

INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA AUTOMATIKAREN
INGENIARITZAKO GRADUA

GRADU AMAIERAKO LANA

OBJEKTU SAILKATZAILE ETA GARRAIATZAILE AUTONOMOA

Ikaslea: Balbuena, Garcia, Unai

Zuzendaria : Sevillano, Berasategui, Maria Goretti

Ikasturtea: 2019-2020

Data: Bilbo, 2020, Otsailak, 10

LABURPEN HIRUELEDUNA

Euskara

Hitz gakoak: Garraio sistema, automatizazioa, ikusmen artifiziala, oztopo detekzioa, Arduino

Gradu Amaierako Lan honetan, industria munduan egin behar diren material eta produktuen garraioa era autonomo batean burutzeko gai den ibilgailu bat diseinatu eta eraiki da. Proposatutako garraio sisteman, ibilgailuak aurreprogramatutako ibilbideak jarraituko ditu objektuak toki batetik bestera modu efiziente eta eroso batean eramateko. Diseinatutako ibilgailuaren funtzionamendua segurua eta eraginkorra izan dadin ibilgailuan objektuak identifikatzeko eta oztopoak saihesteko sistemak integratu dira.

Ibilgailuak produktu bat toki batetik bestera eraman ahal izateko, lehendabizi hau detektatu eta identifikatu beharko du horretarako implementatutako sistema erabiliz. Identifikazio sistema horri esker, ibilgailuak produktu horretarako aurreprogramatuta duen ibilbide egokia aukeratuko eta jarraituko du objektua dagokion lekura eramateko.

Esan bezala, eraikitako ibilgailu autonomoan oztopoak saihesteko sistema bat ere inplementatu da. Sistema honek ultrasoinu sentsoreak erabiltzen ditu garraioa egiteko jarraitu behar den bidean oztoporen bat dagoen detektatzeko. Oztoporen bat topatzekotan, ibilgailua automatikoki gelditu egingo litzateke oztopoa bidetik desagertzen den arte. Sistema honi esker langileekin egon diren istripuak edota bidean eroritako objektuekin talka egiteko arriskuak murriztu ahal izango lirateke.

Garraioa burutzeko beharrezkoak diren sistemez gain, segurtasuna hobetzeko xedearekin, alarma moduan funtzionatzen duen adierazle bisual bat erabiltzea erabaki da. Elementu honek piztuta egongo da ibilgailua mugimenduan dagoen bitartean, horrela, nahiz eta ibilgailuaren ondoan ez egon, urrunetik antzeman ahal izango da ibilgailu autonomoa martxan dagoela istripuen arriskua ere murriztuz.

Gaztelania

Palabras clave: Sistema de transporte, automatización, visión artificial, detección de obstáculos, Arduino

En este Trabajo de Fin de Grado se ha diseñado y construido un vehículo capaz de realizar el transporte de materiales y objetos de manera autónoma. En el sistema de transporte propuesto el vehículo trasladará el objeto de un lugar a otro de manera eficiente y cómoda siguiendo unos caminos preprogramados. Además, para que el vehículo diseñado tenga un funcionamiento seguro y eficaz se le han integrado un sistema de identificación de objetos y un sistema para evitar obstáculos.

Para que el vehículo pueda transportar un producto de un lugar a otro primero tiene que detectar e identificar dicho objeto mediante un sistema que lleva incorporado y ha sido implementado para ello. Gracias a este sistema de identificación el vehículo escogerá y seguirá de manera adecuada el camino preprogramado para el producto a transportar y así llevarlo al lugar correspondiente.

Como se ha mencionado previamente, el vehículo dispone también de un sistema para evitar obstáculos. Este sistema utiliza sensores ultrasónicos para detectar posibles obstáculos en el camino a seguir. En caso de detectar algún obstáculo el vehículo se detendrá automáticamente hasta que el obstáculo desaparezca del camino. Gracias a este sistema se podrán evitar los posibles choques con trabajadores o con objetos caídos en el camino.

Además de los sistemas necesarios para el transporte y con intención de mejorar la seguridad se ha decidido utilizar una señal visual a modo de alarma. Este elemento estará encendido mientras el vehículo está en movimiento. De este modo se podrá observar que el vehículo está en marcha a pesar de no estar a su lado y así disminuir los posibles accidentes.

Ingelesa

Key words: Transportation systems, automated, artificial vision, obstacle detection, Arduino

In this Final Degree Project an autonomous vehicle has been designed. This vehicle is able to make all the necessary transports of material and products of the industrial world in an autonomous way. On the proposed transportation system, the vehicle will transport the object from one place to another in an efficient and comfortable way following some preprogrammed paths. Furthermore, in order that the designed vehicle has an effective and secure performance it has been provided with an object identification and detection system and with a system to avoid obstacles.

With the aim of giving the vehicle the capability of transport a product from one place to the other first it must detect and identify the product with the system implemented for purpose. Thanks to this system the vehicle will choose and follow correctly the most suitable path to transport the product and carry it to its place.

As previously mentioned, the vehicle will have a system to avoid obstacles. This system uses ultrasonic sensors to detect possible obstacles in the path. In the case of detect an obstacle the vehicle will stop automatically until the obstacle disappears from the path. Thanks to this system it will be possible to prevent the possible crashes with workers or fallen objects.

In addition to the necessary systems for the transport and with the aim to improve the security, it has been decided to use a visual signal as alarm. It will be switched on while the vehicle is moving. In this way, it will be possible to notice that the vehicle is moving despite not being near it and decrease the possible accidents.

Aurkibide orokorra

Aurkibide orokorra	i
Irudien aurkibidea.....	v
Taulen aurkibidea.....	vii

1. DOKUMENTUA- MEMORIA

1 Sarrera.....	1
2 Testuingurua.....	3
3 Lanaren helburuak	7
4 Lanak dakartzan onurak.....	9
5 Aukeren analisia	11
5.1 Mikrokontrolagailua	11
5.1.1 Arduino	12
5.1.2 Raspberry Pi.....	14
5.1.3 Aukeren konparaketa.....	15
5.2 Ibilgailuaren egitura.....	17
5.2.1 Gurpildun roverra.....	17
5.2.2 Beldar-roverra.....	18
5.2.3 Aukeren konparaketa.....	18
5.3 Gidatze sistema	19
5.3.1 Lerro jarraitzailea	20
5.3.2 Ibilbide aurreprogramatuak.....	21
5.3.3 Aukeren konparaketa.....	22
5.4 Ultrasoinu sentsorea.....	23
5.4.1 HC-SR04.....	24
5.4.2 URM37 V5.0.....	25
5.4.3 Aukeren konparaketa.....	27
5.5 Ikusmen artifizial sistema.....	28
5.5.1 TCS3200 kolore sentsorea.....	29
5.5.2 Barra-kode neurgailua	30
5.5.3 PIXY 2 kamera	31

5.5.4	Aukeren analisisa	33
6	Proposatutako irtenbideen diseinua	35
6.1	Ibilgailuaren mugimendua	35
6.2	Oztopo detekzioa	40
6.3	Ikusmen artifizial sistema.....	44

2. DOKUMENTUA- LANERAKO ERABILITAKO METODOLOGIA

7	Deskribapena, faseak eta ekipoak.....	51
7.1	Lan taldea	51
7.2	Lan faseak.....	52
7.2.1	Ideien bilaketa.....	52
7.2.2	Informazio bilketa.....	52
7.2.3	Prototipoaren garapena	53
7.2.4	Dokumentazioaren idazketa.....	54
8	Gantt-en diagrama	55
9	Kalkuluak.....	57
9.1	Distantzien kalkulua	57
9.2	Distantzia minimon kalkulua.....	57
9.3	Banaketa haztatuaren kalkulua	59
9.3.1	Mikrokontrolagailuaren banaketa haztatuak	59
9.3.2	Ibilgailuaren egituren banaketa haztatuak	59
9.3.3	Gidatze sistemaren banaketa haztatuak	60
9.3.4	Ultrasoinu sentsoreen banaketa haztatua.....	60
9.4	Enkoderraren distantziaren kalkulua	60

3. DOKUMENTUA- ALDERDI EKONOMIKOAK

10	Aurrekontua	63
10.1	Materialaren aurrekontua	63
10.2	Lan-eskuaren aurrekontua	64
10.3	Bestelako materialaren aurrekontua	64

4. DOKUMENTUA- ONDORIOAK

11 Ondorioak..... 69

5. DOKUMENTUA- BIBLIOGRAFIA

12 Bibliografia..... 73

6. DOKUMENTUA- ERANSKINAK

13 Eranskinak 76

Irudien aurkibidea

Irudia 1 Industrian produktuak mugitzeko ohiko erak.....	4
Irudia 2 Industrian produktuak mugitzeko sistema automatizatuak.....	5
Irudia 3 Arduino UNO	13
Irudia 4 Arduino MEGA 2560 txartela.....	14
Irudia 5 Raspberry Pi 3 txartela.....	15
Irudia 6 Aurrefabrikatutako gurpildun roverra	17
Irudia 7 Aurrefabrikatutako beldar-roverra.....	18
Irudia 8 TCRT5000 infragorri sentsorea	20
Irudia 9 Lerro jarraitzailearen funtzionamendua.....	21
Irudia 10 Ultrasoinu sentsorearen funtzionamendua.....	23
Irudia 11 HC-SR04 sentsorea	24
Irudia 12 HC-SR04 sentsorearen denbora diagrama.....	25
Irudia 13 URM 37 V5.0 ultrasoinu sentsorea.....	26
Irudia 14 TCS3200 kolore sentsorea	29
Irudia 15 Barra-kodea.....	30
Irudia 16 RT 203 barra-kode irakurlea.....	31
Irudia 17 RT203 kode-irakurlearen eta Arduinoaren arteko konexioa.....	31
Irudia 18 PIXY 2 kamera	32
Irudia 19 Adrafruit MotorShield.....	36
Irudia 20 HC-020k enkoderra.....	36
Irudia 21 Proiektuko plantaren adibidea.....	37
Irudia 22 Abat azpiprogramaren egitura	38
Irudia 23 Ibilgailu autonomoaren mugimenduen programazio egitura.....	39
Irudia 24 Distantzia minimoekin sonarra.....	41
Irudia 25 Mugimenduen eta oztopo detekzioaren programazio egitura.....	42
Irudia 26 HC-SR04 sentsorearen euskarria.....	43
Irudia 27 Serbomotorraren euskarria.....	43
Irudia 28 HC-SR04 sentsorearen eta serbomotorraren euskarriak muntaturik.....	44
Irudia 29 Pixy2 kameraren programazio egitura	45

Irudia 30 Koloreen finketa taula.....	46
Irudia 31 Pixy 2 estalkiaren 3D diseinuak.....	46
Irudia 32 PIXY 2 kameraren estalkia	47
Irudia 33 Pixy 2 kameraren euskarria muntaturik	47
Irudia 34 Ibilgailu autonomoaren estalkiaren diseinua	48
Irudia 35 Ibilgailu autonomoaren prototipoa	48
Irudia 36 Proiektuaren fase eta azpi faseen zerrenda	55
Irudia 37 Proiektuaren Gantt-en diagrama	56

Taulen aurkibidea

Taula 1 Arduino UNO txartelaren ezaugarriak	13
Taula 2 Arduino MEGA 2560 txartelaren ezaugarriak.....	14
Taula 3 Raspberry Pi 3 txartelaren ezaugarriak.....	15
Taula 4 Mikrokontroladoreen ezaugarriak	16
Taula 5 Mikrokontrolagailuen banaketa haztatua.....	16
Taula 6 Ibilgailuaren egituren ezaugarriak	19
Taula 7 Ibilgailuaren egituren banaketa haztatua	19
Taula 8 Gidatze sistemen ezaugarriak.....	22
Taula 9 Gidatze sistemaren banaketa haztatua	22
Taula 10 HC-SR04 sentsorearen espezifikazioak.....	25
Taula 11 URM 37 V5.0 sentsorearen espezifikazioak	26
Taula 12 Ultrasoinu sentsoreen ezaugarriak.....	27
Taula 13 Ultrasoinu sentsoreen banaketa haztatua.....	28
Taula 14 TCS3200 sentsorearen irteeraren maiztasunaren aukeraketa.....	29
Taula 15 TCS3200 sentsorearen fotodiodoen filtroen aukeraketa	30
Taula 16 Ikusmen artifizial sistemen ezaugarriak.....	33
Taula 17 Erabilitako materialaren aurrekontua	64
Taula 18 Lan-eskuaren aurrekontua.....	64
Taula 19 Bestelako materialaren aurrekontua	65
Taula 20 Proiektuaren aurrekontu totala	65

INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA AUTOMATIKAREN
INGENIARITZAKO GRADUA

GRADU AMAIERAKO LANA

***OBJEKTU SAILKATZAILE ETA
GARRAIATZAILE AUTONOMOIA***

1. DOKUMENTUA- MEMORIA

Ikaslea: Balbuena, Garcia, Unai

Zuzendaria : Sevillano, Berasategui, Maria Goretti

Ikasturtea: 2019-2020

Data: Bilbo, 2020, Otsailak, 10

1 Sarrera

Gradu Amaierako Lan (GRAL) honetan industria munduko produktu eta materialak era autonomo batean garraiatuko dituen ibilgailu bat diseinatu eta eraiki da. Garraio sistema honek, ikusmen adimentsuko sistema batez horniturik egongo da garraiatu beharreko objektua identifikatzeko eta dagokion lekua eramateko. Horrez gain, istripuak ekiditeko sistema bat ere izango du inplementaturik bidean oztoporen bat somatzekotan geldi dadin. Era honetan, era autonomo, eraginkor eta seguru batean lan egiten duen ibilgailu bat garatu da.

Proiektu honetan aipatutako ibilgailua diseinatu ez ezik, honen prototipo bat eraiki egin da. Diseinua eta prototipoa egiteko, merkatuan dauden aukera ezberdinak aztertu dira eta proiektu honetarako egokienak direnak aukeratu dira. Behin osagaiak aukeraturik, prototipoa burutzeko egin beharreko konexio eta muntaiak burutu dira eta egin beharreko programazioak garatu dira.

Proiektua aurrera eramateko egin behar izan diren pauso guztiak azaltzeko eta prozesuan zehar sortutako arazoak eta hauen soluzioak adierazteko beharrezko dokumentazioa garatu egin da. Dokumentu hauen antolaketa ondorengo paragrafoetan azaltzen da proiektuaren ulermen argiagoa emateko xedearekin.

Lehendabiziko dokumentu hau proiektuaren memoria deritzo, hemen garatutako diseinua garatu ahal izateko aztertu diren atal desberdinak azaltzen dira. Bertan, hartutako erabakiak eta diseinua ulertzeko beharrezkoak diren azalpen eta datuak ere adieraziko dira. Memoria honek hiru atal nagusi izango ditu, lehendabizi proiektua zein testuingurutan kokatzen den azalduko da. Hau da, gaur egungo industrian garraioaren egoera zein den eta zein garraio-sistema automatizatu dauden eskuragarri. Ondoren, diseinua burutzeko merkatuan dauden aukera nabarmenenak aurkeztu eta azalduko dira. Behin aukera ezberdinak azalduta, hauen artean proiektua gauzatzeko zein eta zergatik aukeratu den azalduko da. Memoriarekin bukatzeko, proposatutako irtenbidea azalduko da, bertan eginiko konexio eta programazio egitura guztiak aurkeztuz.

