arazoak sistema ireki bat bezala aurkeztu behar dira non ikuspegi guztiak kontuan edukitzen diren, alegia, ingurumena, banakoa, gizartea eta kultura. Ingeniaritza askotan, ekonomia, erabilgarri, jasangarri, arriskua bezalako balioekin erlazionatzen da. Ikasleei arazoa definitzeko galdeketak egiteaz aparte (zer behar den, zein den helburua, zeintzuk diren konponbidearen ezaugarriak), arazoak zer nolako testuinguruan gertatzen diren galdetu behar zaie (Karatás et al., 2011).

2. Prototipoak eta simulazioak garatu eta erabili:

Praktika honetatik “modelo” hitza ezabatzen da, hitzaren esanahi polisemikoak ingeniartzatik zientziara asko aldentzen delako. Modelo zientifikoetan, fenomeno bati ebidentzietan oinarritutako azalpen bat eman nahi zaio, ordea, ingeniartzan modelook erabiltzen dira irtenbide baten ebaluazioa egiteko. Beraz, prototipo eta simulazio terminoak erabiltzen dira.

3. Testak planifikatu eta aurrera eraman:

Ikerkuntza hitzaren erabilera saihesten da, “indagazioa” kontzeptuarekin ez nahasteko. Aintzakotzat hartzen bada “indagazioaren” kontzeptuaren garrantzia hezkuntzaren arloan, “testing” erabiltzea hobesten da. Hortaz, zientziaren indagazioak munduko ideiak eta teoriak ebaluatzeko ebidentzia erabiltzen du, eta ingeniartzak munduko objektuen errendimendua neurtzeko eta konponbide espezifikoak lortzeko testak egiten ditu.

4. Datuak analizatu eta interpretatu hobekuntza guneak identifikatzeko:

Praktika honetan optimizazio ideia kontzeptua nabarmendu nahi da. Datuen analisisen helburu bakarra ez da ebaluatzea soluzio batek egokia den ala ez, bazik eta produktu baten ahuleziak eta indarguneak ikustea parametro anitzak kontuan hartuz, ez bakarrik efizientzia energetikoa.

5. Matematika, pentsamendu konputazionala, modelo zientifikoaren eta teknologiaren erabilera:

STEM alorrean, praktika honek zientzia eta ingeniartzaren arteko hurbilketa egiteko balio du. Modeloek eta teknologiak zientziaren eta ingeniartzaren helburuak lortzeko balio dute, hurrenez hurren. Gainera, ingeniartzaren kasuan, teknologiaren bilakaera, gizarte nola funtzionatzen duen hobeto ulertzeko balio dezake. Esate baterako, irrati uhinen erabilera munduko komunikabide sistemetan iraultza bat suposatu zuen. Mota honetako adibideak, zientzia eta ingeniartzak uztartzeko balio dezakete eta konponbide berrien kontzeptualizazioa teknologiaren erabileraren bidez (Arthur, 2011).

6. Konponbide anitzak garatu eta identifikatu eta optimoena aukeratu:

Konponbideen diseinua (ingeniartzarentzat) eta fenomenoaren azalpena (zientziarentzat) praktika bezala oso orokorra da, izan ere, diziplina bakoitzaren helburua da. Ingeniartzan konponbideak ez dira inoiz eksklusiboak, hortaz, arazoak mugatuz (ikuspegi holistikoa bat izanez gero, aurreko pausuan eztabaidatu den bezala) konponbide desiragarriak lortu daitezke, adibidez, prototipoak eta testak garatuz. Lehen Hezkuntzan



konponbide bat baino gehiago dituen arazo bat aztertu daiteke, eta optimoena zein den erabaki gizartearen eta ingurumenaren beharretarako (esate baterako, kotxe elektrikoaren konbustioa eta beste erregaiak erabiltzen dituzten automobilen arteko konparazioa).

7. Konponbidea Materializatu:

Proposamen honek aurkezten duen zazpigarren praktika da. Desiragarria den diseinu batetik, hiru dimentsioko egitura bat sortu arte dagoen tarteko prozesua. Azken prozesua gertatzeko, irudimen handia, ideia teorikoen (mekaniko eta algoritmiko) eta egoera sozio-ekonomikoaren (adibidez: material eskuragaia ingurumenean inpaktu arina izan dezan) ezagutza izan behar da. Materializazioa ez da soluzio baten eraikuntza soilik, “bisualizazioa” gertatu behar da, hau da, abstrakzioetik errealtatera pasatzeko gaitasuna izatea. Aibilezi hauek lortzeko ohiturak hartu behar dira, besteak beste, materiala aukeratzeko (adibidez: plastikozko ur botila ezberdinak konparatzea) eta manipulatzeko. Materializazio prozesua zientzia eta ingeniariaren bereizten dituen ezaugarrietako bat da eta NRC-ek sortutako markoan ez da aipamenik egiten (Lucas et al., 2014).

d. Ingeniaritza Praktikak eta Arrapalak

Ingeniaritza kontzeptuak irakasteko baliabidetako bat, egurrezko arrapalen erabilera da. Egurrezko arrapalak egitura sinpleak dira eta zinetika era praktikoa batean irakasteko oso erabilgarriak dira. Estatu Batuetako hurrengo belaunaldiko zientzietako irizpideen (NGSS: Next Generation Science Standards) arabera, arrapalak planifikatzeko, ikertzeko eta analisiak egiteko balio dute. Egitura hauen erabilera, energia eta objektuen arteko elkarrekintza lantzerantz bideratuta dago (NGSS, 2013). Energiaren inguruko ezagutzak sakonduz doazen heinean, gero eta arrapala konplexuagoak sortzen dituzte, pentsamendu kritikoa eta Bloom-en Taxonomiaren sormen maila gorena erabiliz (Pohl, 2000).

Zientzietako jarduerak lau baldintza bete behar dituzte (Counsell, 2011): 1) egingarria (haurra bere erabakietatik zerbait sortzeko gai da); 2) berehalakoa (materialaren erantzuna berehalakoa da); 3) behagarria (haurrak ikusi, entzun eta sentitzen du) eta 4) aldakorra (haurra gai da aldatzeko bat aldatzeko eta berriro errepikatzeko).

Adina eta abilezia edozein dela ere, haurrek ikasteko motibazio gehiago izango dute aurre-ezagutzak kontutan hartzen direnean. Aldapa edo maldeak dagokionez, haurrek txirristetan izandako esperientziak kontatzeko aukera izango dute. Ausartenak agian *skate-parketan* txirringularekin edo skate-ko taulekin eskarmentua dute. Hirian edo landa ingurunean bizi diren irakasleak, ikasleekin auzora atera daiteke ingurunean dauden arrapalak behatzera eta betetzen duten funtzioa eztabaidatzeko (adibidez, eraikuntza modernoetan dauden arrapak gurgil-aulkien sarbidea errazteko). Haurrek ere kamioiek eta trailerrek erabiltzen dituzten arrapalak behatu dezakete zama handiko kaxak kargatzeko edo deskargatzeko. Neguan, elurra egiten duen eskualdetan haurrek bere esperientziak kontatu ditzakete lerarekin jolasten (Counsell eta Wright, 2016).

Esperimentazioaren bidez, haurrek aukera dute zerbait sortzeko, berehalako emaitzak ikusteko eta aldagaiak aldatzeko (altuera, ertzak bai/ez, arrapalen luzera, askatzen den objektu mota, etab.). Haurrek bakarrik edo talde txikietan lan egiten dutenean, arazo-egoera propioak sortzeko aukera dute (adibidez, kanikaren abiadura handitu, moteldu, biraketa sortu ertz batean, ontzi batean barruan erortzea, etab.). Haur bakoitzaren garapen hurbileko eremua (ZPD: *Zone of Proximal Development*) gakoa da. Vygotsky-ren kontzeptu



famatu hau, haur batek bere kabuz egin dezakeenaren eta haurrak laguntzarekin egin dezakeenaren arteko espazioa bezala definitzen da. *Scaffolding*, ZPD kontzeptuarekin erlazionatzen den beste kontzeptu bat, haur batek ahalik eta modu autonomoan jarduteko irakasleak aurreikusten duen laguntza bezala definitzen da. Beste era batera esanda, arrapalak eraikitzen dituzten bitartean *scaffolding* burutzea galdera egokiek haurren modelo mentalak eraikitze oso tresna baliagarria da (Counsell eta Sander, 2016).

Arrapalaren eraikuntzaren gakoetako bat sinpletasuna da: kanikak, pilotak, blokeak eta maldak, beste batzuen artean. Material hauek erabiltzea edozein adineko edo garapeneko haur batentzat erronka bat izan daiteke. Materiala eskuratzea ez da oso zaila, edozein aroztegian lortu daiteke. Egurra erostea hasieran inbertsioa izan daiteke, baina kontuan eduki behar da urte askorako izango dela. Blokeak tamaina berdinekoak izan daitezke, baina maldak eta kanikak ez. Kanikak tamaina eta forma ezberdinekoak izan behar dira (adb: plastikozkoak, burdinazkoak, kristalezkoak, biraketak egiten ez dituzten edo biraketa ezberdinak egiten dituzten kanikak; arrautza formako objektuak, esferak koskorrekin) eta maldak (inklinazio gehiago lortzeko edo ertzak sortzeko) ere bai. Bloketan formak ez du hainbesteko garrantzirik, kopurua baizik. Bloke nahikoak ez daudenean, gelan dauden elementuak erabili behar dituzte, esate baterako, aulkiak, mahaiak, apalak, eta abar. Espazioaren kudeaketa ere arazo bat izan daiteke, arrapalaren eraikuntzarekin hasterakoan, gero eta handiagoak nahi dituztelako, beraz, ongi zehaztu behar da talde bakoitzari ematen zaion eremua. Denbora ere kontuan hartzeko ardatza da, haurrek denbora behar dutelako ideiak berrikusteko, gainera, ikaskuntza eraginkorra gertatu dadin, haurrek denbora luzez trebatu behar dira material manipulagarriarekin (Zan eta Geiken, 2010).

Amaitzeko, hauek dira irakasleek jarraitu beharko lituzketen gomendio batzuk ingeniariartzako praktikekin (arrapaletara aplikatuta) hasteko (Zan eta Geiken, 2010):

1. Irakasleek esperientzia behar dute ikasgelako materiala manipulatzeko, ikaskuntza aukerak eta mugak ongi ezagutzeko. Irakasleek plano inklinatuekin eta arrapalekin lanketa bat egin behar dute, ikasleek aurrean materiala aurkeztu aurretik.
2. Interesa pizteko eta ideiak sortzeko ikaskuntza ingurua sortu behar da. Haurrak eroso sentitu behar dira eta ez dute akatsak egiteko beldurrik izan behar. Irakaslearen rola ez da zuzenketak egitea edo emaitza zuzenak ematea, gidaria baizik. Galdera eta iruzkin egokiak egin behar ditu esperimendazioan gehiago murgiltzeko.
3. Haurren arrazoinamendua ongi ulertzeko eta ebaluatzeko, irakasleak behaketa egokia gauzatu behar du. Ez da berdina talde bat aztertzea genero ikuspegi batetik edo kooperazio ikuspegi batetik.
4. Modelo mentalak eraiki behar dira eta aurreiritzi ez zuzenak birbideratu. Esate baterako, askok aurreikusiko dute kanika bat bertikalki eroriko dela arrapalaren amaieran, nahiz eta askotan ikusi abiadurarengatik parabola baten ibilbidea jarraitzen duela. Arrapalaren amaieraren azpian ontzi bat ipiniz frogatu daiteke.
5. Ikerketen emaitzak partekatzea zientziaren izaera komunikatiboa eta kooperatiboa indartzen du. Zientzialariek ez dute bakarrik lanik egiten, beste



ikertzaileen euskarria behar dute. Ikasleek marraztu edo idatzi dezakete arrapalen egituren inguruan eta irakasleak arrapalen argazkiak atera dezake eta talde handian eztabaidatu.