Dokumentazioarekin jarraituz, memoria ez ezik bestelako dokumentazio gehigarriak ere eskaintzen dira. Lanerako erabilitako metodologia azalduko da 2.

Dokumentuan. Dokumentu honetan proiektua burutu duen lan taldea eta proiektua burutzeko egon diren lan faseak aurkeztuko dira. Gainera, lan fase bakoitzari dagokion iraupena ere adieraziko da eta hauek era grafikoan adieraziko dira Gantt diagrama baten bidez. Hau ez ezik, proiektuaren diseinuan zehar burutu behar izan diren kalkuluak eta hauen emaitzak ere dokumentu honetan aurkeztuko dira dokumentu honetan.

Horrez gain, beharrezkoak diren beste hiru dokumentu ere beteko dira. Alde batetik proiektuaren alderdi ekonomikoak zehazten dituen dokumentua. Bertan diseinatu eta eraiki den ibilgailuaren garapenaren kostu ekonomikoak azalduko dira. Horretarako materialen kostu ekonomikoak eta lan taldearen esku lana aintzat hartuko dira. Bestetik Gradu Amaierako Lan hau burutu ostean atera ahal izan diren ondorioak azaltzen dira 4. Dokumentu batean. Ondoren, proiektua garatzeko erabil diren informazio iturri desberdinak aurkitu daitezke Bibliografia dokumentuan.

Azkenik, eranskinetan 3D inprimagailuetan eginiko piezen planoak atxikituko dira. Pieza hauek egileak proiektu honetarako eginak edo moldatuak izan dira 3D inprimagailuan inprimatuak izan dira.

2 Testuingurua

Industria etengabeko garapenean murgilduta dagoen sektore bat da eta enpresa denek nahi dute beraien produktuak eta prozesuak optimizatu. Etengabeko garapen eta hobekuntza prozesu honetan zer esan handia dauka gaur egungo teknologiak izan duen aurrerapena, batez ere, automatizazioak eta informatikak izan duten garapena.

Prozesuen automatizazioak ekoizpen-prozesuaren hobekuntza nabarmena dakar hauen efizientzia eta kalitatea handituz. Izan ere, prozesu automatizatuek ohiko prozesuek baino ekoizpen-denbora eta ekoizpen-kostu txikiagoak dituzte eta hauen fidagarritasuna handiagoa da giza-faktorea oso urria baita. Gainera, prozesuari buruzko informazio fidagarria eta zehatza eskuratzeko aukera ematen du [8].

Informatikak bestetik informazioa kudeatzeko eta industria-planta bateko lan-talde edo makina ezberdinak elkar komunikatzeko erremintak eskaintzen ditu. Guzti honek, prozesuari buruzko informazio gehiago eta hobea maneiatzea ahalbidetzen du eta jakina denez, prozesu bateri buruzko zenbat eta informazio gehiago izan, honen funtzionamendua eta hau modu egokian kontrolatzeko aukerak asko hobetzen dira.

Beraz, ulertzekoa da enpresa denek beraien ekoizpen-prozesua automatizatu nahi izatea eta industria honekin lotuta azken urteetan sortu den Industria 4.0-rantz bideratzea. Industria 4.0 kontzeptua ekoizpen-industriaren eraldaketa digitalari erreferentzia egiten dio, non bezeroari bideratutako produktuak eta produkzio fase desberdinen arteko konexioaren beharra azpimarratzen dira. Bertan, teknologia digital berriak industria munduan sartzen dira bezeroaren beharrianetara egokitzen diren lantegi adimentsuak sortuz [4].

Nahiz eta eraldaketa hauek onura ikaragarriak eskaini, badira aldaketa hau garatu ezin duten enpresa anitz. Arrazoi aipagarrienak honek eskatzen duen inbertsio ekonomiko altua eta leku eza dira. Beraz, enpresa askoren erabakia da automatizazioa ekoizpen-prozesuari soilik egitea.

Aipatutako arazoak direla eta, oso urriak dira biltegian edo plantan zehar produktuak era automatizatu batean mugitzen dituzten enpresak. Gehienak produktu edo lehengaiak leku batetik bestera mugitzeko, ohiko sistemak erabiltzen dituzte. Hauetatik aipagarrienak Fenwick-ak, traspaleak, orgak edo eta arrastapen-traktoreak dira. Hauek duten desabantaila nagusia giza-faktorea da, hau da, tresna hauen mugimenduak pertsona batek gidaturik egin behar dira.



Irudia 1 Industrian produktuak mugitzeko ohiko erak.

Nahiz eta askok ez izan, badira gizakiak gidaturiko sistema hauek baztertzeko zenbait sistema automatizatuak. Hauetatik aipagarrienak honako hauek dira [9]:

- Arrabolen bidezko garraio sistemak: Aurrezarritako bide metalikoz osaturiko sistemak dira. Bide hauetatik zehar metalez egindako arrabolen gainean mugitzen dira garraiatu nahi diren objektuak. Arrabolen mugimenduak bai grabitatez bai motore batzuen bitartez gerta daiteke.
- Tow line motako garraio sistemak: Lurrean ezarritako kate sistema baten bitartez planta etengabe zeharkatzen duen ibilgailuen arrastatze sistema bat da. Honen ibilbideak forma sinpleak edo konplexuak izan ditzake kanal aldaketak barne, bide ezberdinak inplementatu ahal izateko. Automatizazio mota honen erabiltzaile da adibidez Madrilgo “Transportes Azkar” enpresa.
- Gidatze automatikoko ibilgailuak: Seinale bat jarraituz gidatzen diren ibilgailu autonomoak dira. Gaur egun garraio automatizatuaren artean motarik hedatuena da industriako barne garraioen arloan. Hauek

jarraitzen duten seinalea mota anitzekoa izan daiteke: optikoa, laserra edo kokapen sistema inertzialak esaterako.

- **Airezko garraio sistemak:** Sabaitik eskegita dauden errailetatik zehar mugitzen diren ibilgailuek mugitzen dituzte produktuak. Hauek daukaten abantailarik nabarmenena da lurzorua libre uzten dutela beste mota beteko ekintzak burutzeko. “Henkel Ibérica” taldeko banaketa zentroak darabil mota honetako garraio sistema automatizatua.



Irudia 2 Industrian produktuak mugitzeko sistema automatizatuak

Lehen esan bezala, mota honetako garraio sistema automatizatuak azpiegiturak behar dituzte eta hauek, espazioa eta inbertsio ekonomiko altuak eskatzen dituzte eta nahiz eta onurak nabarmenak izan ez daude enpresa denen eskura.

3 Lanaren helburuak

Proiektu honen helburu nagusia industria guneetan egiten diren produktuen garraioak era automatizatu eta eraginkor batean gauzatzeko gai den garraio bat diseinatzea da. Testuinguruan aipatutako aukerak kostu nabarmena izan ohi dute, beraz, proiektu honetan, prezio lehiakor bat izango duen eta azpiegiturarik behar ez duen garraio sistema bat diseinatu da. Horrela, enpresa guztiak izango dute beraien garraio sistemak automatizatzeko aukera nahiz eta euren ahalmen ekonomikoa txikia izan. Beraz, bezero sorta ugariako produktu bat diseinatu dela esan daiteke.

Helburu nagusi hori bete ahal izateko, ezinbestekoa da bigarren mailako zenbait helburu betetzea. Hauen artean, garraio denborak optimizatzea eta langileen segurtasuna bermatzea aurkitzen dira. Alde batetik, garraio denborak optimizatzeko, beste sistema askok ez bezala, diseinatutako ibilgailuak garraiatu beharreko objektuaren identifikazioa egiteko gai da eta beraz objektua zuzenean dagokion lekura eramango du alde zurreratik definitu den bide laburren bidez.

Bestalde batetik, segurtasun arloaren garrantzia kontutan izanda, sarritan gertatzen diren lan istripuak ekiditeko, hainbat sistema ezberdin ezarri zaizkio proposatutako dispositiboari. Alde batetik, ikusizko sistema adierazle bat langileak berak ibilgailua ikusi erraz dezan mugitzen dagoenean. Eta bestetik langileak garraioa ez ikustekotan, oztopoak somatzeko gai den sistema bat ezarri zaio garraioari. Sistema honek, ibilgailu autonomoa geldituko du oztopo bat topatzen badu bidean oztopoarekin talka egitea ekiditeko.

Esan beharra dago, nahiz eta produktu amaitu bat aurkeztu, beste aukera anitz ikertu direla eta beraz etorkizunean produktu honen hobekuntzak eta garapenak egiteko ahalmena eta informazioa eskuragarri dagoela. Kontutan izan behar da ere, Gradu Amaierako Lan honetan diseinatu eta garatutako sistema tamaina txikiko prototipo bat dela, eta benetako enpresa batean erabili nahi izatekotan hori ere kontutan hartu beharko litzatekela beharrezko egokipenak egiteko.

Azkenik, proiektu hau burutzerakoan zenbait helburu pertsonal ere bete direla aipatu beharra dago. Alde batetik, graduan zehar emandako irakasgai

desberdinetan eskuratutako ezagutzak praktikan jarri ahal izan dira, hala nola elektronikarekin lotutako irakasgaiak, automatizazio eta programazioari lotutakoak, problemen azterketa eta soluzioen bilaketa lantzen zituztenak... Bestetik, irakasgai hauetatik at dauden kontzeptu gehiago aztertu behar izan dira, hauek ikastea, lantzea eta praktikan jartzea ere izan du helburu ikaslearen ezagutza zabalduz. Azkenik, egilea arazo desberdinei aurre egiteko gaitasunaren garatzea aipatu daiteke, izan ere, egileak aztertu behar izan ditu, eta hauen aurrean irtenbide eta soluzio desberdinak bilatu behar izan ditu kasu bakoitzean egokien aukeratuz.

4 Lanak dakartzan onurak

Proiektuan diseinatutako ibilgailu automatizatuak onura ugari dakartza industrian inplementatzerako orduan.

Alde batetik, plantako produktuen garraio sistema optimizatu egiten da, garraio-denborak murriztuz eta zehaztasuna ezarriz. Gainera, ibilgailu bat baino gehiago izanik, garraio sistema oso konplexuak eraiki daitezke eta beraz orain arte ohikoa ziren garrai sistemak baztertu daitezke.

Bestetik, ohiko sistemak baztertuz, giza-faktorea baztertzen da honek dakartzan onurekin. Bai onura ekonomikoak, soldatak aurrezten direlako eta baita ere segurtasunaren-aldetik. Izan ere, oso ohikoak dira gizakien gidatutako garraioen ondorioz ematen diren istripuak. Era honetan eta kontuan izanik ibilgailuak istripuak ekiditeko sistemak dituela, hauek desagertuko lirateke.

Horretaz aparte, lan hau garatzerakoan ere zenbait onura pertsonal egon dira.. Alde batetik, egileak graduan zehar jasotako ezagutzak era praktikoa batean barneratu ditu eta hauetan oraindik gehiago sakondu du. Bestetik, graduko irakasgaietan irakasten ez diren eta oso erabilgarriak diren ezagutzak jaso ditu, egilearentzako berriak ziren Arduinoa bezalako lan eremuak esaterako. Lan hau burutzean egilea bertan trebatu da eta bertan lan egiten ikasi du.

Amaitzeko, lan honek ekarri duen beste onura aipagarri bat egileak arazoei aurre egiteko eskuratutako gaitasuna da. Gaitasun hauen artean daude arazoa era teknikoan aztertze gaitasuna, soluzio ezberdinetan pentsatzeko eta hauek planteatzeko gaitasuna eta planteatutako soluzioen artean aukerarik egokiena aukeratzeko gaitasuna.

5 Aukeren analisia

Proiektuaren garapena burutu ahal izateko eta zehaztutako helburuak bete ditzan mota askotako elementuak erabili dira. Elementu hauek proiektu honetarako zehazki aukeratuak izan dira merkatuan dauden aukera guztien artean.

Aukeraketa egiteko erabilitako metodoa, banaketa haztatuaren (BH) metodoa izan da. Metodo honetan, elementu bakoitza aukeratzeko ezaugarri esanguratsuenak zehazten dira eta hauei garrantzia maila bat esleitzen zaie. Behin hau zehazturik, aukera bakoitza aztertzen da eta ezaugarri bakoitzean kalifikazio bat jartzen zaio. Ondoren, kalifikazio hauekin balio haztatua kalkulatzen da eta balio haztatu handiena duen aukera aukeratzen da.

Balio haztatua kalkulatzeko honako formula erabili behar da, non P_i faktoreari emandako garrantzia maila den eta x_i emandako kalifikazioa.

$$BH = \sum_1^i p_i \cdot x_i$$

5.1 Mikrokontrolagailua

Proiektua gauzatzekoan aukeratu beharreko lehenengo elementua ibilgailu automatizatua kontrolatuko duen mikrokontrolagailua da. Mikrokontrolagailu bat bere memorian grabaturik dauzkan aginduak exekutatzeko gai den zirkuitu integratu programagarri bat da. Honek konputagailu batek dituen oinarrizko hiru unitateak ditu: prozesatzeko unitate zentrala, memoria eta periferikoetarako sarrera eta irteerak.

Mikrokontrolagailua sistemaren burmuina bezala ikusi daiteke, eta zehaztu beharreko lehenengo gauza da gainerako elementuak honekiko bateragarriak izan

behar direlako, honen bidez sentsoare eta eragingailu denak kontrolatu beharko baitira aipatutako periferikoetarako sarrera eta irteeren bidez.

Mikrokontrolagailua aukeratzeko aztertuko diren ezaugarriak sarrera/irteera (I/O) pin kopurua, memoria, erloju maiztasuna eta prezioa dira. Esan bezala, irteera/sarrera pinak beharrezkoak dira gainerako sentsoare eta eragingailuak konektatzeko eta beraz behar adina izan behar ditu. Bestetik, memoria ere garrantzi handiko ezaugarria izango da, batetik programazio kodea gordetzeko gai izan behar delako eta bestetik martxan dagoenean beharrekiko aldagaien balioak ere kudeatu behar dituelako. Erloju maiztasunak berebiziko garrantzia du honek zehaztuko baitu ze abiaduratan exekutatu ahal izango dituen jasotzen eta bidaltzen dituen aginduak eta beraz, zenbat eta handiago hobe.

5.1.1 Arduino

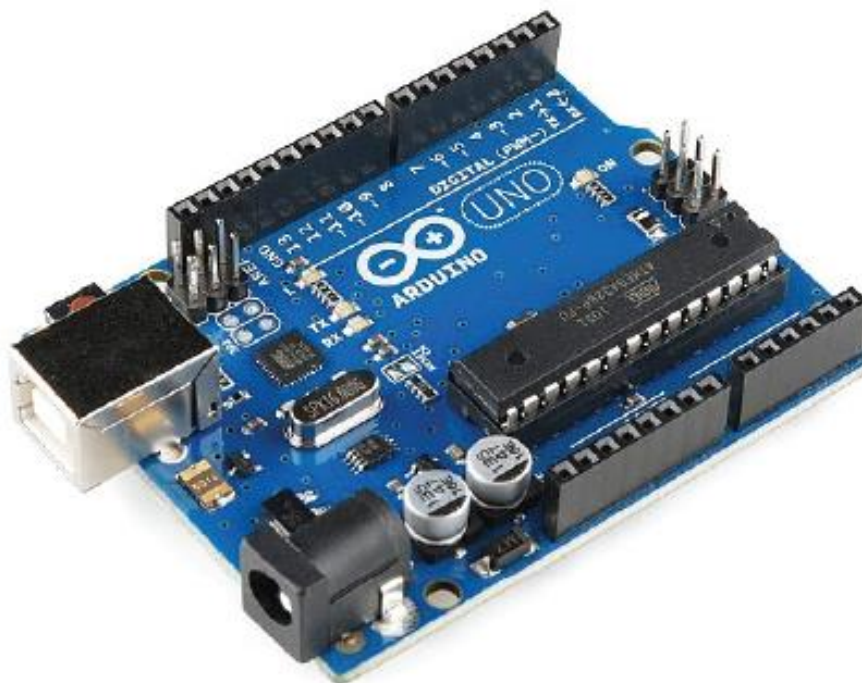
Arduino hardware eta software aske, malgu eta erraz batean oinarritutako kode irekiko plataforma bat da. Hardware eta software aske kontzeptuek esan nahi dute, gailuen ezaugarriak eta diagramak publikoak direla eta edonork erabili eta moldatu ditzakela [6].

Arduinoa ATMEL mikrokontrolagailuan oinarritutako plaka bat da eta mikrokontrolagailu hau programatzeko, Arduino IDE programazio eremua erabili daiteke. Bertan, maila altuko lengoaietan programa daiteke C, C++ eta Python esaterako.

Hauek, irteera eta sarrera pin anitz dituzte bertan mota ezberdineko periferikoak konektatzeko eta plaka proiektuaren beharrianetara egokitzeko. Gainera, *shield* izeneko osagai gehigarriak atxikitu ahal zaizkio txartelari funtzio gehigarriak emanez. Hala ere, *shield* hauen ezarpenak zenbait I/O pinen galera dakar, bertara konektatzen baitira.

Arduino proiektu bat da eta ez produktu zehatz bat eta beraz, oinarri berdina izanik mota askotako plaka ezberdinak aurki daitezke. Proiektu honetarako Arduino MEGA 2560 eta Arduino UNO aztertu dira.

5.1.1.1 Arduino UNO



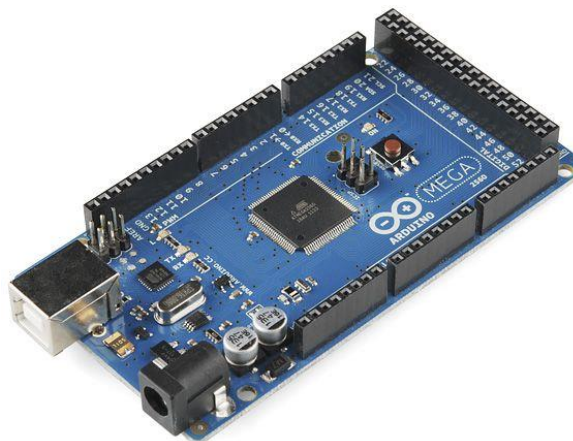
Irudia 3 Arduino UNO

Arduino UNO ATmega328 mikrokontrolagailuan oinarritutako plaka da. Arduinio plaketatik hedatuen dagoena da eta merkaturatu zen lehena. Modelo honen ezaugarriak ikus daitezke Taula 1 taulan.

Taula 1 Arduino UNO txartelaren ezaugarriak

ARDUINO UNO	
Lan tentsioa	5 V
Sarrerako tentsioa	7-12 V
Pin digitalak I/O	14
Sarrerako pin analogikoak	6
Memoria flash	32 KB
Erlojuaren maiztasuna	16 MHz

5.1.1.2 Arduino MEGA 2560



Irudia 4 Arduino MEGA 2560 txartela

ATmega2560 mikrokontroladorean oinarriturako arduino plaka da eta arduino UNO baino konplexuagoa da, proiektu konplexuagoak burutu ahal izateko. Arduino plaka honen ezaugarri nagusienak aurkezten dira Taula 2 taulan.

Taula 2 Arduino MEGA 2560 txartelaren ezaugarriak

ARDUINO MEGA 2560	
Lan tentsioa	5 V
Sarrerako tentsioa	7-12V
Pin digitalak I/O	54
Sarrerako pin analogikoak	16
Memoria flash	256 KB
Erlojuaren maiztasuna	16 MHz

5.1.2 Raspberry Pi

Raspberry Pi RISC arkitekturako ARM prozesagailua darabilen prezio eta tamaina txikiko ordenagailu txiki bat da, prototipo txikien garapenera eta konputagailuei buruzko irakaskuntzara bideraturik dagoena [11].

Cambridge Unibertsitateko talde batek 2006an sorturiko proiektu bat da eta hauen helburua esan bezala umeei konputagailuei buruzko irakaskuntza sustatzea da [1].

Arduinoarekin ez bezala, Raspberry Foundation-ek du txartel hauen hardware kontrola eta beraiek soilik sor ditzakete. Gainera, Raspberry Pi txartelek Arduinoak berez ez dituzten ezaugarriak dituzte, interneterako konexioa esaterako.

Arduinoarekin gertatzen zen moduan, Raspberry modelo asko daude eta nabaria denez zenbat eta berriagoa izan hobea izango da. Proiektu honetarako aztertutako modelo Raspberry Pi 3-a izan da. Hau ez da merkatuan dagoen azkena baina bai aintzat hartzeko bezain berria. Esan beharra dago, modelo honek ez duela barne memoriarik eta beraz, kanpo memoria bat ezarri behar zaio.



Irudia 5 Raspberry Pi 3 txartela

Raspberry Pi 3 txartelaren ezaugarriak ikus daitezke Taula 3 taulan.

Taula 3 Raspberry Pi 3 txartelaren ezaugarriak

RASPERRY PI 3	
Lan tentsioa	5 V
Sarrerako tentsioa	5 V
Pin digitalak I/O	24
Sarrerako pin analogikoak	0
Memoria flash	Kanpoko
Erlojuaren maiztasuna	1.4 GHz

5.1.3 Aukeren konparaketa

Esan bezala, mikrokontrolagailuaren aukeraketa egiteko memoria, I/O pin kopurua, erloju maiztasuna eta prezioa izango dira kontuan. Ezaugarri hauetatik

garrantzitsuenak pin kopurua eta prezioa izango dira. Izan ere, proiektuan txartelari hainbat elementu gehituko zaizkio eta beraz hauek konektatzeko adina pin izan behar ditu. Bestetik, prezioak ere garrantzia nabarmena du helburuetariko bat ahalik eta merkeena izatea baita. Beraz, bi ezaugarri hauei %35eko pisua esleituko zaie.

Memoriaren aldetik, nahiz eta garrantzitsua izan, eraikitako programa ez da oso pisutsua izango eta ez ditu aldagai oso handiak izango eta beraz ez du mugapen askorik ezarriko. Era berean, ez denez programa oso konplexua eta aginduak nahiko sinpleak direnez ez du ere mugapen garrantzitsurik ezarriko erlojuaren maiztasunaren aldetik. Azken bi ezaugarri hauei %15eko pisua esleituko zaie.

Kontuan izan behar da balioak ezartzerakoan, Raspberry txartelak ez duela barne memoriarik eta beraz kanpo memoria bat ezarri behar zaiola. Behin ezaugarri bakoitzaren balioa ezarriko, banaketa haztatuaren emaitzak Taula 4 taulan aurkezten dira.

Taula 4 Mikrokontroladoreen ezaugarriak

	I/O Pin kopurua	Prezioa	Memoria	Erloju maiztasuna
Arduino UNO	14	20€	32 KB	16 MHz
Arduino MEGA 2560	54	35€	256 KB	16 MHz
Raspberry Pi 3	24	38.95+12.99 €	Kanpoko (32 GB)	1,4 GHz

Mikrokontrolagailuen ezaugarriek jasotako kalifikazioak Taula 5 taulan ikus daitezke.

Taula 5 Mikrokontrolagailuen banaketa haztatua

	Pisua	Arduino UNO	Arduino MEGA 2560	Raspberry PI 3
I/O Pin kopurua	%35	3	8	4
Prezioa	%35	9	7.5	5
Memoria	%15	3	8	10
Erloju Maiztasuna	%15	6	6	10
BH	-	5.55	7.525	6.15

Lortutako emaitzak ikusirik, proiektu hau gauzatzeko erabiliko den mikrokontrolagailua **Arduino MEGA 2560** txartela izango da.

5.2 Ibilgailuaren egitura

Behin ibilgailua kontrolatuko duen mikrokontroladorea aukeraturik, dispositiboaren egitura zelakoa izango den zehaztu behar da. Atal honetan oso garrantzitsua izango da tamaina. Izan ere, nahikoa izan behar da eramango dituen elementu elektroniko guztiak eta eraman beharko duen zarama bertan sartzeko.

Gainera, mugitzeko era ere aukeratu behar da. Helburuetariko bat azpiegitura eza denez, ibilgailua berez higitzeko gaitasuna izan beharko du inolako kanpoko laguntza gabe.

Egitura ezberdinak aztertuz, merkatuan aurrefabrikatutako egitura mota asko aurkitu dira. Aurrefabrikatutako egituretan ibilgailu autonomoaren egitura jadanik egina eta zehaztuta dago eta pieza bakar batean edo erraz muntatzen diren pieza gutxi batzuetan dator. Honek eskaintzen duen abantailarik nagusia, muntaketa erraztasuna eta eskainiko duen zurruntasuna izango da.

Esan bezala, hauen artean mota eta forma ezberdineko egitura ezberdin asko aurkitu ditzakegu. Aukera guztien artean, tamaina aproposa duen bi egitura aurkitu dira eta bi hauen arteko ezberdintasuna mugitzeko erabiliko duten era da.

5.2.1 Gurpildun roverra

Mota honetako aurrefabrikatutako egiturak gurpilen gainean mugitzen dira. Gainera, gurpil hauek mugitzeko lau motor dakartzate. Gurpil bakoitzerako motor bat edukitzeak higidurarekiko kontrol oso ona izatea ahalbidetzen du gurpilak abiadura independentetan mugitu daitezkeelako.



Irudia 6 Aurrefabrikatutako gurpildun roverra

5.2.2 Beldar-roverra

Mota honetako egiturak beldar gainean mugitzen dira. Hauek ere, gurpildunetan gertatzen zen bezala, beldarrak mugitzeko motoreak dakartza. Beldarrak daukan abantaila nabarmenena edozein lurzoru motatik mugitzeko duen ahalmena da.



Irudia 7 Aurrefabrikatutako beldar-roverra

5.2.3 Aukeren konparaketa

Aztertutako bi aukeren artean aukeratzeko eta kontuan izanda bien tamaina egokia dela, higiduraren kalitatea aztertu behar da. Helburuetan esan bezala objektuen garraioa optimizatu nahi denez, garraioa ahalik eta azkarren eta zehatzen izatea nahi da.

Aurretik aipatu den bezala, beldarraren abantaila nagusia edozein ingurunetan higitzeko gaitasuna da. Ahala ere kasu honetan, garraioa industria guneetan emango da eta normalean bertako lurzoruak nahiko leunak izan ohi direnez, beldarrak eskaintzen duen abantaila ez da oso erabilgarria.

Bestetik, gurpildun roverrak lau motore izatean, esan bezala, gurpilekiko kontrol osoa izango da eta beraz mugimenduak oso zehatzak izan daitezke. Gainera, gurpilak beldarrarekiko duen abantaila nagusia honek duen abiadura da. Gurpilak beldarrak baino abiadura handiagotara mugitu daitekeelako [3].

Aipatutako bi egitura hauen ezaugarriak era eraginkor eta bisualago batean aztertzeko eta konparatzeko, Taula 6 taula eraiki da.

Taula 6 Ibilgailuaren egituren ezaugarriak

	Higikortasuna	Abiadura
Gurpildun roverra	Ona	Oso ona
Beldar-roverra	Oso ona	Ertaina

Bi egituren kalitateak era kuantitatibo batean ikusteko, ezan bezala, banaketa haztatuaren sistema erabiliko da. Hau burutzeko ezaugarriek behar duten pisua zehaztu behar dira, eta horretarako, industria-planta baten ezaugarriak eta behar izanak aztertu dira. Hauetan, normalean lurzorua nahiko leuna eta ona da bertatik garraioak mugitzeko. Bestetik industrian denborak optimizatu behar direnez, ezaugarriei ezarritako pisuak eta lortutako emaitzak Taula 7 taulan ikusten direnak dira.

Taula 7 Ibilgailuaren egituren banaketa haztatua

	Pisua	Gurpildun roverra	Beldar-roverra
Higikortasuna	%20	7	10
Abiadura	%80	9	5
BH	-	8.6	6

Ondorioz, kontuan izanda helburuak zeintzuk diren eta aukera bakoitzak eskaintzen duten abantailak ikusirik, proiektua gauzatzeko aurrefabrikatutako **gurpildun roverra** erabiliko da.

5.3 Gidatze sistema

Mikrokontrolagailua eta egitura aukeraturik daudela, ibilgailua desplazamendua nola egingo den zehaztu behar da. Hau da, zerk eragingo dion mugimendua edo zerk erakutsiko dion bidea. Hau egiteko alternatiba anitz daude, baina nahiz eta hasiera baten *bluetooth* sistema batean pentsatu, honek ez lituzke ezarritako helburuak beteko.

Bluetooth-a bi gailuren arteko datuen transmisioa ahalbidetzen duen konexio mota da. Emisio ahalmen txikiko eta kontsumo baxuko gailuetarako diseinaturik dago. Komunikazioa irrati-frekuentzia bidez burutzen da eta beraz

gailuak bata bestearikiko independente egon daitezke. Hala ere, emisio ahalmen txikikoak denez lan egin dezakeen distantziak ez dira oso handiak eta beraz bi gailu konektatzeko bata bestearen emisio gunearen barnean egon behar dira [14].

Ibilgailua inolako kable gabe mugitzen dagoenez, *bluetooth* motako konexioa egokia litzateke honekin komunikatzeko. Baina, ez litzateke egokia izango hau honekin kontrolatzea, izan ere, ez litzateke ibilgailu autonomo bat izango, telegidatua baizik eta beraz ez luke helburua beteko.

Ibilgailu autonomo bat izan dadin, berak barrik gai izan behar da ibilbidea identifikatzeko giza parte hartzerik gabe. Hau posible izateko, honako aukerak dira aipagarrienak.

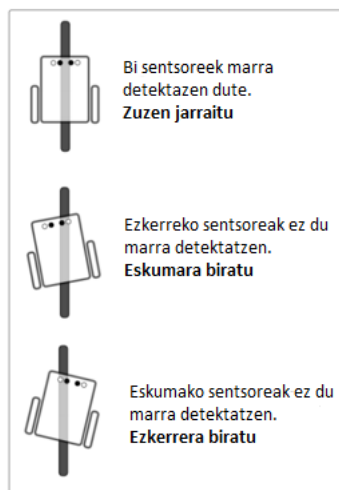
5.3.1 Lerro jarraitzailea

Lerro jarraitzailea erabiltzen duten ibilgailu autonomoak lerro zuriak atzealde beltz batean edo lerro beltzak atzealde zuri batean jarraitzeko gai dira. Hau posible egiteko, sistema ezberdin erabili daitezke, sinpleenek bi sentsore infragorri erabili ohi dituzte bata bestearen alboan jakiteko, hauek jasotako argiaren arabera, lerroaren bidez definitutako bidea jarraitzen ari den edo ez. Kasu honetan xede honetarako aztertu zen sentsorea TCRT5000 infragorri sentsorea da eta honen funtzionamendua bere barne-erresistentziaren aldaketan datza. Sentsoreak kolore argi bat detektatzean argi gehiago jasoko du eta bere barne-erresistentzia txikituko du 0 logiko bat emanez. Kolore ilun bat detektatzean berriz, sentsoreak argi kantitate txikiagoa jasoko du eta ondorioz bere barne-erresistentzia handituko du 1 logikoa emanez.