6. Arrapalen jarduerak curriculumeko arlo askorekin integratzeko aukera ematen dute. Matematikarekin harremana erabatekoa da, jarduera hau ez da bidezkoa geometriarik gabe (tamaina, forma, angeluak, aldeak, aurpegiak, dimentsioak). Haurrek arrazoiketa espaziala erabili behar dute erabakitze non kokatu behar diren blokeak; blokeak zenbatzen dituzte altuerak alderatzeko eta jakiteko zenbat bloke beharko dituzte. Hizkuntzarako gaitasuna hausnarketen bidez landu daiteke. Gizarte zientzietan, arrapalen garrantzia lantokietan edo pertsona desgaituen bizitzan. Arten, arrapalen egitura arkitekturarekin erlazionatu daiteke.

e. Curriculumarekin Lotura

Ikasleen matrikulazio tasa jaisten ari da Zientzia, Teknologia, Ingeniaritza eta Matematika (STEM) bezalako graduetan. Estatu Batuetan, unibertsitateko gradu bat ikasi nahi duten pertsonen artean, % 40-k STEM alorreko gradu bat ikasi nahi dute, eta horien artean bakarrik % 20-k titulazioa eskuratzen du (Freeman et al, 2014). Honen atzean hainbat arrazoi daude: (a) ikasleak ez daudela akademikoki prestatuak hasierako mailarako; (b) jaiotzatiko talentua behar denaren aurreiritzi okerra; (c) komunitate izaera falta ikaskideen artean eta (d) irakaskuntza estilo ez erakargarriak. Joera hau okerrera ez joateko, ingeniaritza era erakargarri batean irakatsi behar da estrategia pedagogikoekin eta metodologia aktiboak erabiliz (Hernández de Menéndez et al., 2019).

Espainiar estatuan, LOMLOE iritsi arte (3/2020 Lege Organikoa, abenduaren 29koa, Hezkuntzari buruzko maiatzaren 3ko 2/2006 Lege Organikoa aldatzen duena), hala ere, oso era orokor batean egiten da eta STEM konpetentziaren deskriptoreen operatiboan barruan ez da aipamenik egiten. Era berean, Euskal Autonomia Erkidegoan indarrean jarri den hezkuntza dekretu berrian STEM arloari garrantzi asko emango zaio, baina LOMLOE-ri gertatzen zaion bezala, Euskadin argitaratu den zirriborroari zehaztasuna falta zaio eta ez dago oso argi agiria zeri buruz ari den "ingeniaritza metodo"-ei buruz hitz egiten duenean. Gainera, arazoa da askotan STEM-en "E", alegia, ingeniaritza, alde batera gelditzen dela, eta beste arloek, hala nola, zientziak edo teknologiak garrantzi gehiago hartzen dutela. Honen arrazoietako bat, irakasleen prestakuntza faltari atxikitzen zaio (García-Carmona, 2023).

Bestalde, erregai fosilen gehiegizko erabileragatik, gizarteak krisialdi energetikoari aurre egin behar dio, munduan erabiltzen ditugun erregaiak finituak direlako. Gas isuriek klima aldaketa areagotzen dute, eta horren ondorioz sortzen diren fenomeno meteorologiko eta atmosferiko latzek guztion ongizatea arriskuan jartzen dute. Trantsizio energetikoa gerta dadin, gizartea energiaren inguruan alfabetizatu behar da. Garapen jasangarrirako helburuen artean, energia eta kontsumo arduratsua txertatu da, eta biztanleen heziketa ezinbestekotzat hartzen da. Ikasleen formakuntza energia gaiaren inguruan maila ezberdinak ditu, baina eskuhartze honetan oinarritzko nozioak irakatsiko dira: energiaren kontserbazio printzipioa eta energiaren transformazioa eta transferentzia. Energia ikuspegi ekosozial batetik landu daiteke, baina ez da lan honen xedea (López-Simó eta Couso, 2022).



5. HELBURUAK

Lan honek bi helburu nagusi ditu:

1. Aztertzea ingeniariak praktikak metodologia baliogarria den LHko gelan energiari buruzko edukiak eskuratzeko.

Hasierako eta amaierako galdetegi bidez ikusi nahi izan da ea metodologia berritzaile honek energiarekin lotutako edukiak ikasteko balio duen, galdetegi eta ariketa teoriko-praktikoen bidez.

2. Ingeniaritzako jarrerak behatzea eta aztertzea ingeniariak praktikekiko.

Bi esperientzien bidez, alegia, NASA-rena eta arrapalena, aztertu da ea ingeniariak jarrerak hobetu diren lehenengo saiotik bigarren saiora. Jarrerak diseinu originalak sortzeko gaitasunetik hasi eta ikaskideen arteko lankidetzara zihoazen, hau da, ikasleen arteko harremanak eta pertsonen barruko gaitasun kognitiboak neurtzen dira.

Helburu hauek lortzeko erabiliko den errekurtsoa arrapalak dira. Gizarte hiperkonektatu honetan, gailu elektronikoak gizakiaren bizitzaren parte bihurtu dira. Konpetentzietan oinarritutako azkeneko curriculumek hurrengo konpetentzia digitalari garrantzi handia ematen diote. Eskola publikoetan eta kontzertatuetan haur bakoitzari tableta eta portatil propioa ematen zaie eta dirudienek STEM motatako edozein proiektuetan litiozko bateria bat egon behar da. Arrapalaren bidez erakutsi nahi dena da gailu elektronikoak ez direla ezinbestekoak, eta material merkeekin eta minimalistekin aukera anitzak existitzen direla funtsezko konpetentziak eta konpetentzia espezifikokoak lantzeko, ikasleen arreta denbora luzez mantenduz.



6. METODOLOGIA

Partehartzaileak

Gasteizko eskola pribatu bateko Lehen Hezkuntzako hirugarren mailako 21 ikasle, 8-9 urte bitarteko adinarekin. Estatus sozio-ekonomiko altuko eskola da. 12 mutil eta 9 neska daude. Horietatik lau ikasle etorkinak dira: Bi Estatu Batuetatik (Washington eta Miami), bat Mexikotik (Guanajuato) eta azkena Japoniatik (Tokyo). Ez daude ikasle diagnostikaturik baina gabeziak sumatzen dira euskararekiko atzerititik etorri diren ikasleekin. Eskola hiru eleduna da eta ingeniartzako praktikekin harreman gehiena izan dezakeen irakasgaia “Robotika” da. Bertan, STEAM ikuspegi metodologikoa lantzeko Lego ikaskuntza sistemaren gidalerroak jarraitzen dituzte eta ikasle azkarrenei *Lego League* izeneko lehiaketa batean parte-hartzeko aukera ematen zaie. Kooperatiboki lan egiten dute, beraz, metodologia aktiboetan lan egitera trebatuta daude.

Ikerketaren Diseinua

Ikerketak hiru zati nagusi ditu: hasierako galdetegia, esku-hartzea eta amaierako galdetegia. Ikasleei ikerketaren hasieran azaldu zitzaizen zientzia arloko ikerketa batean parte hartuko zutela. Fase bakoitzaren artean astebeteko tarte utzi zen, ezagutzak hobeto bermatzeko eta ahaztearen kurba oso handia ez izateko (1. grafikoa).



1. Grafikoa: 2. Praktikumeko ikerketaren egitura Gasteizko eskolan.

Aurre Ezagutzak eta Amaierako Ebaluazioa

Hasierako galdetegia: Energiaren hitzaren aipamenik egin gabe, ikasleen aurre-ezagutzak neurtzeko banako ebaluazioa burutu zen idatzizko fitxa baten bidez. Galdetegian energia baldintzatzen duten hiru aldagaiei buruz galdetu zen, alegia, altuera, masa eta abiadura (1. eranskina).

Amaierako galdetegia: Bigarren ebaluazioan berdina neurtu nahi zen, baina oraingoan kasu praktiko baten bidez. Arazo-egoera honetan materialak aukeratu behar zituzten, erabakiak hartu, diseinu bat egin eta beraien hitzekin marrazkiaren azpian



justifikatu egindakoa (2. eranskina). Hortaz aparte, energiaren inguruko hiru galdera egin zitzairen eta beste bi galdera irekiak, ikasitakoa eta beraien iritzia jasotzeko (3. eranskina).

Esku-hartzea

Esku-hartzea bi orduko bi saioetan egin zen. Lehenengo jarduera (NASA) ingeniartzako praktikekin hasierako kontaktua izatera bideratuta zegoen eta bigarrenak (arrapalak) protokoloari dagokionez urrats berdinak jarraitzen zituen, baina honetan energiaren inguruko kontzeptuak landu nahi ziren. Ariketen hasieran aurre-ezagutzak aktibatzeke, erronkak haurrek ezagutzen zuten errealitatearekin uztartzen saiatu zen, esate baterako, helikoptero baten helizeak etxeko haizagailu batekin alderatu daiteke, eta arrapalak txirristetan, *skateparketan*, eraikuntzetan eta bestelako maldak edozein auzotan aurkitu daitezke. Bi jardueretan diseinuak egiteko erabiliko zituzten fitxak berdinak ziren. Fitxa bakoitzean taldeek marrazteko, idazteko eta prototipo bat baino gehiago egiteko aukera zuten (4. eranskina).

NASA jarduera: Jarduera honetan NASA-k proposatzen duen erronka egokitu bat aurkeztu zen, adibide praktikoekin faseen inguruan hitz egiten zen eta prototipoak diseinatu behar zituzten. Helburua Marten hegan dezakeen helikoptero efizientea sortzea zen. Jarduera hau aurrera eramateko papera, artaziak eta kartulinekin nahikoa da. (NASA, 2021). Ingeniaritza praktiken ulermena eta jarraipena hobetzeko, aurkezpen bat prestatu zen, arazoa testuinguratuz, fase bakoitza azalduz eta erronka gehigarriekin (5. eranskina).

Arrapalen jarduera: Jarduera honen helburua energiaren mekanikoan eragina duten faktoreak (masa, abiadura eta altuera) lantzea zen. Ariketan egurrezko bost bloke eraitsi behar ziren eta bost ikasleetako lau talde mistoetan banatu ziren. Talde bakoitzari eman zitzaion materialaren zerrenda hurrengoa zen: lau arrapala, luze bat, bi ertain eta motza bakarra; egurrezko hamar bloke; kutxa bana 4 pilota motekin; egurrezkoa, plastikozkoa, kristalezkoa eta kortxozkoa; baskula eta gelan aurkitu zezaketen beste edozein gauza (6. eranskina).

Landuko den eredu zientifikoa

Energia aurkezteko, energia mekanikoaren kontzeptua irakatsi nahi izan zen. Energia mekanikoa, energia zinetikoaren eta energia potentzialaren batura da. Energia zinetikoa objektu baten mugimenduari lotuta dago, eta energia potentziala, berriz, objektuaren kokapenarekin edo altuerarekin. Bien arteko erlazioa da bata bestean transformatu daitekeela, eta transformazio hori sistema batean kontserbatuko da, kanpoko indarrak ez dagoen bitartean. Zientifikoki horrela formulatzen da:

1. $E_z = 1/2 \times m \times v^2$
2. $E_p = m \times g \times h$
3. $E_m = E_z + E_p$

Non, hurrenez hurren:

1. **E_z** = Energia Zinetikoa; **m** = Masa eta **v** = Abiadura
2. **E_p** = Energia Potentziala; **m** = Masa; **g** = Grabitatearen Azelerazioa eta **h** = Altuera
3. **E_m** = Energia Mekanikoa; **E_z** = Energia Zinetikoa eta **E_p** = Energia Potentziala



Jakina, energiari zer aldagaik eragiten dioten irakasteko (masa, altuera eta abiadura), formula hori erabili gabe eta kualitatiboki egin zen, hau da, eredu zientifikoa sinplifikatu egin zen, eskola-eredura eraman ahal izateko.