Irudia 8 TCRT5000 infragorri sentsorea

Lerro jarraitzaileko sentsoreek lerrotik irten dela somatzen dutenean, ibilgailuak kontrako aldera biratu behar duela jakingo du berriro ere lerroaren norabidean jartzeko. Irudia 9 irudian ikusi daiteke zer nolako funtzionamendua duen lerro jarraitzaileak.



Irudia 9 Lerro jarraitzailearen funtzionamendua

Lerro jarraitzailearen aukera oso egokia da ibilbidea etengabe aldatzen den kasuetarako, ez litzatekelako ibilgailuaren programazioan ezer aldatu behar, jarraitu behar den lerroa aldatuz edo berriro marraztuz ibilgailuak bide berria jarraituko luke.

5.3.2 Ibilbide aurreprogramatuak

Ibilbide aurreprogramatuak Arduino txartelaren memorian dauden aginduetan ezarritako ibilbideak jarraitzean datza. Funtzionamendu hau erabiltzen duten sistemek ez dute inguruneke inolako informaziorik behar funtzionatzeko. Sistema hauek egiten dituzten mugimenduak beti berdinak izango dira eta ez dute ezeren menpekotasunik, hori dela eta aproposak dira ibilbide berdina behin eta berri egin behar duten ibilgailuentzat.

Gidatze sisteman honen desabantaila nabarmenena memoriaren xahutzea da. Izan ere, ibilbide konplexuak burutu ahal izateko, agindu sorta handia beharko da eta honek azkenean Arduinoaren memoria bete ahal izango litzateke.

5.3.3 Aukeren konparaketa

Proiektuan gauzatuko den ibilgailua industria gune batean erabiltzeko diseinaturik dagoenez, ez da ibilbidea etengabe aldatzeko gaitasunik behar. Izan ere, normalean plantetan edo biltegietan ez dira gauzak oso sarri aldatzen. Beraz, lerro jarraitzaileak duen abantaila hori ez da beharrezkoa izango.

Gainera, lerro jarraitzaileak argiarekiko menpekotasun oso handia du eta industriako plantetan normalean argiztapen sistema handiak erabili ohi direnez, islapenen ondorioz sentsoreetan irakurketa akatsak sarri suertatu daitezke. Horrez gain, hautsaren edo zikinkeriaren ondorioz ere baliteke lerroa ez egotea irakurtzeko baldintza optimoetan.

Bestetik, ibilbide aurreprogramatuak ez duenez kanpoko informaziorik behar ibilbidea jarraitzeko, lerro jarraitzaileak dituen arazoez ez dute eraginik. Gainera bertan ez da inolako mantentzerik egin behar, adibidez ibilbidea zehazten duten marrak berriro margotzea hauen egoera txarra denean.

Arinago egin den bezala, bi aukeren arteko konparaketa errazteko, ezaugarriak taularatuko dira eta banaketa haztatua egingo da.

Taula 8 Gidatze sistemen ezaugarriak

	Zehaztasuna	Kanpoko eraginak
Lerro jarraitzailea	Ertaina	Handia
Ibilbide aurreprogramatua	Handia	Txikia

Ezaugarriei pisua esleitzerakoan, kontuan izan da kanpoko eraginek eragin zuzena dutela zehaztasunean eta beraz biei garrantzi era eman zaie.

Taula 9 Gidatze sistemaren banaketa haztatua

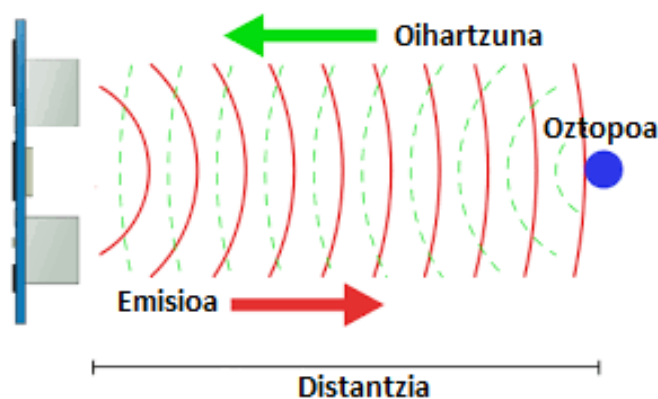
	Pisua	Lerro jarraitzailea	Ibilbide aurreprogramatua
Zehaztasuna	%50	5	8
Kanpoko eraginak	%50	2	10
BH	-	3.5	9

Beraz, aipatutako lerro jarraitzaileak izan ditzakeen zehaztasun ezak eta ibilbide aurreprogramatuak duen onurak kontuan izanda, proiektu honetan **ibilbide aurreprogramatuak** erabiliko dira gidatze sistema giza.

5.4 Ultrasoinu sentsorea

Segurtasuna garrantzi handiko eta ezinbesteko arloa da industriaren munduan eta beraz ezin da falta proiektu honetan ere. Kasu honetan, istripuak ekiditeko sistema bat ezarriko da ultrasoinu sentsore bat erabiliz. Honen bidez, ibilgailuaren bidean oztoporik egotekotan hau gelditu egin beharko da istripua ekidituz.

Ultrasoinu sentsoreak inolako marruskadura mekaniko gabe lan egiten duten gertutasun sentsoreak dira. Hauek zentimetro gutxi batzuetara edo zenbait metrotara dauden objektuak detekta ditzakete. Hau lortzeko, sonarrak hots bat igortzen du, honek objektu batean jo eta sonarrak oihartzuna heltzeko iraun duen denbora neurtzen du [15].



Irudia 10 Ultrasoinu sentsorearen funtzionamendua

Behin oihartzunaren itzulera denbora neurturik, objektuarekiko distantzia kalkulatu ahal izateko soinuaren abiadura erabiliko da. Hala ere, lortutako denbora emaitzaren erdia hartu beharko da kontutan sentsorearen eta objektuaren arteko distantzia erreala. Izan ere, sentsoreak neurtu duen denbora joan eta etorrikoa izan da [7].

$$\text{Soinuaren abiadura: } 343 \frac{m}{s} \cdot 100 \frac{cm}{m} \cdot \frac{1}{1000000} \frac{s}{\mu s} = \frac{1}{29.2} \frac{cm}{\mu s}$$

$$\text{Distantzia (cm): } \frac{\text{Neurtutako denbora } (\mu s)}{29.2 \cdot 2}$$

Nahiz eta ultrasoinu sentsore hauek oso erabiliak eta erabilgarriak izan, badituzte beraien desabantailak ere. Mota honetako sentsore denek dute zona itsua deritzon eskualde bat, sentsorearen aurrealdean dagoena distantzia oso txikitara. Sentsoreak ez da gune honetan dauden objektuak detektatzeko gai izango.

Ibilgailu autonomoak oztopoak ekidin ditzan erabiliko duen ultrasoinu sentsorea aukeratzeko honako sentsoreak aztertu dira.

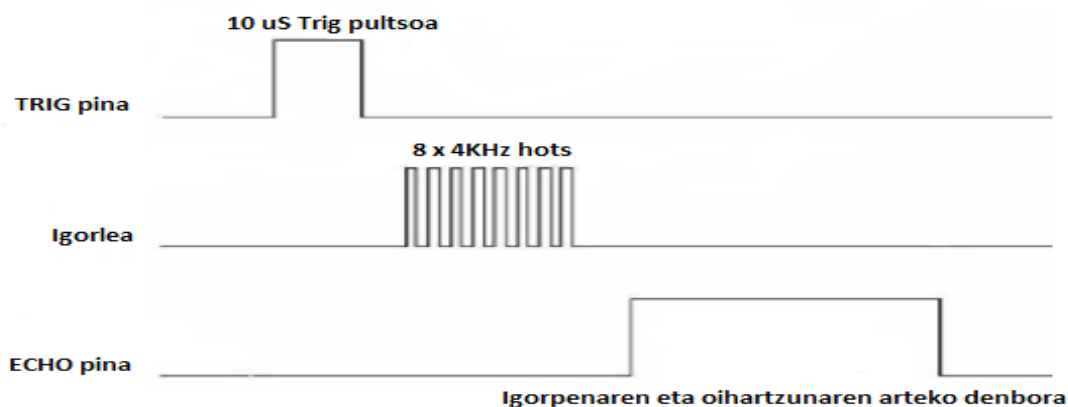
5.4.1 HC-SR04

Aztertu den lehenengo sentsorea HC-SR04 ultrasoinu sentsorea izan da. Igorle eta hartzaile bana dituen sentsorea da bata bestearen alboan kokaturik. Horrez gain, 4 pin ditu arduino txartelera konektatzeko: elikadura (VCC), masa (GND), *trigger*-a (Trig) eta hartzailea (Echo).



Irudia 11 HC-SR04 sentsorea

Sentsore hau funtziona dadin, $10\mu s$ -ko pultsu bat ezarri behar zaio Trig pinean eta honek 40KHz -ko 8 hotz pultsu igorriko ditu igorletik. Ondoren Echo pina maila altuan jarriko da oihartzuna heldu arte igaro den denborarekin. Beraz, Echo pineko pultsu horren iraupena neurtuz, distantzia neurtu daiteke.



Irudia 12 HC-SR04 sentsorearen denbora diagrama

Sentsore honek eskaintzan dituen espezifikazioak Taula 10 taulan aurkezten dira.

Taula 10 HC-SR04 sentsorearen espezifikazioak

HC-SR04 sentsorea	
Distantzia minimoa	2 cm
Distantzia maximoa	400 cm
Bereizmena	0.3 cm

5.4.2 URM37 V5.0

Aztertutako hurrengo ultrasoinu sentsorea URM37 sentsorearen azken bertsioa izan da. Hau tenperatura konpentsaziodun sentsorea da eta beraz tenperatura aldakorrak dauden inguruetan lan egiteko oso egokia da. Izan ere nahiz eta tenperatura aldaketak gertatu, daukan konpentsazio sistemari esker, neurketa zehatzak egiteko gai da [5].



Irudia 13 URM 37 V5.0 ultrasoinu sentsorea

Sentsore hau mota anitzeko irteerak eman ditzake, irteera analogikoak, serieko irteera edo PWM irteera esaterako. Gainera, serbomotore bati konektatzeko aukera eskaintzen du honela ultrasoinu eskaner espazial baten bihurtuz. Hau da, 0°tik 180°-ra neurketak egiteko eta espazio osoa aztertzeke.

Horrez gain, 123 byte-eko EEPROM memoria bat dauka. Hau da, elektrikoki programatu, ezabatu eta berprogramatu daitekeen memoria bat. Bertan, sentsoreak burututako azken neurketak gordetzen ditu gailua amatatuta dagoen bitartean.

Funtzionamenduari dagokionez aurretik aztertutako HC-SR04 sentsoreak zuen funtzionamendu sistema bera du. Hau da, Trigger seinale bat ezarri behar zaio sentsoreak hots bat igorri dezan eta ondoren oihartzunaren itzulpen denbora neurtu behar da.

Neurketak ez ezik, konparaketak egiteko modu bat ere du. Kasu honetan ECHO pinetik ez du neurtutako distantzia itzuliko, baizik eta aurrezarritako distantzia batera heltzean maila altu logiko bat itzuliko du.

Aukeraketa egiterakoan kontuan izan diren ezaugarri teknikoak Taula 11 taulan aurkeztutakoak izan dira.

Taula 11 URM 37 V5.0 sentsorearen espezifikazioak

URM 37 V5.0 sentsorea	
Distantzia minimoa	2 cm
Distantzia maximoa	800 cm
Bereizmena	1 cm

5.4.3 Aukeren konparaketa

Aurkeztutako bi aukeren artean proiektu honetan erabiliko dena aukeratzeko aztertu beharreko ezaugarri garrantzitsuenak neurtze ahalmena, bereizmena eta prezioa dira.

Neurtze ahalmena oso garrantzitsua da honek neurtu dezakeen distantzia zehazten duelako. Zenbat eta distantzia handiagoa neurtzeko ahalmena izan, arinago antzeman ahal izango ditu oztopoak. Hala ere, programazioa burutzerakoan oztopoa zer den eta zer ez den zehaztuko da eta beraz, aukeratutako sentsorea distantzia hori neurtzeko gai izan behar da.

Bestetik, bereizmenak ere berebiziko garrantzia dauka. Bereizmena sentsoreak egin dezakeen bata bestearen jarraian doazen bi neurketen arteko diferentzia da. Beraz, zenbat eta hau txikiagoa izan, neurketak zehatzagoak izango dira istripuak modu eraginkorrago baten ekidituz.

Azkenik, aztertu beharreko azken faktorea prezioa da. Hau aztertutako beste osagaietan bezala, proiektua ahalik eta ekonomikoen geratzeko, zenbat eta merkeago hobe.

Kontuan izanda, aukeren neurtze distantzia maximoak distantzia handiak direla eta ezarriko den segurtasun distantzia hauek baino askoz txikiagoa dela, aukeraketa beste bi faktoreen arabera burutuko da. Beste bi ezaugarrien konparaketa Taula 12 taulan ikus daiteke.

Taula 12 Ultrasoinu sentsoreen ezaugarriak

	Prezioa	Bereizmena
HC-SR04	0.90€	0,3 cm
URM 37 V5.0	12,46€	1 cm

Ultrasoinu sentsorea aukeratzeko eta bi aukeren banaketa haztatua burutzeko, konparatuko diren bi faktoreek garrantzi handia dute. Hala ere, segurtasun arloa denez, prezioak ez du zehaztasunak besteko garrantzia. Izan ere, hobe da diru gehiago inbertitu horrela ibilgailu autonomoa seguruagoa eta zehatzagoa bada. Beraz, bi faktoreen arteko garrantzi banaketa eta banaketa haztatuaren emaitzak Taula 13 taulan aurkezten dira.

Taula 13 Ultrasonu sentsoreen banaketa haztatua

	Pisua	HC-SR04	URM 37 V5.0
Prezioa	30%	10	5
Bereizmena	70%	9	7
BH	-	9,3	6,4

Beraz, proiektu honetan oztopoak detektatzeko eta istripuak ekiditeko ultrasonu sentsore egokiena **HC-SR04** ondorioztatzen da.

5.5 Ikusmen artifizial sistema

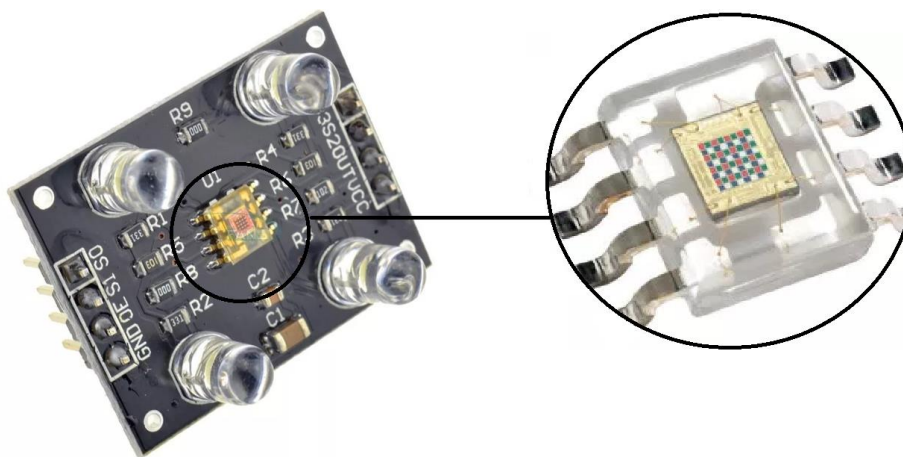
Ibilgailu autonomo gisa lan egiteko, proiektu honetan ikusmen adimentsuko sistema bat ezarri behar zaio garraiatu beharreko objektuak identifikatzeko eta bakoitza dagokion lekura eraman ahal izateko.

Ikusmen artifiziala mundu errealeko irudiak eskuratu, prozesatu, analizatu eta ulertzeko metodoak bateratzen dituen zientziaren arloa da, ordenagailu batek erabiliko dituen informazio numeriko edo sinboliko bilakatuz. Ikusmen artifizialaren helburua da, ordenagailu batek ingurunetik lortutako informazioarekin bertoko egoera aztertzeke eta dagokion moduan jarduteko ahalmena izatea da.

Ikusmen artifizialaren bidez, objektu baten informazio anitz eskuratu daiteke, kolorea, forma edo tamaina esaterako. Beraz, proiektuak erabiliko duen ikusmen artifizialeko sistema aukeratu aurretik, objektuaren zer informazio eskuratu nahi den zehaztu behar da. Kontuan izanda industrian lan-gune batera mota askotako produktuak hel daitezkeela, lan-gune bakoitzari forma, barra-kode edo eta kolore zehatz bat esleituz eta eraman beharreko objektuei etiketa bat ezarriz, objektu bakoitzari dagokien helmuga ezartzea lortuko litzateke. Etiketa baten ezarritako informazio hori eskuratu ditzakeen ikusmen artifizial sistema hauek aztertu dira.

5.5.1 TCS3200 kolore sentsorea

Aztertutako lehengo sentsorea objektu baten kolore detekzioa egiteko gaiten sentsorea da. Honek 64 fotodiodo dauzka integraturik, hamasei kolore gorriarentzako filtroarekin, beste hamasei kolore berdearentzako filtroarekin, beste hamasei kolore urdinarentzako eta azkenik filtro gabeko beste hamasei. Hauek txipean zehar uniformeki banandurik daude Irudia 15 irudian ikusi daitekeen bezala eta argia antzematen eta filtratzen dute. Ondoren, honen irteera seinale karratu bat da, zeinen pultsu zabalerak kolore gorri, berde eta urdinaren intentsitatea zehazten duen [12].



Irudia 14 TCS3200 kolore sentsorea

Sentsoreak zortzi pin dauzka mikrokontrolagailuarekin konexioa egiteko: VCC, GND, S0, S1, S2, S3, OE eta OUT. S0 eta S1 pinak, OUT pinetik irtengo den seinale karratuaren maiztasuna zehazteko erabilen dira, Arduinoan normalean eskala baxuenean erabili ohi da.

Taula 14 TCS3200 sentsorearen irteeraren maiztasunaren aukeraketa

	S0	S1
Korrontea etenik	Maila baxua	Maila baxua
2%	Maila baxua	Maila altua
20%	Maila altua	Maila baxua
100%	Maila altua	Maila altua

S2 eta S3 berriz, fotodiodoetan zein filtro erabiliko den zehazteko erabiltzen da. Izan ere, kolore baten neurketa burutzeko, errealitatean hiru neurketa burutu

behar dira, bata filtro bakoitzarekin eta ondoren, emaitzak konparatuz kolorea lortzen da.

Taula 15 TCS3200 sentsorearen fotodiodoen filtroen aukeraketa

	S2	S3
Gorria	Maila baxua	Maila baxua
Urdina	Maila baxua	Maila altua
Filtro gabe	Maila altua	Maila baxua
Berdea	Maila altua	Maila altua

Azkenik, OE pinak OUT pinetik neurketaren emaitza irtetzea ahalbidetzen edo galarazten du.

5.5.2 Barra-kode neurgailua

Barra kodea informazio determinatu bat adierazten duten zabalera ezberdineko lerro paraleloz osaturiko kodea da. Kode honen bitartez, produktu bat era arin batean identifikatu daiteke inolako errakuntzarik gabe. Hau gauzatzeko premisa bakarra kodearen ikusgaitasuna eta irakurketa erraztasuna da eta beraz, ezinbestekoa da koloreen arteko kontraste egoki bat. Kontraste hau lortzeko, normalean barra beltzak erabiltzen dira atzealde zuri baten gainean.



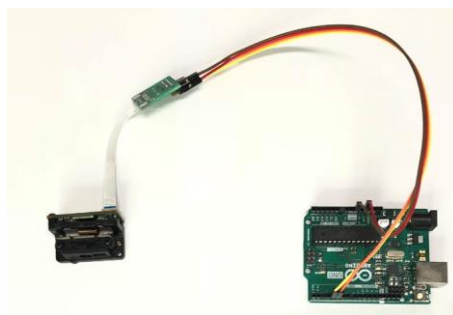
Irudia 15 Barra-kodea

Proiektuan barra kodea erabili ahal izateko, Arduinoak erabili dezakeen RT203 barra-kode irakurlearen erabilera aztertu da. Kode irakurle honek barra kodeak ez ezik beste kode mota anitz identifikatzeko gai da, QR kodea esaterako. Gainera, produktuetatik ez ezik, pantailetatik edo eta telefono mugikorretatik kodeak irakurtzeko gaitasuna ere badu [13].



Irudia 16 RT 203 barra-kode irakurlea

Irakurle hau Arduino txartelera konektatzeko, hamabi pineko konektore bat eta FFC kable bat erabili behar dira. Hamabi pin horietatik, lau bakarrik erabiliko dira Arduinora konektatzeko: Pin 2 VCC-ra Pin 3 GND-ra, Pin 4 RX-ra eta Pin 5 TX-ra. Arduino txarteleko RX eta TX pinak serieko komunikaziorako erabilitako pinak dira.



Irudia 17 RT203 kode-irakurlearen eta Arduinoaren arteko konexioa

5.5.3 PIXY 2 kamera

Beste kamera gehienak ez bezala, Pixy 2 kamera bere kabuz objektuen kolorea antzeman eta objektu hauen jarraipena egin dezakeen kamera da. Honek 60 *frame* segundoko abiaduran egiten du lan, hau da, irudi bat prozesatzeko gaitasuna du 16.7 milisegundotan. Prozesamendu hau burutzeko, 204 MHz-ko abiaduran lan egiten duen mikroprozesadore propioa dauka 264KB-eko RAM memoria batez horniturik [10].



Irudia 18 PIXY 2 kamera

Honek 7 kolore ezberdin identifikatzeko gaitasuna du eta gainera, kolore hauen edo identifikatu nahi diren objektuen zehazpena oso erraza da. Pixy 2 kamerari objektu bat irakasteko, objektu hau kameraren aurrean jartzearekin eta honek daukan botoia sakatzearekin nahiko da. Behin kolorea ikasi duenean, bere flash memorian gordetzen du eta horrela nahiz eta elikatze iturria kendu edo kamera amatatu, berrero piztean kolore hauek identifikatzeko gai izaten jarraituko du.

Gainera, *PixyMon* izeneko ordenagailu softwarearen bitartez, kamerak denbora errealean grabatzen hari dena ere ikusteko aukera dago. Horrez gain, programa honen bitartez ere irakatsi diezaioke identifikatu beharreko objektuak kamerari eta hauen identifikazioa hobetu edo egon daitezkeen erroreak murriztu kameraren zenbait parametro aldatuz.

Hala ere, kamera hau ez da solik koloreak identifikatzeko gai, baizik eta kolore-kodeak edo barra-kodeak identifikatzeko gai ere da. Kolore kodeak, bi kolorez osaturiko kodeak dira eta honek dakarren abantaila nagusia, positibo faltsuen ekidipena da. Izan ere, oso zaila izango da zoriz zehaztutako bi kolore bata bestearen alboan egotea. Hau ez ezik, Pixy 2 kamerak lerro jarraitzaile-gisa jarduteko gaitasuna ere badu.

Kamerak lortutako informazioa erabiltzeko, mota anitzeko mikro-kontrolagailuak erabili daitezke, Arduino edo Raspberry-a esaterako. Hauekin konexioa burutzeko ere hainbat aukera eskaintzen ditu, SPI, I2C, UART edo USB besteak beste. Gainera, honen erabilpena errazteko mikrokontrolagailu ezberdinetako programazio eremuetan erabiltzeko liburutegiak daude eskuragarri.

Beraz, aipatutako dena kontuan hartuta, PIXY 2 kamera oso aukera ona da ikusmen artifizialeko proiektua gauzatzeko, honek eskaintzen dituen aukera eta erraztasun guztiengatik.

5.5.4 Aukeren analisisa

Proiektu honetan erabiliko den ikusmen artifizial sistema aukeratzeko kontuan izango diren faktoreak, zehaztasuna prezioa eta identifikazio kopuru maximoa izango dira. Zehaztasuna aztertzeke zergatia nahiko argia da. Objektuak identifikatzeko erabiliko denez, ezin du akatsik egin, ezin du objektu bat beste batekin erratu eta hau lortzeko, identifikazioak zehatzak izan behar dira. Prezioa bestetik, aurreko beste osagaietan bezala, ahalik eta txikiena izan behar da proiektua azkenean ahalik eta merkeena izateko. Azkenik, oso garrantzitsua da zenbat objektu ezberdin identifikatu ditzakeen aukeratutako sistemak enpresa mota eta objektu kantitate gehienetara moldatzeko.

Taula 16 Ikusmen artifizial sistemen ezaugarriak

	TCS3200 kolore sentsorea	RT203 kode - irakurlea	PIXY 2 kamera
Zehaztasuna	Ona	Oso ona	Oso ona
Prezioa	7,1€	61.65€	64.99€
Identifikazioak	3	Mugagabea	7

Taula 16 aztertuta, TCS3200 aukera oso aukera ona dirudi prezioaren ikuspuntutik, hala ere, 3 kolore identifika ditzake zehaztasun osoz eta beraz nahiko eskaz geratzen da. Bestetik, barra-kode sistema oso aukera ona da identifikazio mugagabeak erabiltzen direlako. Baina kontuan izanda etiketak lan-eremu ezberdinak zehazteko erabiliko direla eta enpresak normalean ez dituztela 7 lan eremu baino askoz gehiago izaten, PIXY 2 aukera ere aintzat hartu daiteke. Gainera, PIXY 2 kamerak eskaintzen dituen aukera eta identifikazio mota guztiak ikusirik, enpresa mota guztietara egokitu daiteke eta beraz proiektu honetan aukeratutako den ikusmen artifizial sistema **PIXY 2** kamera da.

6 Proposatutako irtenbideen diseinua

Proiektuan ezarritako helburuak betetzeko aurreko atalean aukeratutako elementuak erabili dira. Atal honetan, proiektua burutzeko erabilitako elementuen eta muntaien deskribapen zehatzago bat egingo da. Deskribapen hau burutzeko, lehenik eta behin proiektuaren garapena aurrera eramateko prozesua fase ezberdinetan banatu dela esan beharra dago. Diseinu fase desberdin horiek honakoak dira:

- Ibilgailuaren mugimendua
- Oztupoaren detekzioa
- Ikusmen artifizial sistema

6.1 Ibilgailuaren mugimendua

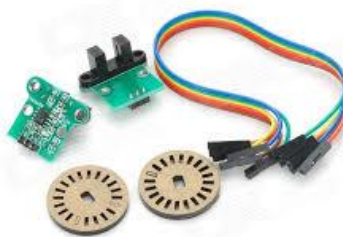
Lehengo fasean, ibilgailuaren mugimendua definitu eta programatu da, inolako oztopo somatze sistematik gabe eta inolako ikusmen adimentsuko sistematik gabe. Hau burutzeko, Arduino MEGA 2560 txartela, 4 motore, *Adafruit MotorShield*-a eta *HC-020k* encoderra erabili dira. Arduino txartela ez ezik, aipaturiko gainerako elementu guztiak roverraren egituraren erosketan *pack*-aren barnean zetozen. Ibilgailuaren mugimenduak garatu baino lehen, ibilgailua fisikoki eraiki behar izan zen erositako elementu guztiak batuz eta konektatuz.

Shield bat Arduino plakara konektatzen den eta honi funtzio gehigarriak gehitzen dizkion zirkuitu txartel bat da. Kasu honetan, *Adafruit MotorShield*-a serbomotoreak, DC motoreak eta pausuz-pausuko motoreak kontrolatzeko gaitasuna eskaintzen duen *shield* bat da. Beraz, honi esker ibilgailuaren motoreak era eraginkor eta errazago baten bidez kontrolatu ahalko dira.



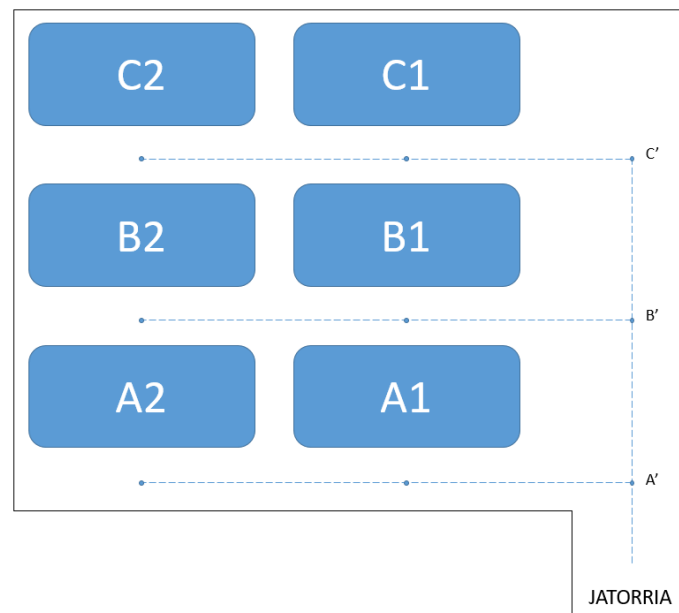
Irudia 19 Adrafruit MotorShield

Enkoderrak berriz, higidura mekanikoa mota anitzeko pultsu elektrikoetan bihurtzeko gai diren gailu elektromekanikoak dira. Hauen funtzionamendu printzipioa hainbat mota ezberdinatekoa izan daiteke, magnetikoa edo optikoa esaterako. Ibilgailu honen higidura kontrolatzeko eta aztertzeke enkoder optiko bat eraibiliko da. Mota honetako enkoderrak laser optiko batez baliatzen dira seinaleak sortzeko. Motorraren biraketa ardatzean zulodun eraztun bat kokatzen da eta laserra zulo hauek daudenean soilik igaroko da eraztunaren albo batetik bestera. Horrela, laserraren etendurak kontrolatuz, motorraren mugimenduaren ezaugarriak kontrola daitezke. Enkoder hauen ezaugarri nabarmenenak zehaztasuna eta kontaktu fisiko eza dira. Proiektu honetan distantziak kontrolatzeko aukeratutako enkoder optikoa HC-020k sentsorea izan da.



Irudia 20 HC-020k enkoderra

Ibilgailuak ezarritako ibilbidea burutu dezan, azpiprograma ezberdinak eraiki dira eta hauek leku zehatz batera joateko, dagozkion azpi-azpiprogramak exekutatu dituzte. Proiektu honetan erabiliko den plantaren adibidea 6 postu ezberdinez osaturik egongo da eta beraz, 6 azpiprograma nagusi egongo dira. Era berean, hauek bere barnean hainbat azpi-azpiprograma ezberdin exekutatu dituzte zehaztutako tokira joateko.