Protokoloa

Ingeniaritza praktiken lehendabiziko kontaktua zenez, protokolo sinplea aukeratu zen. Ingeniaritzako prozesu honetan zazpi puntu garrantzitsuenak jasotzen dira: (1) arazoa identifikatu, (2) indagatu, (3) diseinatu, (4) prototipoa sortu, (5) testatu eta ebaluatu, (6) feedback-a eman, (7) komunikatu, azaldu eta konpartitu (Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education, 2016).

3. Taula: Massachusetts departamentuko markoaren aplikazioa NASA eta Arrapalaren jardueran (2016).

PROTOKOLOAREN APLIKAZIOA		
Massachusetts-eko Markoa (2016)	NASA	ARRAPALAK
Arazoa identifikatu	“Luzaroan hegan egingo duen paperezko helikopteroa eraikitzea”	“Zutik dauden egurrezko bost bloke erorarazi”
Arazoaren inguruan indagatu	Helizeen luzera, material mota eta askatzean dagoen altuera.	Altuera ezberdinak, bolaren materiala, bihurguneak, ikasgelaren materiala, bloke kopurua eta egonkortasuna.
Prototipoa diseinatu	Idatziz eta Marraztuz	
Prototipoa sortu	Kooperatiboki. Rolak kudeaketa eta funtzioen banaketa.	
Prototipoa testatu eta ebaluatu	Helikoptero berria sortu baina bestea suntsitu gabe, emaitzak aldaratu ahal izateko.	Egitura desegin eta berria sortu.
Feedback-a eman	Irakaslea gidaria da, ez ditu erantzun zuzenak eman behar. Galdera eragileak egingo ditu: “Zein da arazoa?” “Zeintzuk dira konponbideak?” “Zeintzuk dira materialaren mugak?” “Prototipo guztietatik zein da egokiena?”	
Komunikatu, Azaldu eta Konpartitu	Saioaren amaieran talde bakoitzak egindakoaren aurkezpena egingo du, ikasleek izandako mugak eta zailtasunak eztabaidatuko dira eta saioaren ondorioekin amaituko da.	



Arrapalen Ebaluazioa

Arrapalen kalitatea neurtzeko hurrengo errubrika erabil zen. Gehienez sei puntu lortu daitezke eta errubrikak bost aldagai neurtzen ditu: helburuaren lorpena, materiala, euskarria, energiaren aldagaien erabilera eta elementu gehigarriak.

4. Taula: Arrapalen kalitatea neurtzeko errubrika.

ARRAPALAK EBALUATZEKO ERRUBRIKA		
Aldagaia	Deskribapena	Puntuazioa
Helburuaren lorpena (Blokeak botatzea)	Guztiak botatzen dira.	1
	Batzuk botatzen dira.	0.5
	Ez da ezta bat botatzen.	-0,5
Erabilitako materiala.	Bakarrik emandako materiala erabiltzen da.	1
	Aulkiak, mahaiak, estutxeak erabiltzen dira, laguntza/euskarri bezala.	0
Giza euskarria.	Arrapala bera bakarrik eusten da.	1
	Kideen artean arrapala sostengatu behar dute.	0
Energiaren aldagaiak: Altuera, Masa eta Abiadura	Hiru aldagaiak erabiltzen dira.	2
	Bi aldagai erabiltzen dira.	1
	Aldagai bakarra erabiltzen da	0,5
Elementu gehigarriak.	Erreakzio kate bat sortzen da.	1

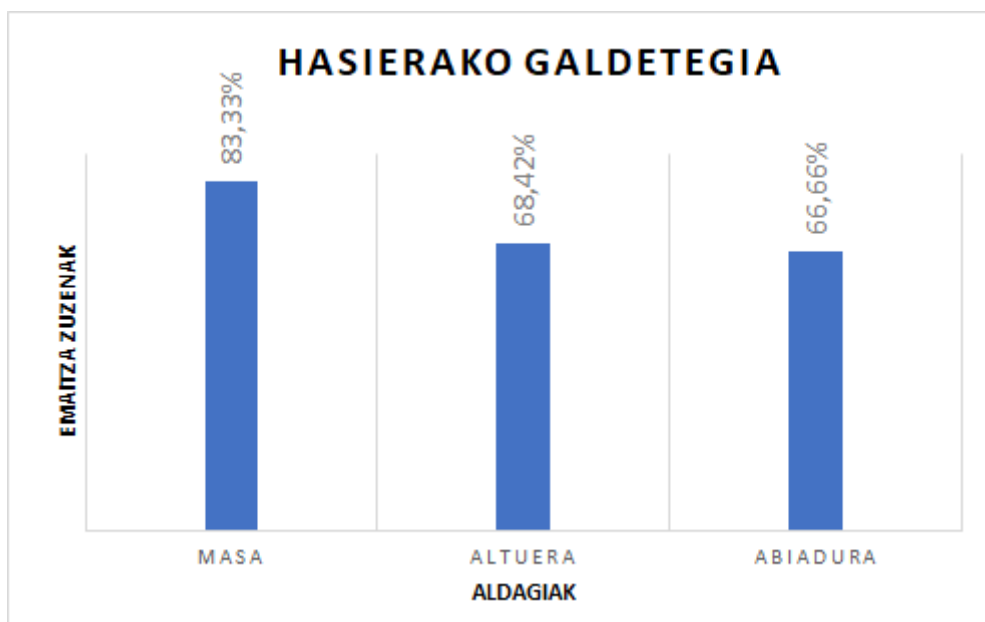
Ingeniaritza Jarrerak

Ikerketaren azkeneko zatia ingeniartzako jarreraren behaketa da. Kualitatiboki behatu ziren ikasle bakoitzarekin taula baten bidez (7. eranskina). Taulan agertzen diren itemak, "bai", "batzuetan" edo "inoiz" balioekin behatu ziren. Jarrera hauek liburu batean jasotzen dira eta herritarrek XXI. mendean eskuratu behar dituzten jarrerei erreferentzia egiten die: *systems of thinking* (sistemen arteko loturak egiteko gaitasuna), kreatibitatea, optimismoa, kolaborazioa, komunikazioa eta kontsiderazio etikoak (Katehi, Pearson eta Feder, 2009). Gaitasun guztiak taulan jasotzen ziren eta ikerketaren ezaugarrietara egokitu zen, hala ere, datuen bilketa errazteko hainbat gaitasun uztartu ziren, adibidez, kolaborazio eta komunikazio gaitasuna.



7. EMAITZAK

Ikerketaren hasieran bi ikasle ez ziren aurkeztu arrazoi pertsonalgatik, eta beraz, ikerketan ez zuten parte hartu. Hortaz, jasotako datuak 21 ikaslerenak izatetik 19 ikaslerenak izatera pasa ziren. Hasierako galdetegian hiru aldagaien inguruan galdetu zitzairen: masa, altuera eta abiadura. Erantzun okerrak eta zuzenak, baina justifikazio kontrajarriarekin, deuseztatu ziren, esate baterako, hasierako abiadura galderaren erantzunen % 52,63a deuseztatu ziren. Ikasleen % 83,33ak masaren inguruko galdera zuzentasunez erantzun zuten, % 68,42ak altueraren inguruko galdera zuzen erantzun zuten, eta % 66,66ak abiaduraren inguruko galdera egokitasunez erantzun zuten (2. Grafikoa).

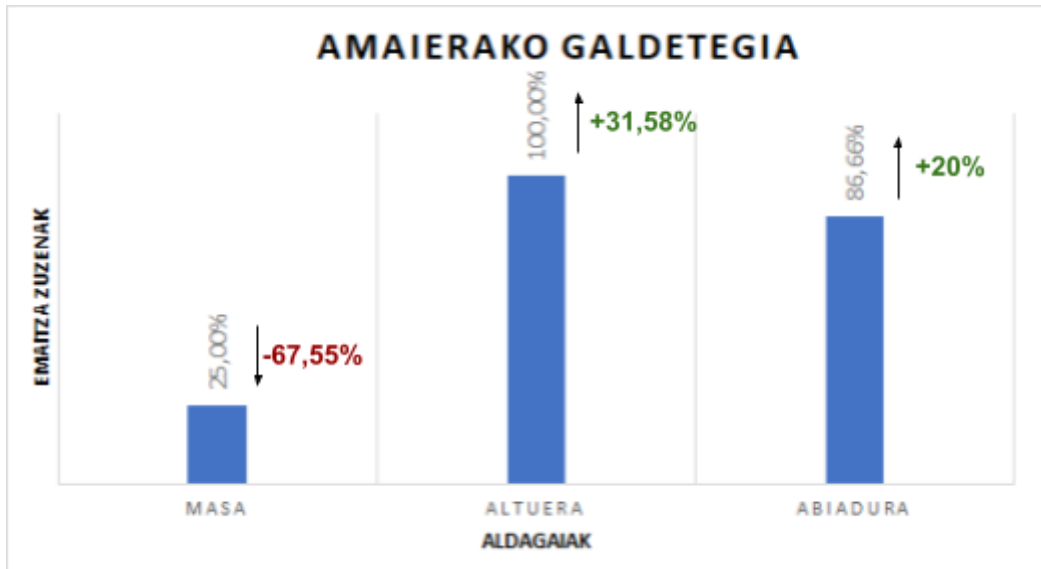


2. Grafikoa: Hasierako galdetegiaren emaitza zuzenak portzentualki, neurtutako hiru aldagaietan: Masa, Altuera eta Abiadura.

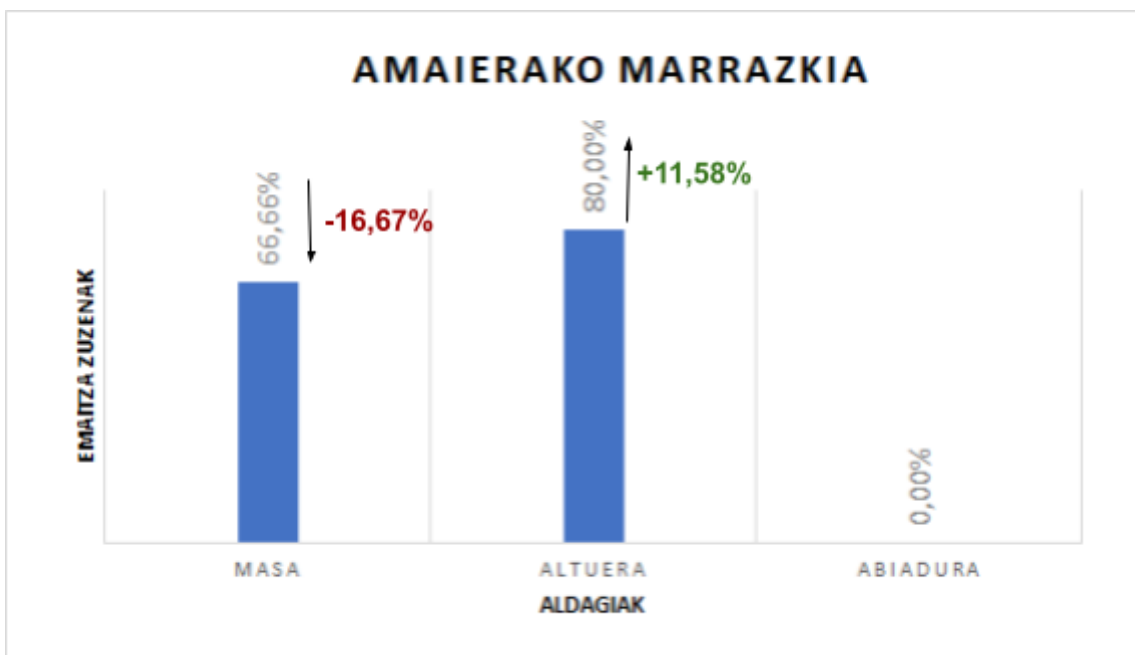
Amaierako galdetegian aldagaiak marrazkien eta galdera-sorta baten arabera neurtu dira. Amaierako galdetegian % 31,58ko eta % 20ko hobekuntza egon zen altueran (% 100eko zuzentasuna) eta abiaduran (% 86,66eko zuzentasuna), hurrenez hurren. Aldiz, masaren ebaluazioan (% 25eko zuzentasuna) % 67,55ko okerragotzea egon zen (3. Grafikoa). Masarekin zerikusia duen galderan, erantzunen % 44,66a deuseztatu ziren galdera gaizki formulatu zelako.