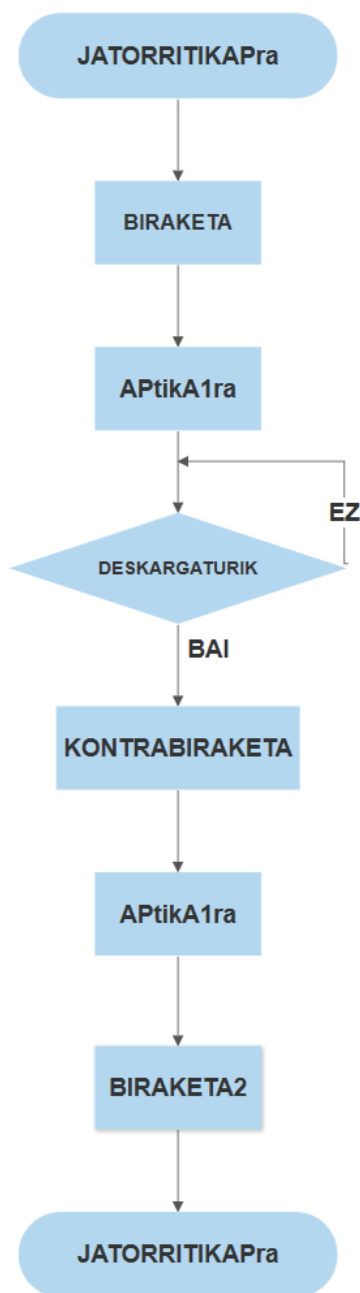


Irudia 21 Proiektuko plantaren adibidea

Irudia 21 irudian aipatutako plantaren adibidea ikusi daiteke, 6 lan postu ezberdinez osaturik. Hauetara joateko azpiprograma nagusiak *A1*, *A2*, *B1*, *B*, *C1* eta *C2* izango dira. Azpiprograma nagusi hauek osatzen dituen azpi-azpi programak ondorengoak dira:

- Jatorritik prima posizioetara doana: *JATORRITIKAPra*, *JATORRITIKBPra* eta *JATORRITIKCPra*
- 90°-ko biraketa: *BIRAKETA*
- Prima posizioetatik helmugara doana: *Ptik1ra* eta *Ptik2ra*.
- 180°-ko biraketa: *KONTRABIRAKETA*
- -90°-ko biraketa: *BIRAKETA2*

Beraz, kontuan izanda ibilbideak zeintzuk diren eta azpiprogramak definiturik izanik, azpi-programa nagusiak Irudia 22 irudian adierazten den egitura izango du:



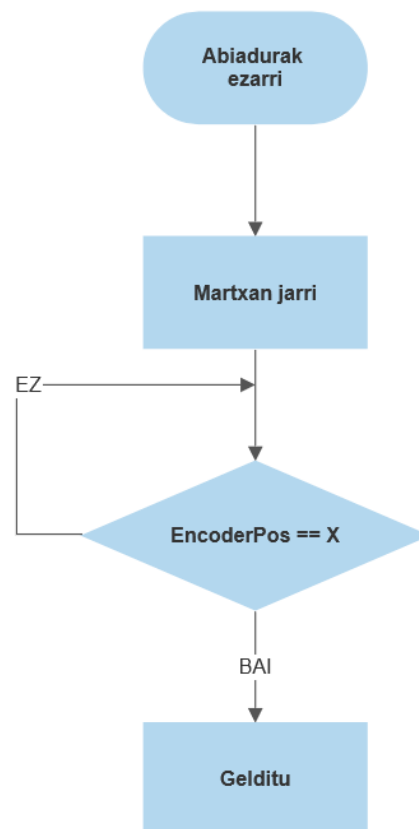
Irudia 22 Abat azpiprogramaren egitura

Irudia 22 irudian ikusi daitekeen moduan, ibilgailu autonomoak burutuko duen lehenengo mugimendua jatorritik dagokion prima postura (A', B' edo C') joatea izango da. Behin hona heltzerakoan, 90°-ko biraketa bat burutuko du norabide berria hartzeko. Ondoren, dagokion posiziorantz abiatuko da (A1, A2, B1, B2, C1 eta C2). Helmugara heltzean, garraiatutako objektua ibilgailutik kendu beharko da eta roverrak objektua kendu arte itxarongo du. Objektua kentzerakoan, 180°-ko

biraketa egingo du jatorrirantz joateko. Biraketa honen ondoren prima postuetara joango da berriro eta bertan -90° -ko biraketa bat emango du. Azkenik, prima postu hauetatik jatorrira itzuliko da non berriro objekturen bat garraiatu behar duen arte itxarongo du.

Ibilbidea zelan zehazten den ikusirik, mugimendua burutzen duten azpi-azpi-programen egitura aztertuko da. Roverra mugitu dadin, DC motoreak PWM seinale bidez kontrolatzen dira. PWM seinaleak seinale periodiko baten lan-zikloa egokitzeko teknika bat da. *Duty-cycle-aren* gaineko kontrola izanik, motorrari heltzen zaion karga kantitatea kontrola daiteke eta beraz, honek izango duen abiadura. Kasu honetan, motorren gaineko kontrol hau *motorshield*-aren bidez egin da eta abiadura zehatz bat ezarriz hau izan da dagokion PWM seinalearen sortzailea.

Proiektu honetan ibilgailu autonomoak egiten dituen translazio eta biraketa guztien programen egiturak Irudia 23 irudian adierazten direnak dira.



Irudia 23 Ibilgailu autonomoaren mugimenduen programazio egitura

Translazioak burutzeko, ibiltzen jartzean motorrak denak norabide berdinean biraraziko dira. Biraketetan berriz, roverrak ezin duenez gurpilen norabidea aldatu, albo bateko gurpilak norabide baten eta bestekoak bestean biraraziko dira.

Irudia 23 irudian ikusi daitekeen diagraman agertzen den EncoderPos aldagaia, enkoderraren neurketa izango da. Honela, lehen esan bezala, enkoderrak neurtuko eta zehaztuko du zenbateko distantzia ibiliko den ibilgailua. Kasu honetan enkoderraren diskoak 20 etenune dituen birako eta erabilitako gurpilen diametroa 65mm-koa denez, enkoderrak emandako seinale bakoitza ibilitako 10,21 mm distantziari dagokio.

Enkoderraren seinale hau kudeatu ahal izateko, Arduino txartelaren etenduretara konektatu da. Honela, beste edozer egiten egonda era, *EncoderPos* aldagaiaren balioa eguneratu egingo da.

6.2 Oztopo detekzioa

Behin mugimenduak era egokian burutzen diren, oztopo detekzio sistema ezarri zaio. Hau egiteko aukeratutako osagaia HC-SR04 sonarra izan da. Hala ere, kontuan izanda honen irakurpen angelu egokia 30° baino ez direla, serbomotore bat ezarri zaio honen azpian honek irakurketak angelu ezberdinetan burutu ditzan.

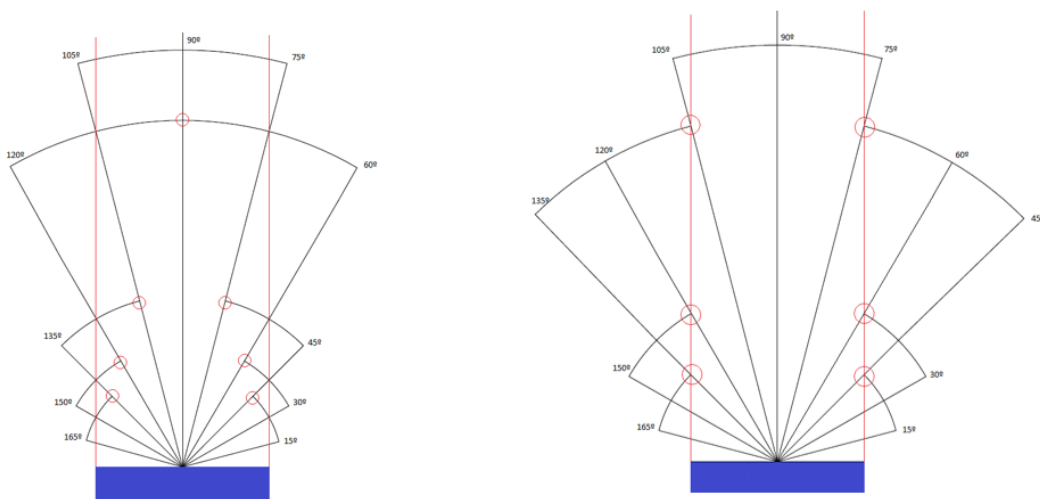
Aukeratutako serbomotorea SG90 serbomotorea izan da. Serbomotore hau tamaina eta prezio txikiko serbomotore bat da eta 0,1 segundo behar ditu 60° biratzeko. Hau kontrolatzeko, *Servo.h* liburutegia erabili da, serbomotorea oso modu intuitiboan maneiatzea ahalbidetzen baitu.

Sonarraren ikuspen angelu egokia 30° denez, honen irakurketa serbomotorraren 15° -ro egingo da. Hasiara baten irakurketak serbomotorraren 5° -ro egitea pentsatu zen, hala ere, neurketa larregi ziren eta denbora gehiegi behar zuen espazio osoa aztertzeke. Honen ondorioz, alde bat aztertzen zegoen bitartean beste alde aztertu arte denbora gehiegi pasatzen zen eta sarri oztopoak ez ziren detektatzen. Beraz, esan bezala, irakurketak serbomotorraren 15° -ro burutuko dira eta honen 30° - 150° bitarteko espazioan. Gainera kontuan izanda sonarraren aztertze angelu efikaza 30° direla, benetan aztertuko den espazioa 15° - 165° bitatekoa izango da.

Hori ez ezik, oztopo faltsuak ekiditeko asmoarekin, angeluen arabera oztopoa izateko distantzia minimoa kalkulatu da. Hau da, nahiz eta zerbait egon, roverrak jo egingo ez badu, ez da geldituko. Distantzia hauen kalkulua burutzeko, trigonometria erabili da. Kasu honetan, sonarra ibilgailuaren erdialdean kokaturik dagoenez eta bertatik roverraren ertzera 75 mm daudenez, distantzia minimoaren kalkulua honela burutzen da:

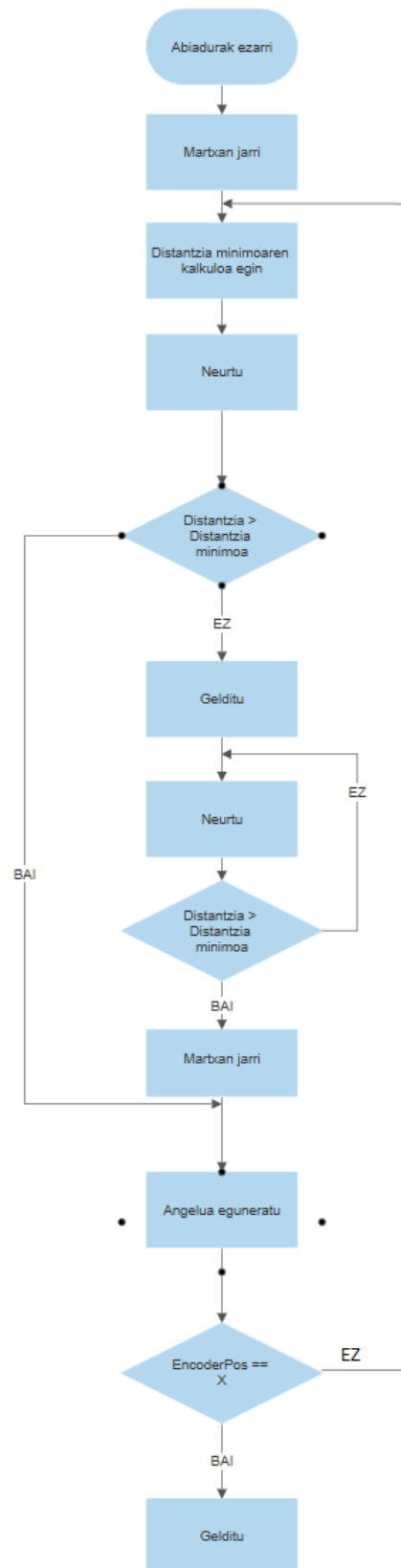
$$Distantzia\ minimoa = \frac{7,5}{\cos(\text{angelua})}$$

Hala ere, neurketa ez denez soilik angelu horretan egiten baizik eta angelu horretatik $\pm 15^\circ$ -ra, distantzia minimoaren kalkulua ezin da serbomotorea dagoen angeluan kalkulatu. Izan ere, 30° -ko aztertze angelua duenez, punturik kritikoena eta distantzia kritikoena $+15^\circ$ -an egongo da [30° - 90°] eta -15° -an [90° - 150°]. Beraz, distantzia minimoen kalkulua angelu hauetan burutu beharko da. Bestalde, segurtasun margin bat utziko da, hau da, ez da zuzenean distantzia minimoa topetzat jarriko baizik eta honi zentimetro bat utziko zaio margin moduan. Gainera badaude zenbait angelu distantzia minimoa oso altua geratzen dela eta kasu honetan, distantzia hau 25cm-tara mugatu da.



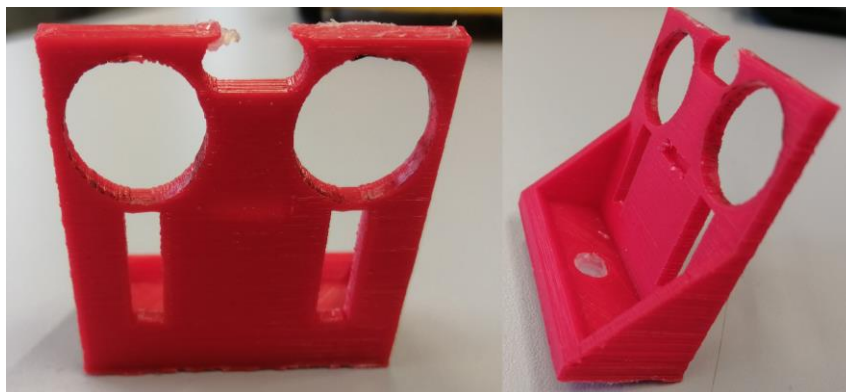
Irudia 24 Distantzia minimoekin sonarra

Neurketak zenbatero egin behar diren zehazturik eta oztupoak ze distantziatara onartuko diren zehazturik, oztopoen antzematea deskribatzen duen algoritmoa Irudia 25 irudian ikusi daiteke.



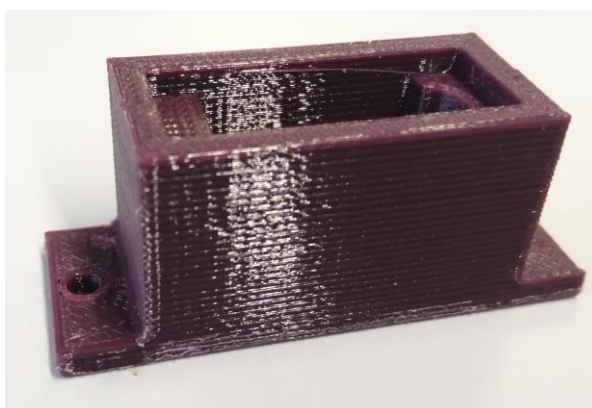
Irudia 25 Mugimenduen eta oztopo detekzioaren programazio egitura

Programazioa buruturik, sonarra leku berdinean mantentzeko euskarri baten beharra dago honek momentu oro posizio egokia mantendu dezan. Hori lortzeko, sonarraren neurriak hartu dira kalibre baten bitartez eta *AutoDesk Inventor* softwarearen bitartez honentzako euskarri bat eraiki da ondoren 3D inprimagailuan inprimatu dena.



Irudia 26 HC-SR04 sentsorearen euskarria

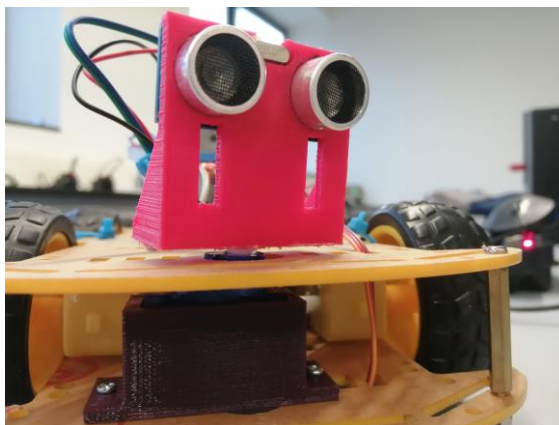
Probak egin ondoren, serbomotorrak ere euskarri baten behar duela antzeman da. Izan ere, euskarriak gabe sarritan HC-SR04 sentsorea eta honen euskarria biratu ordez, serboa da biratzen dena. Hau ekiditeko, berriro ere software bera erabiliz euskarri bat eraiki zaio serboari hau bertan enkaxatuta geratu dadin.



Irudia 27 Serbomotorraren euskarria

Behin euskarriak 3D inprimagailuaren bitartez inprimaturik edukirik, ibilgailuan muntatutako dira. Hau egiteko, servomotorra bere euskarriaren barnean sartzen da eta roverraren egituraren bi xafren erdian kokatzen da. Bestetik,

sonarraren euskarria eta sonarra bera roverraren goiko partean kokatuko dira 28. irudian ikusi daitekeen bezala.



Irudia 28 HC-SR04 sentsorearen eta serbomotorraren euskarriak muntaturik

6.3 Ikusmen artifizial sistema

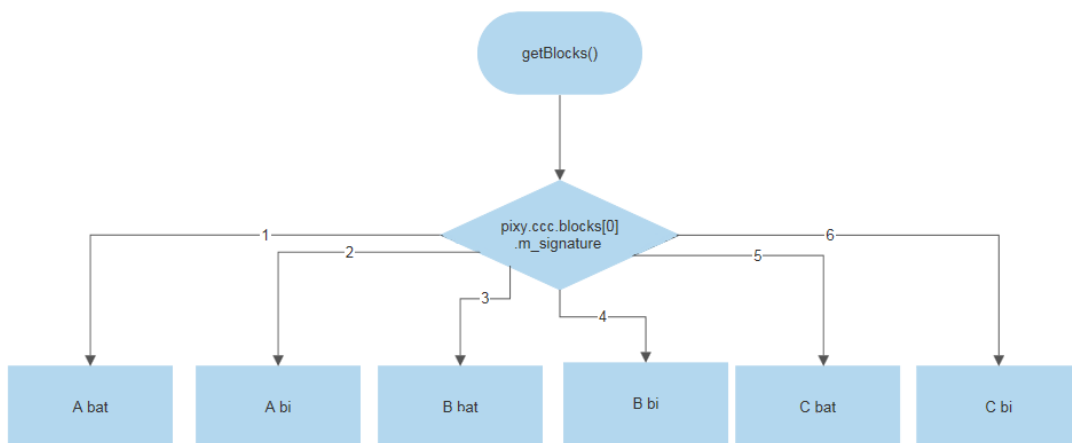
Ibilbideak era egokian eta oztopoak detektatuz egiten dituela frogatu ondoren, garraioaren helmuga era autonomoan erabakitzeko sistema implementatu behar da. Hau egiteko, aukeren analisia atalean zehaztu zen bezala, Pixy2 kamera erabiliko da.

Lehenik eta behin, kamerari objektuak irakatsi behar zaizkio. Hori egiteko, esan bezala bi modu ezberdin daude, kamerak horretarako daukan botoia sakatuz edo *PixyMon* ordenagailu softwarearen bitartez. Kasu honetan, koloreak ondo bereizten zituela bermatzeko eta inolako akatsik ez izateko, *PixyMon* bidez egin da. Bertan ere aldagaiei izenak aldatu zaizkio dagokio koloreengatik.

Behin identifikatu beharreko objektuak irakatsita kameraren irakurketak zelan eskuratu jakin behar da. Hau egiteko, *Pixy* konpainiak, beste mikrokontroladore askorentzako bezala, arduinoarentzako liburutegi propioak garatu ditu kamera era erraz batean kontrolatzeko. Lehenengo erabili behar den agindua *getBlocks()* agindua da, honek kamerak momentu horretan ikusten hari den guztia honen memorian gordetzen du geroago erabili ahal izateko. Hau da, kamera

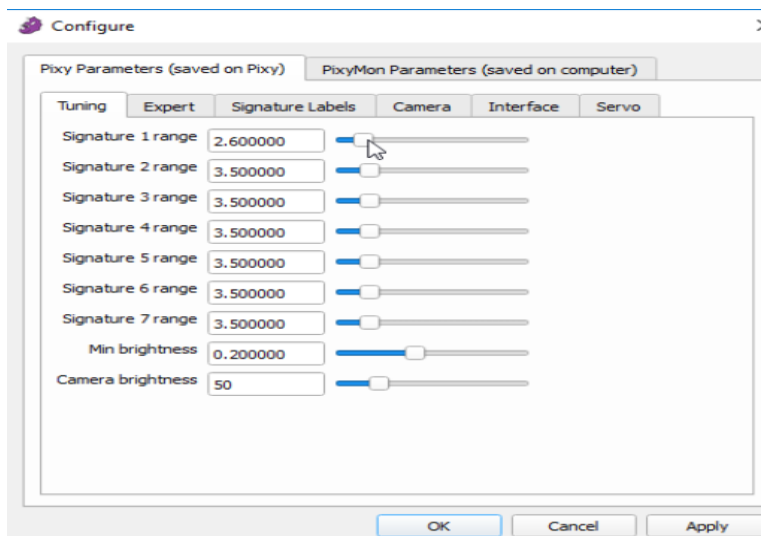
etengabe dago datuak eskuratzen baina hauek soilik gordetzen ditu *getBlocks()* agindua exekutatzean.

Pixy2 kamerak aurkitutako objektuen informazio anitz eskuratzen eta gordetzen du: kolorea, X posizioa, Y posizioa, Z posizioa, angelua... Hala ere, proiektu honetarako behar izango den informazio bakarra kolora izango da. Balio eta datu guzti hauek gordetzeko array bat sortzen du detektaturiko objektu bakoitzarentzako. Beraz, nahi den informazioa eskuratzeko objektuari dagokion array-era jo behar da. Kasu honetan detektatutako objektuaren kolorea jakiteko, *pixy.ccc.blocks[i].m_signature* aldagaiaren balioa aztertu behar da non *i* detektatutako objektu zenbakia den. Diseinatutako ibilgailu autonomoak objektu bakar bat detektatuko duenez uneoro, *pixy.ccc.blocks[0].m_signature* aldagaiaren balioa aztertu beharko da.



Irudia 29 Pixy2 kameraren programazio egitura

Azkenik, jada programaturik izanda, positibo faltsuak ekidin behar dira eta hau lortzeko, *PixyMon* softwarea erabili da. Bertatik modu askotan hobetu daiteke objektuen bereizmena eta horrela positibo faltsuak ekidin. Hala ere, metodorik eraginkorrena, koloreen finketa da. Hau egiteko, programaren ezarpen panelean *tuning* atalean kolore bakoitza banan banan ezarri behar da. Zenbat eta ezkererago edo balio txikiagoa jarri, murriztaileagoa izango da.



Irudia 30 Koloreen finketa taula

Objektuen detekzioa egokia izanik eta positibo faltsuak bazterturik, *Pixy2* kamerarentzat euskarri bat eraiki behar izan da. Hau egiteko, *GrabCad* webgunean eskuragarri zegoen diseinu bat erabili da. *GrabCad* CAD motako artxiboak igotzeko eta partekatzen den webgunea da. Bertan mundu osoko erabiltzaileek beraien 3D diseinuak partekatzen eta erakusten dituzte.

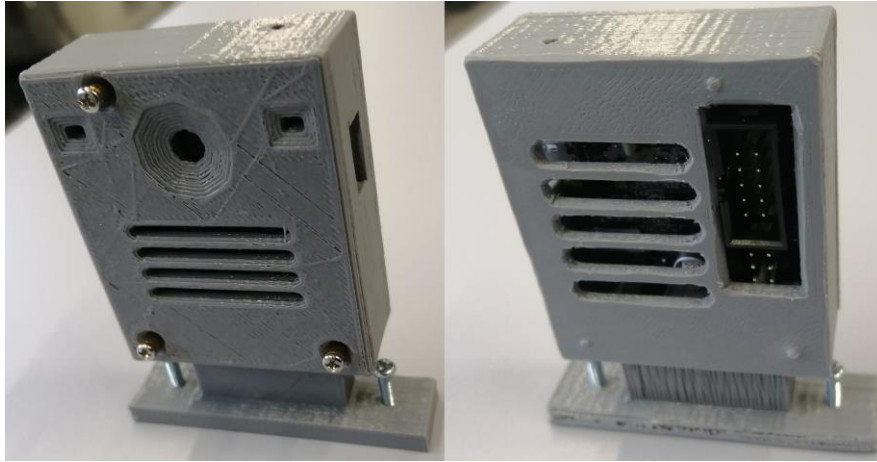
Ibilgailu autonomoaren kamerarentzako erabilitako diseinua moldatu egin behar izan da proiektu honetan erabilgarri izan dadin. Izan ere, webgunetik eskuratutako diseinuak ez zuen inolako oinik roverraren egiturara atxikitzeko eta beraz, gehitu behar izan zaio. Estalki hau bi atalez osaturik dago, alde batetik gorputz nagusia eta bestetik tapa.



Irudia 31 Pixy 2 estalkiaren 3D diseinuak

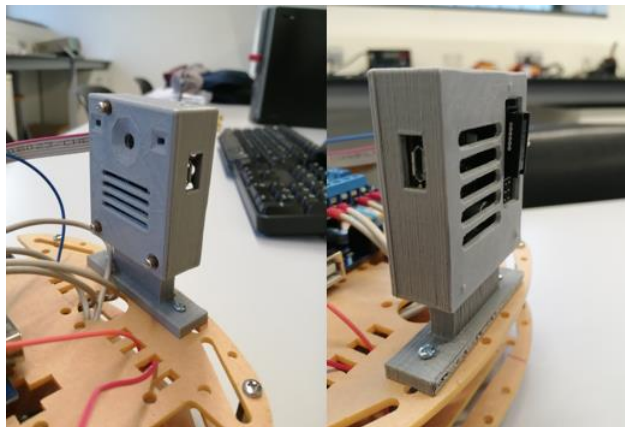
Behin diseinuak moldaturik eta proiektu honetara egokiturik, berriro ere 3D inprimagailua erabiliz estalkia inprimatu da. Piezak inprimatu ondoren, PIXY2

kamera estalkiaren gorputzaren barnean kokatzen da eta torloju batzuk erabiliz, tapa jartzen zaio.



Irudia 32 PIXY 2 kameraren estalkia

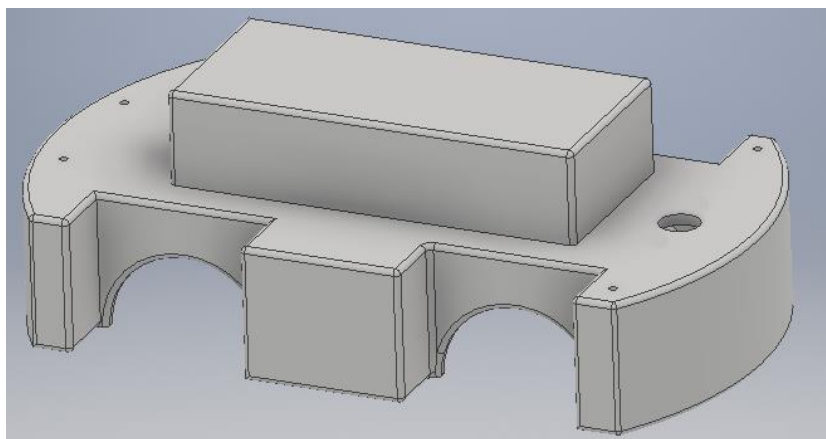
Estalkia kokatzeko, lehenik eta behin posizio egoki bat pentsatu behar da. Izan ere, hau objektuak detektatuko eta identifikatuko dituen osagaia izanik, hauek detektatzeko posizio egokian kokatuta egon behar da. Ibilgailu autonomo honek objektuak bere egituraren erdialdean eramango dituenez, kamera roverraren atzealdean kokatzea erabaki da. Hau kokatzeko, torloju batzuk erabili dira Irudia 33 irudian ikusi daitekeen moduan.



Irudia 33 Pixy 2 kameraren euskarria muntaturik

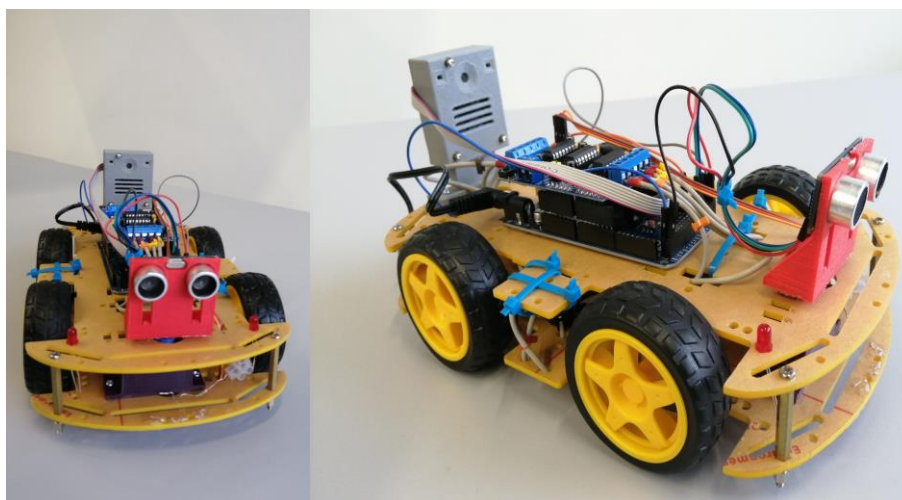
Kameraren programazioa egokia izanik eta estalkia inprimaturik izanik, azken atal honetan eginikoa aurretik egindakoari gehitu zaio eta ibilgailu autonomoa bere osotasunean frogatzen da.

Azkenik, roverra estaltzeko eta hau osatzen duten osagai guztiak babesteko 3D inprimagailuarekin estalki bat eraiki zaio. Gainera, estalki honek ere funtzio estetikoak izango ditu. Bestetik, segurtasun arazoak direla eta, estalkiak ez du ertz zorrotzik izango. Era honetan, kolperik egotekotan, hauen arriskua murriztu egingo litzateke. Hau ez ezik, estalkiaren kanpoaldetik seinale luminiko bat ezarriko da roverra mugitzen hari dela adierazteko eta bertatik egon litezkeen langileei abisatzeko.