Amaierako galdetegiaren jarduera praktikoan (marrazkian), hiru egurrezko bloke jaurtitzeko egitura bat sortu behar zuten eta 5 kg-ko edo 10 kg-ko masa duen bola bat hautatu. Ikasleen $\frac{2}{3}$ -ak 10 kg bola aukeratu zuten, berriz, herenak 5 kg-ko bola. Marrazkietan, % 16,67ko okertzea eta % 11,58ko hobekuntza egon zen masan (% 66,66eko zuzentasuna) eta altueran (% 80eko zuzentasuna), hurrenez hurren. Abiaduran ikasleen % 93,33ek huts egin zuten, eta beraz, emaitza hori deuseztatu da, eztabaidan horren atzean dagoen arrazoia azalduko da (4. Grafikoa). Amaierako galdetegian bi galdera ireki egin zitzairen: “Zer ikasi duzu?” eta “Jarduera gustatu zaizu?”. Ikasleen % 100ari jarduera gustatu zitzaion eta berriro errepikatuko lukete (6. Grafikoa).



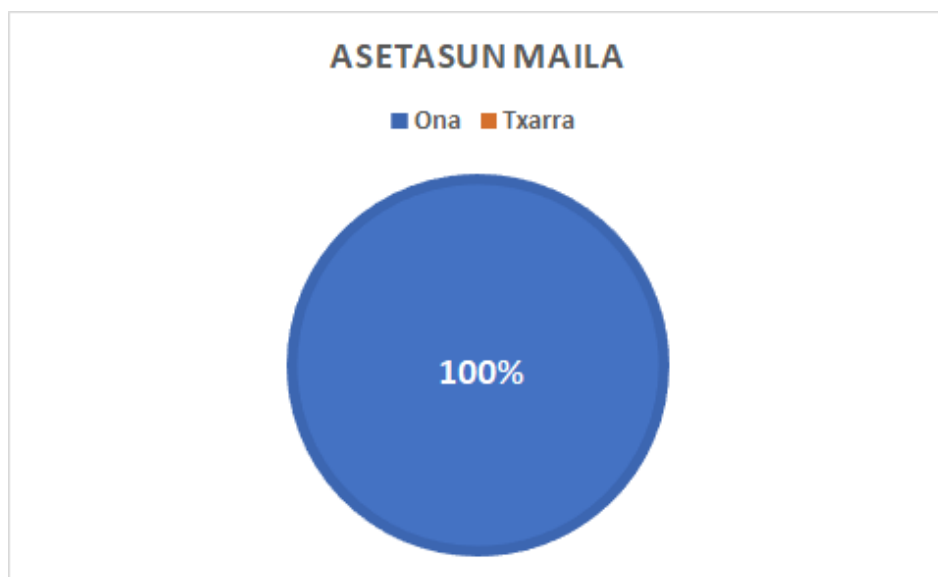


3. Grafikoa: Galdeategiaren emaitza zuzenak portzentualki, neurtutako hiru aldagaietan: masa, altuera eta abiadura. Hasierako galdeategiarekiko aldaketak azaltzen dira ere kolore berdearekin (irabazientzat) eta gorriarekin (galerentzat).



4. Grafikoa: Marrazkien emaitza zuzenak portzentualki, neurtutako hiru aldagaietan: masa, altuera eta abiadura. Hasierako galdeategiarekiko aldaketak azaltzen dira ere kolore berdearekin (irabazientzat) eta gorriarekin (galerentzat).





8. **Grafikoa:** Ikasleen asetasun maila.

Ikaskuntzari dagokionez, gehien errepikatu zen esaldia hau zen: “Gero eta malda altuago izan, bolak orduan eta energia gehiago izango du”. Beste ikasle batek “bola, arrapala eta blokeekin energia gehiago sor daitekeela, eta aulki edo estutxe batekin ere bai.” aitortu zuen. “Nola eman energia pilota bati.”, “Nola hartu potentzia pilota bat jaurtitzean” edo “Dena izan dezakeen abiadura guztia.” bezalakoak jaso ziren beraien esperientzietatik. Dirudenez, energiaren aldagaien artean gehien barneratu zen aldagai abiadura da. Ikasleen % 80-ek energia kontzeptua erabili zuten erantzunak arrazoitzeko. Zenbait kasuetan bulkada edo potentzia terminoak erabili ziren, baina esanahia berdinarekin. Horrez gain, arrapala bakoitza ebaluatu zen eta hurrengo taulan emaitzak jasotzen dira.

Jarrerei dagokienez, arazoa identifikatzeko eta diseinuak sortzeko gaitasuna hobetu egin zen lehen saiotik bigarrenera. Lehen saioan, helikopteroak helburu ludikoekin marrazten zituzten ikasleak ikusi ziren, eta frustrazio sentimendu orokor bat zegoen batzuetan prototipoaren hobekuntza zailtzen zuena. Bigarren saioan, pentsamendu-sistemak (*systems of thinking*) hobetu ziren, baina ikaskideen arteko komunikazio eta lankidetzaren arazoak nagusiagoak izan ziren, geroago, lan honen eztabaidan azalduko dira portaera horien arrazoiak (ikusi 5. taula). Bestalde, “materializazio fasea” izan zen gehien kostatu zitzaien fasea, alegia, diseinutik hiru dimentsioko egitura bat sortu arte dagoen tarteko prozesua. Azkenik, egur bloke kopuru handiagoa eraitsi, beren kabuz eutsi eta zenbait aldagai konbinatzea lortzen zuten egiturek lortu zuten puntuaziorik handiena ebaluazio errubrikan (ikusi 6. taula).



5. Taula: Jarrerren ebaluazioa errubrikaren arabera.

NASA	ITEMA	EBALUAZIOA KUALITATIBOA
Systems of Thinking	Planteatutako erronka identifikatzeko gai da.	Haur batzuk hasieran pentsatzen zuten helikopteroa besterik ez zela egin behar, orduan hasi ziren marrazten. Azkenik, prototipo hori hobetu behar zutela azaldu zitzairen.
	Materiala eta helikopteroaren ezaugarriak egoki manipulatzeko dituzte.	Batez ere hegoen tamaina, material mota eta oinarriaren forma manipulatzeko zuten.
	Sortutako prototipoa kritikoki ebaluatzen du.	Prototipoa hobetzeko xedearekin, helikopteroaren ahulguneak detektatzeko gai ziren.
	Esperimentuetako gertaerak errealitateko fenomenoekin erlazionatzeko gai da.	Helikopteroaren mugimendua haizagailu baten eta <i>Mars Ingenuity</i> -ren funtzionamenduarekin erlazionatzeko gai izan ziren.
	Erronka gehigarrietan parte hartzen du.	Ikasle gehienak lehen erronkan geratu ziren.
Sormena	Prototipo originalak sortzen ditu.	Helikopteroak askotarikoak ziren eta diseinu oso desberdinak zituzten.
Emozionala eta Optimismoa	Lehiaketan era osasungarri batean parte hartzen du.	Taldeko erakustaldian, oro har, giroa osasuntsua zen, baina talderen batek helikopteroa berandugago botatu zuen aldi bereko jaurtiketan, hegaldi-denbora gehiago zuela itxura egiteko.
Kolaborazioa eta Komunikazioa	Ikaskideen iritzia kontuan hartzen du eta laguntza eskaintzen du.	Arazo nagusietako bat zen hasieran ikasle bakoitzak helikoptero bat nahi zuela eta ez zutela taldean lan egin nahi.
Kontsiderazio Etikoak	Materiala egoki erabili eta zaindu du.	Materiala behar bezala erabili zuten.
ARRAPALAK	ITEMA	EBALUAZIOA KUALITATIBOA
Systems of Thinking	Planteatutako erronka identifikatzeko gai da.	Saioaren helburua erraz ulertu zuten.
	Bolen tamaina eta masa ezberdinak manipulatzeko dituzte.	Bola astunenak azkar identifikatzen zituzten, baten batek eskuekin konparatuz, beste batzuek baskula erabili zuten.
	Aldagaiak banan banan errepikatzen ditu.	Aldagaiak bakarka manipulatzeko zuten aldaketek funtzionatzen zuten ikusteko. Adibidez, hasiera masa eta gero altuera.
	Behin baino gehiagotan errepikatzen du esperimentua.	Prototipoa behin baino gehiagotan testatzen zuten arrapalaren fidagarritasuna neurtzeko.
	Diseinu erronkak proposatzen ditu.	Materializazio fasea erronka zailena izan zen.
Sormena	Prototipo originalak sortzen ditu eta materiala era ezberdinetan erabiltzen du.	Kanpoko elementuen erabilera sormen prozesua aberastu zuen, adibidez, mahaien, aulkien eta estutxeen erabilera. Talde batek erreazio kate moduko arrapala bat sortu zuen.
Emozionala eta Optimismoa	Frustrazioa ongi kudeatzen daki.	Egitura ez egonkorren sorkuntza blokeo lurreratzea galarazten zuten, eta horrek erregulatu behar zuten frustrazioa eragiten zuen.
Kolaborazioa eta Komunikazioa	Ikaskideen iritzia kontuan hartzen du eta laguntza eskaintzen du.	Zurezko bola bat galdu egin zen, eta bi taldeek bola bat partekatzea eta bere edukitaz eztabaidatzera behartu zituen. Halaber, taldeen zenbait liderrek diseinuari buruzko erabakiak hartzen zituzten iritzia kontsultatu gabe.
Kontsiderazio Etikoak	Segurtasun neurriak kontuan hartzen ditu eta erantzulea da egitura apurtzen denean.	Arrapalak behar bezala zaindu ziren, baina ikasle batzuk ez ziren arduratzen jaurtitako boleak (batez ere kanikak).



6. Taula: Arrapalen ebaluazioa errubrikaren arabera.

IRUDIA	OHARRAK	Puntuazioa (X/6)
	<ul style="list-style-type: none"> • Bloke guztiak lurreratzen ditu. • Aulkiak erabiltzen dira. • Egitura bera bakarrik eusten da. • Masa eta altuera erabiltzen da. • Erreakzio kate bat sortzen da. 	<p>4</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Bloke guztiak lurreratzen ditu. • Aulkiak erabiltzen dira. • Egitura bera bakarrik eusten da. • Masa eta altuera erabiltzen da. • Ez da elementu gehigarrik erabiltzen. 	<p>3</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Bloke batzuk botatzen dira. • Aulkiak erabiltzen dira. • Giza euskarria dago. • Hiru aldagaiak erabiltzen dira. • Ez da elementu gehigarrik erabiltzen. 	<p>2,5</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Ez da blokerik botatzen. • Bakarrik emandakoa erabili dute. • Ez dago giza euskaririk. • Bakarrik masa erabili dute. • Ez da elementu gehigarrik erabiltzen. 	<p>2</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Bloke batzuk botatzen dira. • Aulkiak erabiltzen dira. • Giza euskarria dago. • Altuera eta masa erabili dute. • Ez da elementu gehigarrik erabiltzen. 	<p>1,5</p>



9. EZTABAIDA

Eztabaida honek hiru zati nagusi izango ditu: hasierako galdetegiaren emaitzen inguruan gogoeta bat egingo da, beranduago, interbentzioan egindako behaketak kualitatiboki interpretatuko dira, amaitzeko, amaierako galdetegiaren emaitzak aztertuko dira.

Hasierako galdetegian, salbuespen batzuk kenduta, emaitzak onak izan ziren. Orokorrean ikasleek zuzen erantzuten zuten, baina erantzunetan argudiaketa falta sumatzen zen. Erantzunak arrazoitzen ez direnean, zorizko erantzuna izateko arriskua dago, eta hori gertatu ez dadin, ikasleak trebatu behar dira. Galdetegiaren lehendabiziko galdera erantzuteko, Pisako dorretik Galileo masa ezberdinetako bi bola askatzen irudikatzen da. Ikasle batzuk galdera nahastu zuten Galileok egindako esperimendu famatuarekin non masa ezberdinetako bi objektu askatzean aldi berean lurreratzen diren, beraz, nahasmenduak saihesteko beste testuinguru bat aukeratzea hobesten da (ikusi 1. eranskina). Era berean, abiaduraren galderan huts egite asko daude (% 52,63), beste galderetan ez bezala, erantzuna asmatu behar dute, aukeratu ezin delako, beraz, abstrakzio maila altua behar da. Gainera, ikasle batzuen esanetan, bolari abiadura ematea tranpa bezala kontsideratzen zuten.

Interbentzioa bi egun ezberdinetan burutu zen, astebeteko espazioarekin. Lehendabiziko esperientzia zenez, NASA-ren arazo-egoera powerpoint formatu batean aurkeztu zen, euskarri bisuala eman ahal izateko eta atazaren ulermena errazteko (ikusi 5. eranskina). Ikasle batzuk erronka ez zuten ongi ulertu eta lehenengo prototipoa egin ondoren, hegazkina margotzen hasi ziren. Ingeniaritza praktikak izan dezakeen alderdi ludikoa edo artistikoa ez da zertan txarra izan behar, eta ez da guztiz baztertu behar, azken finean, haurrak dira eta interbentzioa hezkuntza esparruan kokatzen da. Edonola ere, irakasleek gai izan behar dira ikasgela baten jarrera birbideratzeko saioaren helburuetatik ateratzen denean. Oro har, ikasleek jardueraz gozatu zuten, baina askotan frustrazioa sentitu zuten, jatorrizko prototipoa hobetzea zaila zelako. Aldagai ugari manipulatu zituzten, baina normalean diseinu simetrikoenak arrakastatsuenak ziren. Beste arazo bat materiala konpartitzearena izan da, ikasle bakoitzak berarentzat hegazkin bat egin nahi zuen, taldean lan egin beharrean. Azkenean, denbora mugatu zitzaie eta talde bakoitzeko hegazkin bakarria aurkeztera, era horretan, taldean lan egiten hasi ziren. Saioari itxiera emateko, jarduera metakognitibo bat egin zen eta talde bakoitzetik ordezkari bat aukeratu zen, hegazkinen sortze prozesua azaltzeko eta funtzionamenduaren erakustaldia egiteko.

Arrapalen saioaren egitura antzekoa zen, baina saio honetan ez zen powerpointik prestatu. Zuzenean materiala banatu zitzaie eta erronka azaldu zen. Saio honetan bi arazo nagusi egon ziren; hasteko, lau kutxa prestatu ziren masa ezberdinetako bolekin, kutxa guztiek zurezko bola bat zeramaten, eta bola hori aukeratzea giltzarria zen erronka gainditzeko. Kutxa batean funtsezko bola falta zen eta beraz, bi taldeen artean egurrezko pilota partekatu behar zuten. Hau ez zen batere erraza izan, eta jarreraren aldetik harreman areritsuak behatu ziren. Bigarren zailtasuna zen ikasle gehienek zuzenean materiala manipulatu hasi zirela, paperean diseinua egin aurretik. Hau ingeniariaren praktiken zailtasun handienetarikoa izan daiteke, alegia, diseinua egiteko momentuan ikasleen materiala manipulatzeko gogoak kudeatzea. Dena den, saioak alderdi positiboak izan zituen; haur batek pilotak baskulan pisatzeko interesa erakutsi zuen eta beste talde batek arrapalen egituraren erreakzio kate bat egitea lortu zuen (ikusi 8. eranskina). Honen harira, ikasleei



ikasgelan dauden elementuak (aulkiak, mahaiak, estutxeak, etab.) eta gorputz atalak erabiltzeko baimena eman zitzairen, arrapalei altuera eman ahal izateko. Amaitzeko, aurreko saioan egin zen bezala, talde bakoitzak egindakoaren erakustaldia egiteko hiru saiakera izan zituen, agerian jartzeko blokeen jaurtiketa beti betetzen den ala ez. Orokorrean bi saioetan irakaslearen eta ikertzailearen rola betetzea aldi berean, ez zen batera erraza izan. Datuak jasotzea eta oharrak idaztea, ikasleen beharrak erantzuten diren bitartean zailtasun handiko ataza izan zen.

Amaierako galdetegia marrazki eta galdera-sorta baten bidez egin zen, eta altueran izan ezik, beste aldagaiekin konplikazioak egon ziren. Ikasleek arrapalaren marrazkian ez zuten abiadura irudikatu, beraz, ez zen posible hori neurtzea. Abiadura bektoreekin irudikatzen ez bada, zaila da estatikoa den irudi batean mugimendua marraztea, gutxienez, aldezturik irakatsi behar zaie. Masarekin jarraituz, marrazkian 5 kg-ko eta 10 kg-ko bola baten artean aukeraketa bat egin behar zuten eta askok (% 33,34) 5 kg-ko bola aukeratu zuten bolumen handiagokoa zelako (ikus 2. eranskina). Ikuskera alternatiboa izan daiteke pentsatzea bolumen handiko objektuak astunagoak izango direla (Allen, 2014). Galdetegian ere masarekin arazoak egon ziren, kamio baten edo kotxe baten artean zeinek daukan energia gehiago galdetu zitzairen, ikasle askok argudiatu zuten kotxea zela azkarrago higitzen delako. Arazoa da galdetegian ez zela zehaztu biek abiadura berdinean desplazatzen zirela, beraz, emaitza asko deuseztatu ziren (% 46,66).

a. Ondorioak

Lan honen helburuetara erreparatuz, lehenik eta behin azpimarratu behar da ingeniariaren praktikek LH-en energiari buruzko edukiak lantzeko balio dutela. Galdera-sortako erantzun kualitatiboetan ikus daitekeenez, haur gehienek ikasi zuten nola eman energia pilota bati hainbat aldagai manipulatu. Oso bitxia da haur batzuk abiadurari buruz egindako aipamen berezia, altuerari eta masari ez bezala, eta hori etorkizunerako aztergaia izan liteke. Emaitza kuantitatibo hain onak lortu ez izan arren, horrek ez du esan nahi emaitzak kongruenteak ez direnik, eta hurrengoak izan daitezke azalpenak:

1. Arazo metodologikoak. Arrapalen kaxa guztietan bola kopuru bera jarri ez izana, haurrei abiadura marrazten irakatsi ez izana eta azken galdesortako galderetako bat gaizki formulatu egin izana.
2. Ikuskera alternatiboa. Objektu bat zenbat eta handiagoa (bolumenaren aldetik) izan, orduan eta masa handiagoa izango duela pentsatzea Lehen Hezkuntzako ikasleen ohiko ikuskera alternatiboa da, baina erraz lan daiteke.
3. Ikaskuntza testuinguru erreala batera transferitzeko zailtasuna. Baliteke edukia teorian ikasi izana, baina gero errealitatean eramateko arazoak izatea, autoaren eta kamioiaren kasuan gertatzen den bezala.
4. Ikerketaren izaera: Ikerketa bi saiotan baino ez zen egin, eta ondorioz, zaila da emaitza esanguratsuak lortzea hain epe laburrean.

Lan honen ondorio garrantzitsuenetako bat da % 100-eko ikasleek jardueraren errepikatuko luketela, eta horrek erakusten du ikasleek ikaskuntza prozesuan gozatu zutela. Haien debozioaren eta motibazioaren erakusgarri, lan honetan zenbait egituren konplexutasunaren frogak aurkezten dira arrapalen saioan (6. taula).



Jarrereri dagokionez, azpimarratzekoa da ingeniartzako praktikek sormenezko eta irudimenezko prozesu oso garrantzitsu batean murgiltzen dituztela ikasleak, funtsezkoa baita proposatzen zaizkien erronkei aurre egiteko. Adibidez, haur bati zuhaitz bat margotzeko eskatzen zaionean, honek sarean bila dezake zuhaitza nola irudikatu eta antzeko marrazki bat egin, baina nahiz eta marrazten egon, ez dago sormen prozesurik. Aldiz, helikoptero baten edo blokeak eraisteko arrapala baten diseinua egiteko eskatzen bazaio, ez da sarean erraz bila dezakeen gauza bat, eta beraz, bere gaitasun kognitiboa erabili beharko du arazoa ebazteko. Horrez gain, ingeniartzako praktikak emozioak autorregulatzen irakasteko tresna izan daiteke, adibidez, frustrazioa, baina batez ere, talde lana sustatzeko. Azken horrekin kontu handia izan behar da, gaizki kudeatuz gero ikasleen arteko kutsu lehiakorra sor baitaiteke.

Lan honen emaitzek ingeniartzako praktiken inguruan dagoeneko ezagutzen diren onurak babesten dituzte: ikaskuntza kooperatiboa sustatzen du, sormena aktibatzen du eta ezagutza zientifiko-teknologikoak testuinguru erreal batera eramateko tresna hobeezina da (Kings eta English, 2016). Hezkuntza etapa edozein dela ere, ikasleen helburua ebidentzia erabiltzen jakitea da fenomeno azalpen zientifiko eta logiko bat emateko, edo ingeniartzako arazo baten konponbidea bilatzeko modelo bat sortzea. Askotan konponbide bat baino gehiago egon daiteke arazo bat ebazteko edo fenomeno bat azaltzeko, beraz, hainbat dimentsio aintzat hartuko dira, adibidez, denbora, dirua, baliabide materialak, etab. Konponbide posible guztietatik irtenbide egokiena aukeratuko da ebidentzian oinarrituz. Ebidentzia formatu ezberdinetan aurkeztu daiteke, esate baterako, aurkezpen grafikoen, ahozko aurkezpenen edo idatzien bidez (Bybee, 2011).

Aurretik esan den bezala, irakaslearen papera nabarmendu behar da, irakasleak eredu pedagogikoak erabili behar ditu ingeniartzako praktiken irakaskuntzan, hobe da ikaskuntza kooperatiboan arreta jartzea, eredu lehiakor batean jartzea baino. Ildo beretik, irakasleen formakuntza ezinbestekoa da, aldezturik ingeniartzako praktiken materiala manipulatu behar dute eta tresna ezberdinen mugak ezagutu behar dituzte, ikasleen ezaugarrietara ongi egokitzen diren erronkak proposatu ahal izateko. Zalantzarik gabe, ikasleentzat materializazio fasea zailena da, alegia, diseinutik hiru dimentsioko egitura bat sortu arte dagoen tarteko prozesua, beraz, irakasleak prozesu hau errazteko erremintak eman behar ditu (Couso eta Simarro, 2021).

STEM-eko arloei dagokionez, ingeniartzako eta zientzien arteko ezberdintasun epistemikoak nabarmendu behar dira. Prototipo bat sortzerako garaian, zientziaren edo ingeniartzaren arabera helburu ezberdinekin egiten da. Zientziaren kasuan, modelo bat fenomeno bat azaltzeko balio du eta praktiken amaierako produktu gisa funtsezkoa da, ingeniartzan aldiz, prototipo bat amaierako produktuaren forma sinplifikatua da eta testak eta ebaluazioak egiteko balio du.

STEM hezkuntza ereduaren sustapena asko eztabaidatu da azken urteko hezkuntza biltzarretan. Zalantzarik gabe, zientzia arloko esparru ezberdinen integrazioaren bidez, hezkuntza curriculum askoren noranzkoa markatu du, eta asko ikertu den gaia da (Johnson et al., 2020). STEM diziplinen barruan, ingeniartzako aurkitzen da, eta "Framework of the National Research Council" (USA, 2012) izeneko markoan, lehen aldiz ingeniariatzako gizartean duen lekua aldarrikatzen saiatu zen. Marko honek gizakiak eraiki duen munduaren garrantzia islatu nahi du, eta zientzien, teknologiaren eta ingeniartzaren irakaskuntza aitortu.



Era berean, teknologia eta ingeniariak STEM heziketaren erdigunean kokatzen direnean, dirudenez desoreka bat sortzen da beste diziplinekiko, non ingeniariak eta teknologiak zentralizazioa eta espazio gehiago izaten duten eta zientziaren eta matematikaren lekua, bakarrik arazo egoeren testuinguruan edo instrumentu/tresnetan islatzen diren. Hortaz, gaur egungo STEM hezkuntzak arreta gehiago jartzen du teknologiaren erabilera eta askotan gizarteko testuinguruetatik aldentzen da. Hori dela eta, ingeniariaren eta teknologiaren irakaskuntza, eta ondorioz STEM hezkuntza, ikuspegi *teknozentrikoa* izateagatik asko kritikatu da, esate baterako, STEM-eko “T”-ak bakarrik informatikarekin erlazionatzen denean. Hurbilketa hau “STEM”-ek duen ikuspegi diziplinartekotik asko urruntzen da eta profil batzuk STEM-ko diziplinetatik alienatzen ditu, adibidez, neskak ingeniarietatik (Moote et al., 2020).

Bukatzeko, arrapalen aukera hezigarriak goraipatu behar dira. Egurrezko arrapalek, baliabide bat gehiago dira, beste aukera batzuen artean eta lan honetan Euskal Herriko Unibertsitateko (EHU) Hezkuntza eta Kirolen fakultateko laborategian eskuragai daudelako erabili dira. Arrapalen erabilera ikasleen artean % 100eko atxikimendua lortu zuen eta horrek azalarazten du material sofistikatuak ez dela beharrezkoa ingeniarietako praktikak eskolara eramateko. Laburbilduz, hastapen bezala aukera egokia da ikerketa honetan egin den esku-hartzea ingeniarietako praktikak inoiz egin ez den eskola batean eta gainera, baliabide teknologiko gutxiako eskolatan ez zen inolako arazorik egongo, behin erositako materiala nahi adina aldiz erabili daiteke eta ikerketa honetan agerian jarri den bezala, energiaren inguruko edukiak irakasteko balio dezake.

b. Mugak

Interbentzio honi kritika anitz egin ahal zaizkio: taldearen izaera oso homogeneoa zen, Gasteizko eskola pribatu batean egin zen eta ikasle gehienagoa estatus sozio-ekonomiko altuko familietatik zetorren. Talde homogeneoak ez dira hain esanguratsuak, datuak gizarteko beste talde batzuetara estrapolatu ezin direlako. Gainera, esku-hartzearen iraupena ez da oso luzea izan eta zenbait kasuetan, ikasleek ez zeuden oso trebatuta, adibidez, azalpen garatuak emateko.

Horrez gain, eskolatik traba batzuk jarri dituzte ikerketa burutu ahal izateko. Hasierako eta amaierako galdetegiaren emaitzak jasotzeko eskaintako denbora beharrezko baino gutxiago izan zen eta are gehiago, eskuhartzean ez da kanpoko laguntzarik egon, beraz, irakaslearen eta ikertzailearen rola batera betetzea ez du datuen eta ebidentziaren bilketa erraztu.

Bestalde, eztabaidan aztertu den bezala, pre eta post galdetegiaren arazo metodologiko batzuk egon dira eta galdera batzuk birformulatu beharko liriateke. Amaitzeko, ez dira lortu prototipoekin konparazioa egiteko adina diseinu paperean, eta alde horretatik lana hobetzeko dauka.

c. Hobekuntza Proposamenak

Hurrengo GRAL bati begira, Nasa jardueratik arrapalen jarduerara egon diren ezberdintasunak aztertzea interesgarria izango litzateke, hau da, behatzea zenbat taldeek lortu duten pasatzea diseinutatik prototipora (materializazioa), eta ikustea ea hobekuntzarik egon den ala ez. Lan honetan ez da aukerarik egon hori aztertzeko diseinuen faltagatik, 7. eta 8. eranskinetan Nasa eta arrapalen diseinuak ikusten dira eta diseinu bakoitzari



dagokion prototipoa. Adibide pare bat daude jarduera bakoitzetik baina lagina ez da nahikoa datuen analisi estatistikoa aurrera eramateko.

Bigarrenik, oso interesgarria litzateke ikasleen artean ko-ebaluazioa egitea, datu base handiagoa izateko eta pertsonen arteko portaerak hobeto ezagutzeko. Batzuetan, irakaslea/ikertzailea ez delako guztia atzemateko gai, eta interesgarria litzateke haurrek beste jarrarei buruz duten pertzepzioa ezagutzea.

Beste aukera interesgarri bat izango litzateke haurren diseinuak eta prototipoak unibertsitateko Lehen Hezkuntzako ikasleekin alderatzea, jarduera horiek ere Natur Zientziak irakasgaiaren laborategiko saioetan egiten baitira. Azterketa konplexutasunaren edo sorkuntza-prozesuaren arabera egin liteke.

Bestalde, justifikazio akademikoan azaldu den bezala, ikerketa hau genero ikuspegitik ikertu zitekeen, zehazki, jarreraren behaketan. Mutil eta nesken jarrerak independenteki behatuz, lidergo rola eta erabaki garrantzitsuak nork hartzen dituen, kontrako generoaren iritziak errespetatzen diren, esparru zientifiko teknologikoetako gizarte estereotipoak errepikatzen diren ala ez aztertu liteke.

Bukatzeko, ingeniariartzako praktiken faseak ikasi dituzten ezagutzea interesgarria izango litzateke. Lehenengo esku-hartzean fase bakoitza era praktikoa batean azaldu zen, baina amaierako ebaluazioan ez zen neurtu faseak bereizten zituzten ala ez. Gelan kartelak itsats daitezke, ikasleek zein fasetan dauden jakin dezaten.



10. ERREFERENTZIAK

- 3/2020 Lege Organikoa, abenduaren 29koa, Hezkuntzari buruzko maitzaren 3ko 2/2006 Lege Organikoa aldatzen duena (2020ko abenduaren 30ko *BOE*, 340. zk, 86 or).
- 77/2023 Dekretua, maitzaren 30ekoa, Oinarrizko Hezkuntzaren curriculuma zehaztu eta Euskal Autonomia Erkidegoan ezartzekoa (2023ko ekainaren 9ko *EHAA*, 109. zk, 374 or).
- Allen, M. (2014). *Misconceptions in primary science*. McGraw-Hill Education (UK).
- Arik, M., eta Topçu, M. S. (2020). Implementation of engineering design process in the K-12 science classrooms: Trends and issues. *Research in Science Education*, 1-23.
- Arthur, W. B. (2011). *The nature of technology: What it is and how it evolves*. Simon and Schuster.
- Bybee, R. W. (2011). Scientific and engineering practices in K-12 classrooms: Understanding a framework for K-12 science education. *Science and Children*, 49(4), 10.
- Counsell, S. L. (2011). Becoming science “experimentors”: Tenets of quality professional development and how they can reinvent early science learning experiences. *Science and Children*, 49, 52-56.
- Counsell, S. L., & Sander, M. (2016). Using ramps in diverse learning communities. *STEM learning with young children: Inquiry teaching with ramps and pathways*, 154-185.
- Counsell, S. L., eta Wright, B. L. (2016). Science Learning for ALL Young Scientists: Exploring, Investigating, Learning, and Growing Together With Ramps and Pathways in Diverse Settings. *Childhood Education*, 92(5), 365-372.
- Couso, D., eta Simarro, C. (2020). STEM education through the epistemological lens: Unveiling the challenge of STEM transdisciplinarity. *Handbook of research on STEM education* (pp. 17–28). Taylor and Francis Inc.
- Cunningham, C. M., eta Carlsen, W. S. (2014a). Precollege engineering education. *Handbook of research on science education* (pp. 747-758). Routledge.
- Cunningham, C. M., eta Carlsen, W. S. (2014b). Teaching engineering practices. *Journal of science teacher education*, 25(2), 197-210.
- Cunningham, C. M., eta Lachapelle, C. P. (2014). Designing engineering experiences to engage all students. In J. Strobel, S. Purzer eta M. Cardella (Eds.), *Engineering in pre-college settings: Synthesizing research, policy, and practices*. Lafayette, IN: Purdue University Press.
- Crismond, D. P., eta Adams, R. S. (2012). The informed design teaching and learning matrix. *Journal of Engineering Education*, 101(4), 738–797.
- Freeman, S., Eddy, S. L., McDonough, M., Smith, M. K., Okoroafor, N., Jordt, H., eta Wenderoth, M. P. (2014). Active learning increases student performance in science,



- engineering, and mathematics. *Proceedings of the national academy of sciences*, 111(23), 8410-8415.
- García-Carmona, A. (2023). Integración de la ingeniería en la educación científico tecnológica desde un prisma CTS. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 41(1), 25-41.
- Hernández-de-Menéndez, M., Vallejo, A., Tudón, J. C., Hernández, D., eta Morales, R. (2019). Active learning in engineering education. A review of fundamentals, best practices and experiences. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, 13, 909-922.
- Honey, M., Pearson, G. eta Schweingruber, H. (2014). *STEM Integration in K-12 Education*. The National Academies Press
- ITEEA y CTETE (2020). *Standards for Technological and Engineering Literacy*.
- Johnson, C. C., Mohr-Schroeder, M. J., Moore, T. J., eta English, L. D. (2020). *Handbook of research on STEM education* (1st ed.). Routledge.
- Karatas, F. O., Micklos, A., eta Bodner, G. M. (2011). Sixth-grade students' views of the nature of engineering and images of engineers. *Journal of Science Education and Technology*, 20(2), 123–135.
- Katehi, L., Pearson, G., eta Feder, M. (2009). *Engineering in K12 Education: Understanding the Status and Improving the Prospects*. Washington, DC: National Academies Press.
- King, D., eta English, L. D. (2016). Engineering design in the primary school: Applying stem concepts to build an optical instrument. *International Journal of Science Education*, 38(18), 2762–2794.
- López-Simó, V. eta Couso, D. (2022) Un currículo operativo con 10 ideas clave sobre energía para construir a lo largo de la escolaridad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 19(3), 3501.
- Lucas, B., Hanson, J., eta Claxton, G. (2014). *Thinking like an engineer: Implications for the education system*. London: Royal Academy of Engineering.
- Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education. (2016). *2016 Massachusetts science and technology/engineering curriculum framework*. Massachusetts Department of Elementary and Secondary Education.
- Moote, J., Archer, L., DeWitt, J., eta MacLeod, E. (2020). Comparing students' engineering and science aspirations from age 10 to 16: Investigating the role of gender, ethnicity, cultural capital, and attitudinal factors. *Journal of Engineering Education*, 109(1), 34-51.
- NASA (2021eko apirilak 7). *Student project: Make a paper Mars Helicopter*. Make a Paper Mars Helicopter. <https://www.jpl.nasa.gov/edu/learn/project/make-a-paper-mars-helicopter/>



- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. The National Academies Press. 10.17226/13165.
- Oh, P. S., eta Oh, S. J. (2011). What teachers of science need to know about models: An overview. *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109–1130.
- Pohl, M. (2000). *Learning to think, thinking to learn: Models and strategies to develop a classroom culture of thinking*. Cheltenham, VIC, Australia: Hawker Brownlow Education.
- Simarro, C., eta Couso, D. (2021). Engineering practices as a framework for STEM education: a proposal based on epistemic nuances. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 1-12.
- Simarro, C., eta Couso, D. (2022). Didáctica de la ingeniería: tres preguntas con visión de futuro. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*.
- Zan, B., eta Geiken, R. (2010). Ramps and pathways: Developmentally appropriate, intellectually rigorous, and fun physical science. *YC Young Children*, 65(1), 12.



11. ERANSKINAK

1. Eranskina. *Hasierako Galdetegia.*

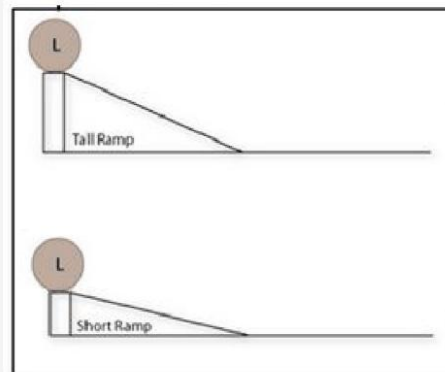


EL LABORATORIO DE IÑIGO



1. Un científico llamado Galileo subió un día hasta lo alto de la torre de Pisa y lanzó dos bolas de diferente peso. Una bola pesaba 2 kilos y la otra 5 kilos. ¿Cuál crees que hará un agujero más grande cuando llegue al suelo? Y por qué?

2. Tenemos dos rampas con diferente altura y dos bolas del mismo tamaño y peso. ¿Si dejamos caer las dos bolas, cuál de las dos llegará más lejos? Y por qué?



- 2.1 Imagínate que no podemos cambiar ni la altura ni el peso de las bolas, ¿cómo podríamos hacer para que las bolas lleguen más lejos?

Investigación Científica



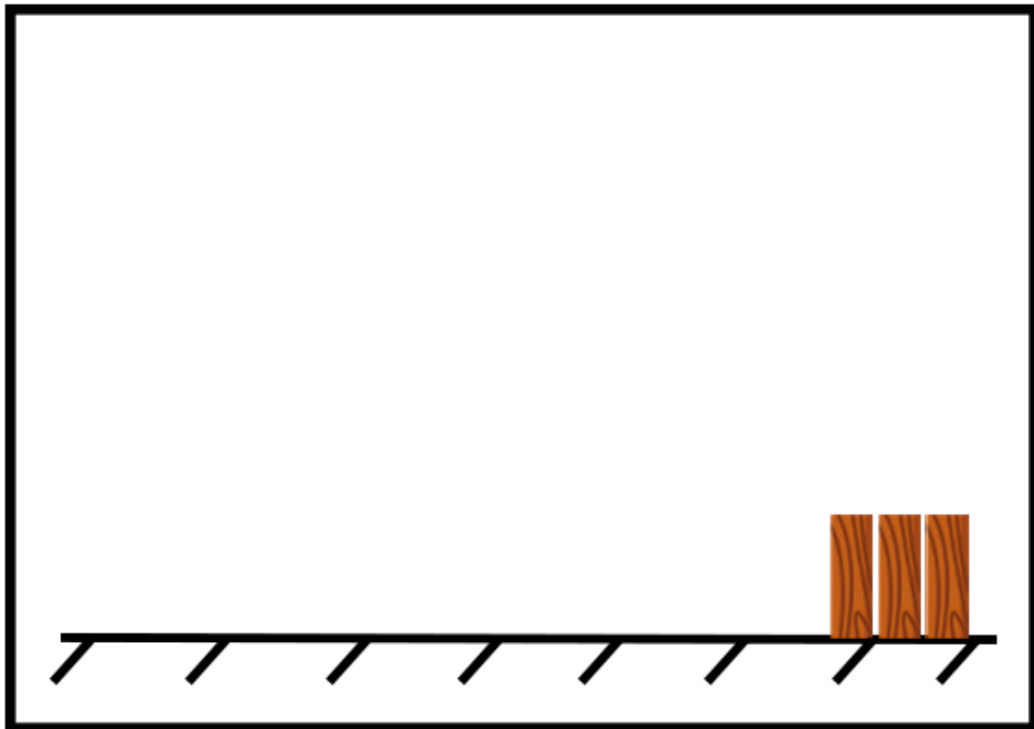
RAMPAS Y ENERGÍA

Dibuja una estructura para derribar las tablas y debajo escribe la explicación del diseño:

MATERIAL
(Elige solo una bola)



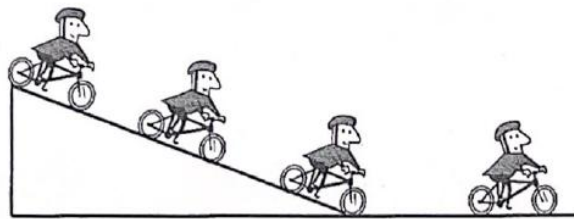
Elige la cantidad de rampas que necesites.



EXPLICACIÓN



3. Eranskina. Amaierako Galdetegia. Energiaren inguruko galderak.



A. B. C. D.

¿Dónde crees que tiene el ciclista mayor energía? Marca con una X tu respuesta en el recuadro y cuéntanos tus razones.

¿Cuándo crees que tiene más energía un coche?

Cuando va a 20km/h

Cuando va a 60 km/h

Marca con una X tu respuesta en el recuadro y cuéntanos tus razones.

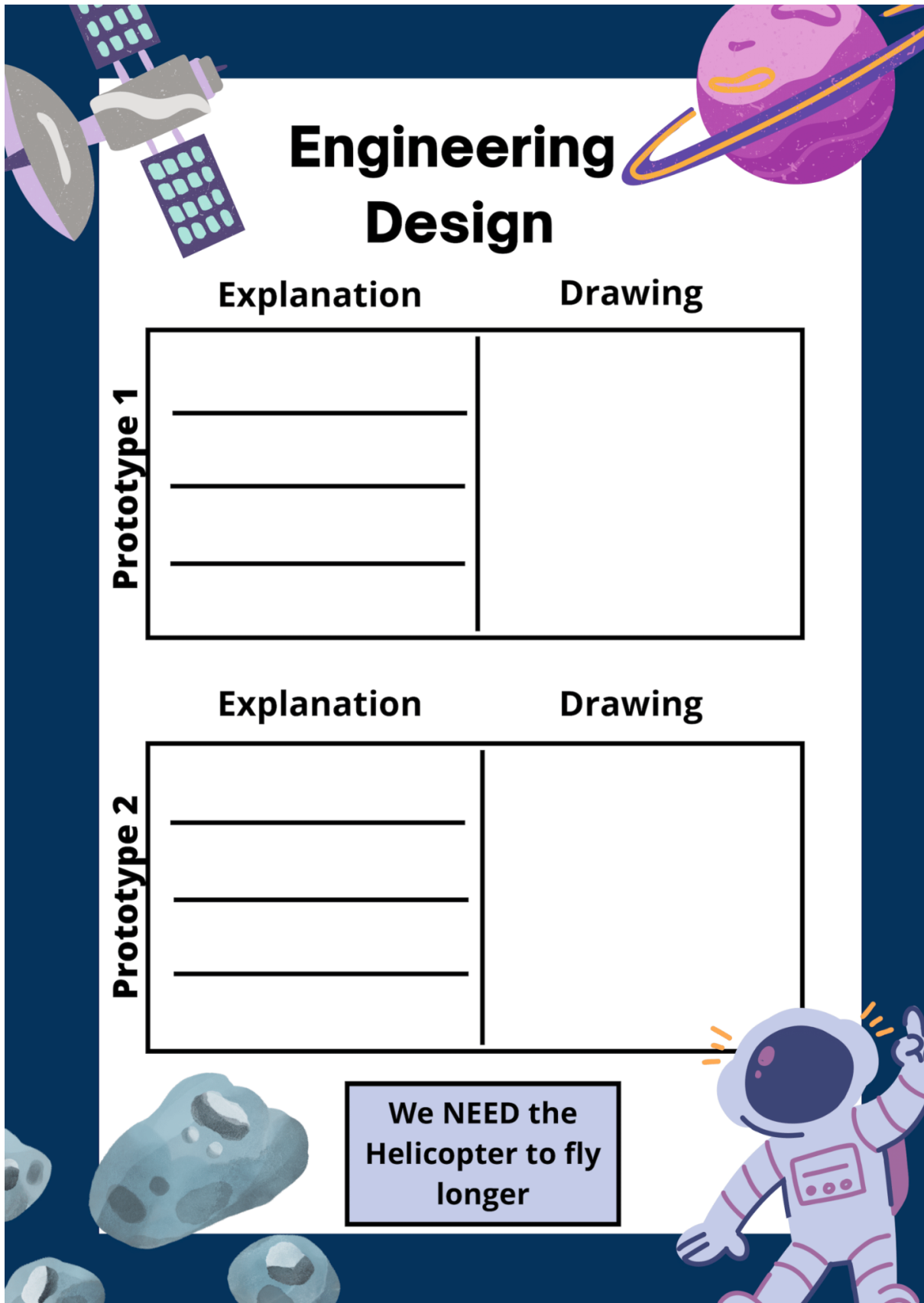
¿Cuál crees que tiene más energía?

Un coche

Un camión

Marca con una X tu respuesta en el recuadro y cuéntanos tus razones.



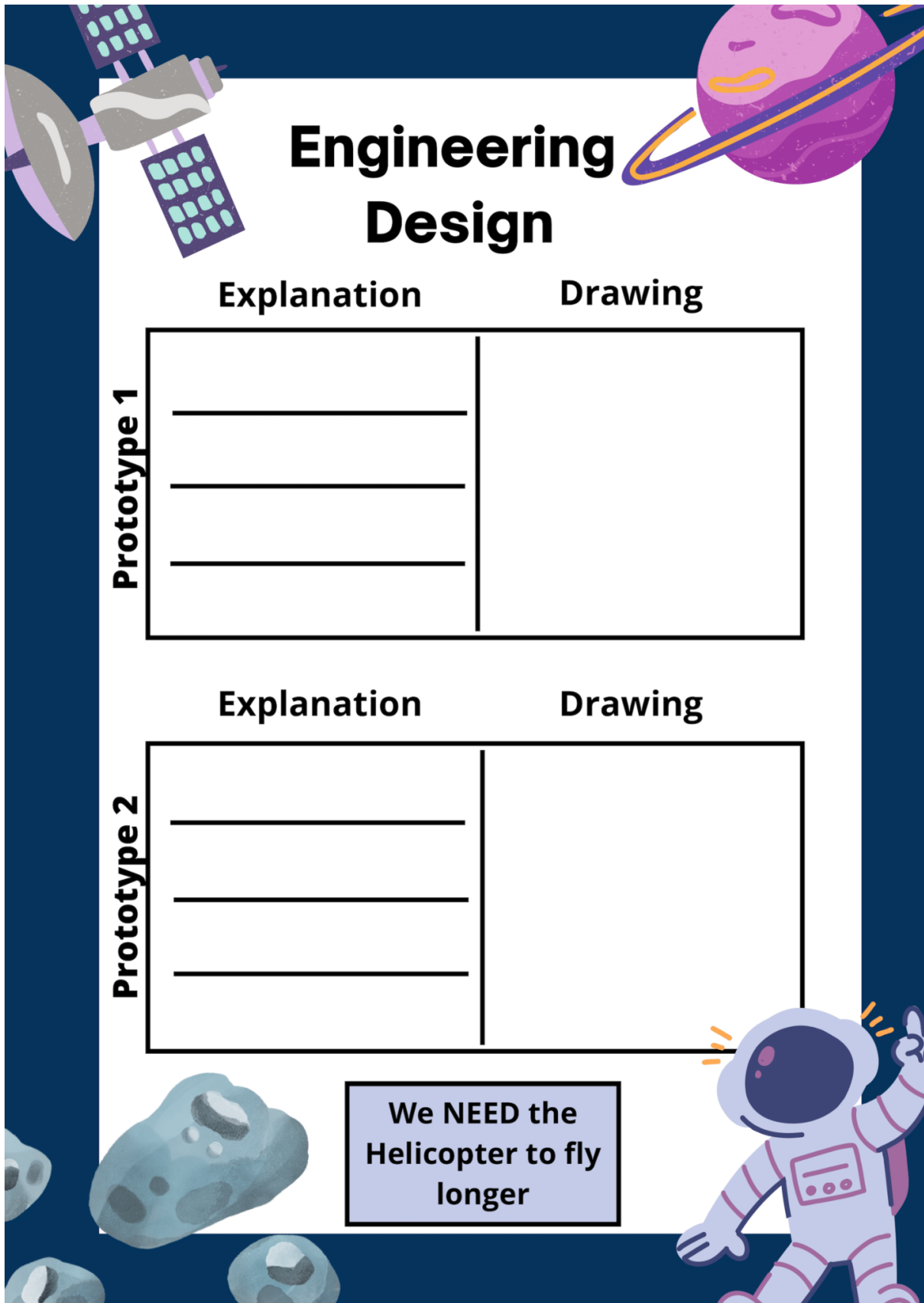


Engineering Design

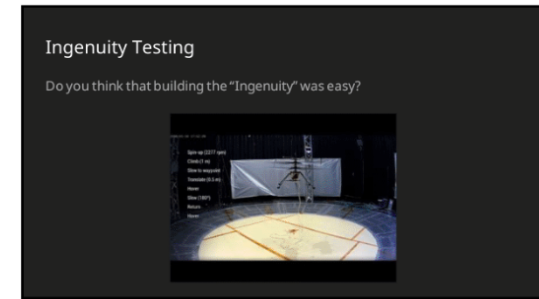
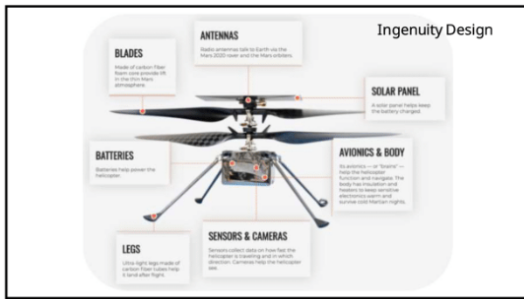
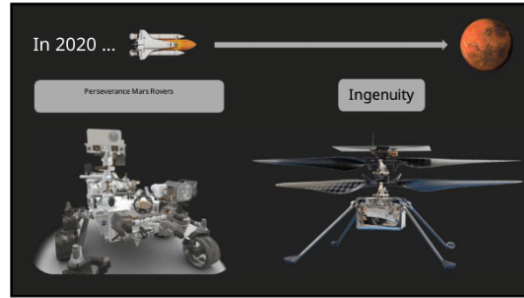
Explanation	Drawing
Prototype 1 _____ _____ _____	

Explanation	Drawing
Prototype 2 _____ _____ _____	

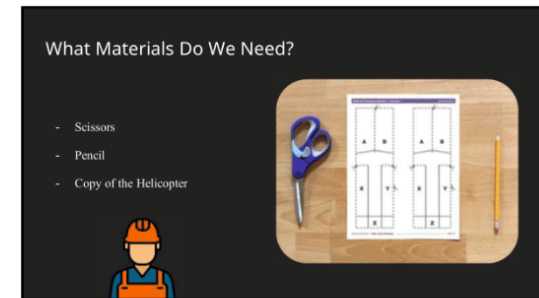
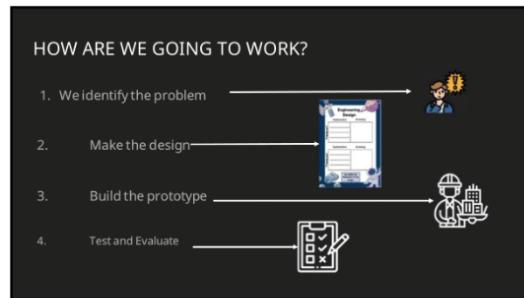
We NEED the Helicopter to fly longer



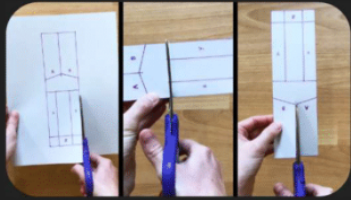
5. Eranskina. NASA jarduera.



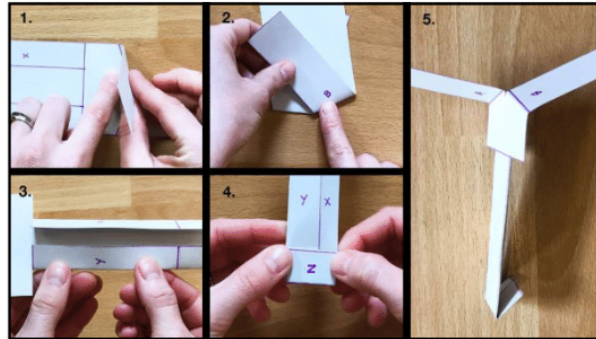
NOW IT'S YOUR TURN.



1. Cut Out the Helicopter



Cut only the dashed lines



3. Do a Test Flight

1. Which way do blades turn?

2. Drop the helicopter from a higher spot.



4. Compare

1. Make a paper-ball a compare with the helicopter.

- Which one falls faster?
- Can you guess why?



5. Experiment / Make a New Model

CHALLENGE: WE NEED THE HELICOPTER TO FLY LONGER!



- *Make one change and then try.*
- *How can we make the blades to move faster or slower?*

6. Extra Challenges

1. Which way your helicopter blades turn?

- a. What is a single change you can make to your helicopters to make them spin in the opposite direction?



EASY

2. How big of a helicopter can you make that will still work? How small of a helicopter can you make?

- a. What size works best?



MEDIUM

3. Can you count the number of rotations/spins that helicopter does?

- a. Design a system to count the number of rotations.



HARD

8. What Have We Learned?

- *Which helicopters reach the ground sooner: those that rotate faster or slower?*
- *Which changes did you make to the helicopter to fly longer?*
- *How was your experience designing and testing a paper helicopter?*
 - *Do you think it was similar the process of the Ingenuity Mars?*



6. Eranskina. Arrapala Jardueraren Materiala (talde bakoitzeko).



7. Eranskina. Ingeniaritzako Jarrerren Behaketa.

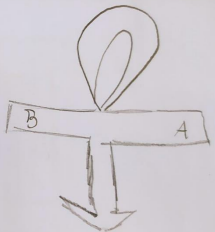
INGENIARITZA JARRERAK (NASA)				
Izen-abizenak				
Ebaluazioa	<i>Beti</i>	<i>Batzuetan</i>	<i>Inoiz</i>	<i>Behaketak</i>
SYSTEMS OF THINKING				
Planteatutako erronka identifikatzeko gai da.				
Materiala eta helikopteroaren ezaugarriak egoki manipulatzeko dituzte.				
Sortutako prototipoa kritikoki ebaluatzen du.				
Esperimentuetako gertaerak errealitateko fenomenoekin erlazionatzeko gai da.				
Erronka gehigarrietan parte hartzen du.				
SORMENA				
Prototipo originalak sortzen ditu.				
EMOZIONALA ETA OPTIMISMOA				
Lehiaketan era osasungarri batean parte hartzen du.				
KOLABORAZIOA ETA KOMUNIKAZIOA				
Ikaskideen iritzia kontuan hartzen du eta laguntza eskaintzen du.				
KONTSIDERAZIO ETIKOAK				
Materiala egoki erabili eta zaindu du.				

INGENIARITZA JARRERAK (ARRAPALAK)

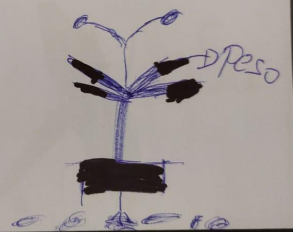
Izen-abizenak				
Ebaluazioa	<i>Beti</i>	<i>Batzuetan</i>	<i>Inoiz</i>	<i>Behaketak</i>
SYSTEMS OF THINKING				
Arrapalak eta blokeak manipulatzeko dituzte.				
Bolena tamaina eta masa ezberdinak manipulatzeko dituzte.				
Aldagaiak banan-banan errepikatzen dituzte.				
Behin baino gehiagotan errepikatzen du esperimentera.				
Diseinu erronkari proposatu dituzte.				
SORMENA				
Prototipo originalak sortzen dituzte eta materiala era ezberdinetan erabiltzen dute.				
EMOZIONALA ETA OPTIMISMOA				
Frustrazioa ongi kudeatzen daki.				
KOLABORAZIOA ETA KOMUNIKAZIOA				
Ikaskideen iritzia kontuan hartzen du eta laguntza eskaintzen du.				
KONTSIDERAZIO ETIKOAK				
Segurtasun neurriak kontuan hartzen ditu eta erantzulea da egitura apurtzen denean.				

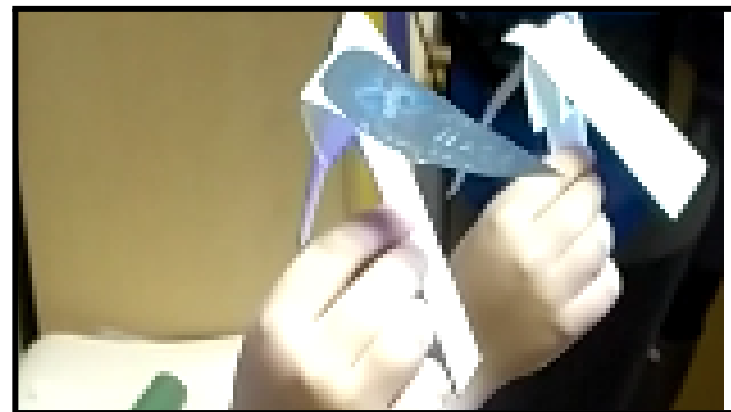
8. Eranskina. NASA Jardueraren diseinuak eta prototipoak

NASA. Diseinuak eta Prototipoak

Design	
Explanation	Drawing
Prototype 1 We made a parshut so it can go to land slower	



Design	
Explanation	Drawing
Prototype 1 Vuela con muchos elicesy mucho peso.	



9. Eranskina. ARRAPALAK. Jardueraren diseinuak eta prototipoak

ARRAPALAK. Diseinuak eta Prototipoak