Irudia 34 Ibilgailu autonomoaren estalkiaren diseinua

Irudia 35 irudian ibilgailu autonomoaren prototipoa ikusi daiteke. Bertan ez da estalkirik jarri. Izan ere, prototipo bat besterik ez denez eta kontuan izanda estalkiak duen tamaina eta behar duen material kantitatea, kostuak eta materiala aurrezteko ez da inprimatu.



Irudia 35 Ibilgailu autonomoaren prototipoa

INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA AUTOMATIKAREN
INGENIARITZAKO GRADUA

GRADU AMAIERAKO LANA

***OBJEKTU SAILKATZAILE ETA
GARRAIATZAILE AUTONOMOA***

2. DOKUMENTUA- LANERAKO ERABILITAKO METODOLOGIA

Ikaslea: Balbuena, Garcia, Unai

Zuzendaria : Sevillano, Berasategui, Maria Goretti

Ikasturtea: 2019-2020

Data: Bilbo, 2020, Otsailak, 10

7 Deskribapena, faseak eta ekipoa

Proiektu hau garatu ahal izateko egin beharreko zereginak fase ezberdinetan zatitu behar izan dira bakoitza bere zailtasunak izanik. Fase ezberdin hauen deskribapena eta hauek izan duten iraupena adieraziko da dokumentu honetan. Gainera, Gantt-n diagrama bat gehituko da proiektu osoaren garapenaren denborak era bisual eta erraz baten ikusi ahal izateko.

Hori ez ezik, dokumentu honetan ere proiektu hau burutu duen lan talde aurkeztuko da, bakoitzak izandako rol eta zereginak aurkeztuz.

7.1 Lan taldea

Gradu Amaierako Lan honen zuzendaria Maria Goretti Sevillano Berasategui izan da. Honen zeregina proiektu buruak egindako gauzen gainbegiraketa izan da. Bestetik, honek idatzitako eta aurkeztutako dokumentuen zuzenketaz ere arduratu da hauek irakurterrazak, argiak eta egokiak direla bermatuz. Azkenik, proiektu buruari proiektuaren garapenean zehar sortutako arazoak, dudak eta zalantzak argitzen ere lagundu du.

Proiektuaren burua Unai Balbuena Garcia izan da. Hau izan da proiektuan egin beharreko zeregin guztiak burutu dituen. Bere zereginak informazioaren bilaketa, diseinuaren eraiketa, programazioaren garapena, prototipoaren eraiketa eta memoriaren eta dokumentazio osoaren idazketa izan dira. Gainera, sortutako arazo ezberdinen soluzioa pentsatzea eta hauei buruzko informazioa bilatzeaz ere arduratu da.

Laborategiko teknikaria den Cesar Perez Barrios-ek ere osatzen du proiektu honen lan taldea. Honen zereginak proiektuak behar izan dituen 3D objektuen inpresioa eta zenbait duda teknikoaren argipena izan dira. Gainera, proiektuan behar izan diren torloju edo bestelako materialen eskuraketa ere Cesarrek egin ditu.

7.2 Lan faseak

Proposatutako irtenbideen diseinua atalean esan bezala, proiektu hau garatzeko hainbat fase ezberdinetan banandu izan da. Hala ere, honen garapenak bertan aipatu eta azaldu ez diren beste fase batzuk ere egon dira. Fase banaketa honi esker, proiektuaren garapena era ordenatu eta eraginkor batean burutu ahal izan da nahiz eta batzuetan fase batzuk nahi baino denbora gehiago iraun izan.

7.2.1 Ideien bilaketa

Proiektua gauzatu ahal izateko, lehenik eta behin proiektua zeri buruz izango den zehaztu behar da. Hau da hain zuzen ere atal honetan egin dena. Gradu amaierako lan hau burutzeko, hasiera baten ikusmen artifizialdun proiektu bat egitea pentsatu zen. Hala ere geroago biltegi edo planta automatizatu batentzako ibilgailu edo garraio sistema baten pentsatu zen. Era honetan, bi ideiak batuz proiektu honetan gauzatutako ibilgailu autonomoan pentsatu zen.

- **Iraupena:** 2 aste
- **Arduraduna:** Proiektu burua

7.2.2 Informazio bilketa

Proiektuaren ideia zehazturik, honi buruzko informazioa bilatu eta bildu behar izan da. Lortutako informazioaren artean erabili beharreko osagai guztiei eta hauen alternatibei buruzko informazioa, hauen funtzionamendu egokiari buruzko informazioa eta prototipoa garatzeko informazio gehigarria daude.

- **Iraupena:** 2 aste
- **Arduraduna:** Proiektu burua

7.2.3 Prototipoaren garapena

Ibilgailua muntatzeko informazio guztia izanik, hurrengo fasean burututako zeregina honen garapena izan da. Bertan, atal bakoitzaren kalkuluak, kableaketa, muntaketa eta programazioa burutu behar izan dira. *Proposatutako irtenbideen diseinua* atalean aipatu bezala, prototipoaren garapenean ere fase ezberdinak izan dira.

7.2.3.1 Ibilgailuaren mugimendua

Atal honetan, roverraren mugimenduen programazioa eta depurazioa egin dira. Bertan, distantzien kontrola egiteko modu bat baino gehiago probatu eta inplementatu dira azkenean egokienarekin geratzeko. Fase honen amaieran, roverra jatorritik helmugara joateko gai izan da era autonomo baten.

- **Iraupena:** 4 aste
- **Arduraduna:** Proiektu burua

7.2.3.2 Oztopo detekzioa

Atal honetan istripuak galarazteko sistemaren inplementazioa burutu da. Horretarako, sonarra eta serbomotorea muntatu eta programatu dira. Esan beharra dago, atal honen barnean ere hiru azpiatal egon direla. Alde batetik, sonarraren programazio eta funtzionamendu egokia lortzea, bestetik serbomotorraren programazio eta funtzionamendu egoki bat lortzea eta azkenik, bi atal hauen mihiztadura. Gainera, atal honetan gehitu behar dira sonarraren eta serbomotorraren euskarrien diseinua eta inprimaketa.

Behin atal hau eginda izanik, aurreko atalarekin batu behar izan da eta biak batera jarri. Lan hori ere atal honen barnean konputatuko da.

- **Iraupena:** 3 aste
- **Arduraduna:** Proiektu burua

7.2.3.3 Ikusmen artifizial sistema

Atal honen barnean, *Pixy2* kameraren programazioa eta ezagutu beharreko objektuen irakaskuntza burutu da. Gainera, arduinoko *Pixy2* liburutegien erabilpena egiten ere ikasi da atal honetan. Horrez gain, aurreko atalean gertatu den bezala kameraren estalki eta euskarriaren bilaketa eta moldaketa ere atal honen barnean burutu da.

Behin identifikazio egoki bat izanik eta estalkia era egokian instalaturik izanik, atal hau aurreko bi atalekin bateratu egin da.

- **Iraupena:** 6 aste
- **Arduraduna:** Proiektu burua

7.2.4 Dokumentazioaren idazketa

Proiektuaren azken atal hau, aurreko guztia buruturik izanda egin da. Bertan, proiektuari buruzko informazio guztia dagozkion dokumentuetan idatzi dira modu argi eta egoki batean.

Dokumentazioan idatzitako dokumentuak ondorengoak dira:

- Memoria
 - Lanerako erabilitako metodologia
 - Alderdi ekonomikoak
 - Ondorioak
 - Bibliografia
-
- **Iraupena:** 5 aste
 - **Arduraduna:** Proiektu burua

8 Gantt-en diagrama

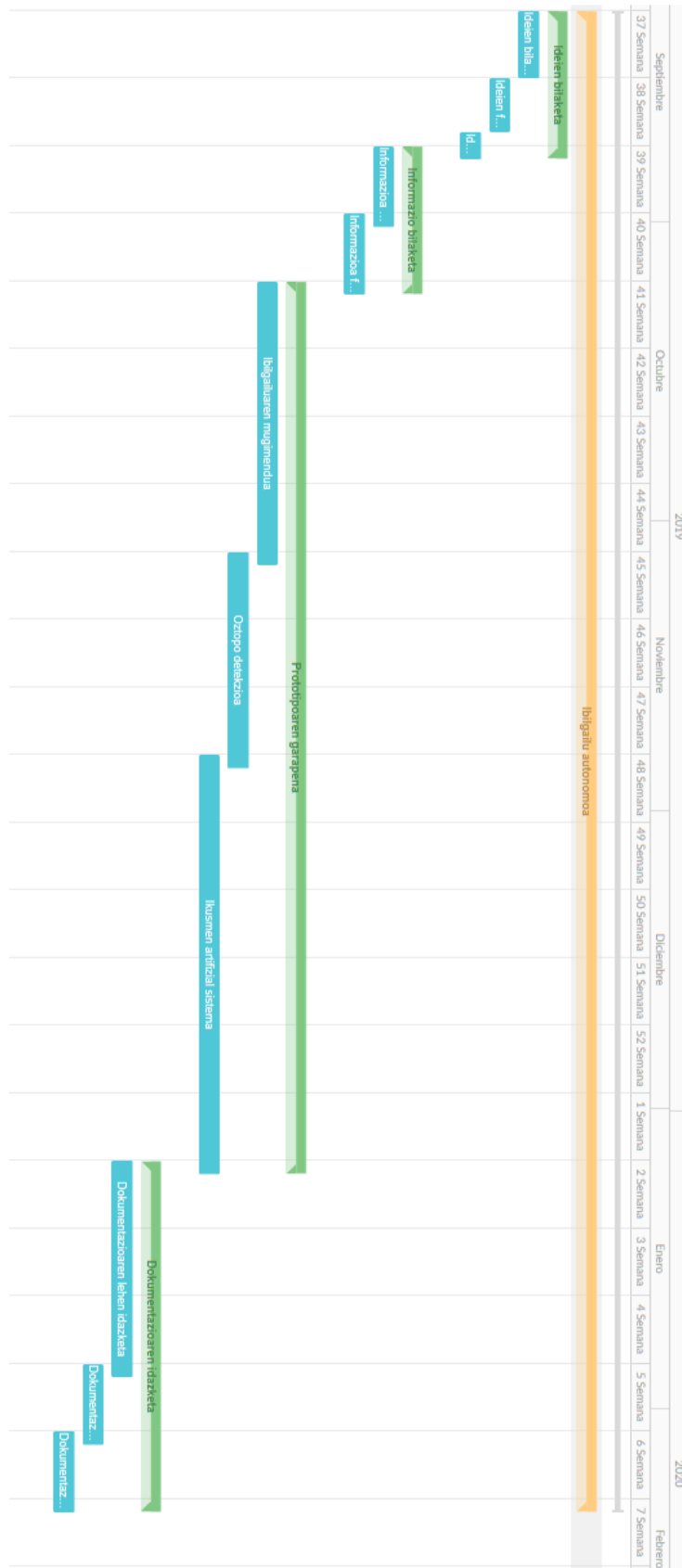
Dokumentazioaren atal honetan proiektua burutzeko zeregin bakoitza eta honen iraupena Gantt diagrama baten bidez adieraziko da. Eginiko zeregin guztiak multzokatu egingo dira *Lan faseak* atalean adierazitako multzoetan.

Proiektuaren garapenaren fase bakoitza eta honen barnean dauden ekintza guztiak eta dagozkien iraupenak Irudia 34 irudian ikusi daitezke.

Proiektuaren fasea		Hasiera	Amaiera
		2019/09/09	2020/02/10
1	<input type="checkbox"/> Ibilgailu autonomoa	2019/09/09	2020/02/10
1.1	<input type="checkbox"/> Ideien bilaketa	2019/09/09	2019/09/23
1.1.1	Ideien bilaketa	2019/09/09	2019/09/13
1.1.2	Ideien finketa	2019/09/16	2019/09/19
1.1.3	Ideia aukeratea	2019/09/20	2019/09/23
1.2	<input type="checkbox"/> Informazio bilaketa	2019/09/23	2019/10/07
1.2.1	Informazioa bildu	2019/09/23	2019/09/30
1.2.2	Informazioa filtratu	2019/09/30	2019/10/07
1.3	<input type="checkbox"/> Prototipoaren garapena	2019/10/07	2020/01/06
1.3.1	Ibilgailuaren mugimendua	2019/10/07	2019/11/04
1.3.2	Oztopo detekzioa	2019/11/04	2019/11/25
1.3.3	Ikusmen artifizial sistema	2019/11/25	2020/01/06
1.4	<input type="checkbox"/> Dokumentazioaren idazketa	2020/01/06	2020/02/10
1.4.1	Dokumentazioaren lehen idazketa	2020/01/06	2020/01/27
1.4.2	Dokumentazioaren zuzenketa	2020/01/27	2020/02/03
1.4.3	Dokumentazioaren bigarren zuzen...	2020/02/03	2020/02/10

Irudia 36 Proiektuaren fase eta azpi faseen zerrenda

Gratu Amaierako Lan hau gauzatzeko behar izan diren ekintza guztiak eta hauen kokapena denboran zehar argi ikusteko, Irudia 35 irudian proiektuaren garapenaren Gantt-en diagrama eraiki da.



Irudia 37 Proiektuaren Gantt-en diagrama

9 Kalkuluak

Dokumentu honen atal honetan, proiektuan egin behar izan diren kalkuluak eta hauen emaitzak aurkeztuko dira.

9.1 Distantzien kalkulua

Burutu behar izan den lehenengo kalkulua sonarrak itzultzen duen denboratik objektura dagoen distantziara pasatzeko formula deduzitzea izan da. Horretarako, jakinik soinuaren abiadura 343m/s dela, honako kalkuluak burutu behar izan dira:

$$\frac{343 \text{ m}}{1 \text{ s}} \cdot \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \cdot \frac{1 \text{ s}}{1000000 \mu\text{s}} = \frac{1 \text{ cm}}{29.2 \mu\text{s}}$$

$$Distantzia (m) = \frac{Denbora (s)}{2} \cdot Abiadura \left(\frac{m}{s}\right)$$

$$Distantzia (cm) = \frac{Denbora (\mu\text{s})}{2 \cdot 29.2}$$

9.2 Distantzia minimon kalkulua

Egindako hurrengo kalkuluak, distantzia minimoen kalkuluak izan dira. Hau da, serbomotorraren angelu bakoitzean zein izan behar lukeen distantzia minimoa. Kalkulu hau burutzeko, esan bezala, trigonometria erabiliko da honako formularekin:

$$Distantzia \text{ minimoa} = \frac{7,5}{\cos(\text{angelua})}$$

Gainera, kontuan izanda kosinuaren barnean sartu beharreko angelua ez dela serbomotorrak duen angelu berdina, honelako zerbait lortzen da.

- $30^\circ - en = \frac{7,5}{\cos(45)} = 10.60 \text{ cm}$
- $45^\circ - en = \frac{7,5}{\cos(60)} = 15 \text{ cm}$
- $60^\circ - en = \frac{7,5}{\cos(75)} = 28.977 = 25 \text{ cm}$
- $75^\circ - en = \frac{7,5}{\cos(90)} = \text{Æ} = 25 \text{ cm}$
- $90^\circ - en = \frac{7,5}{\cos(90)} = \text{Æ} = 25 \text{ cm}$
- $105^\circ - en = -\frac{7,5}{\cos(90)} = \text{Æ} = 25 \text{ cm}$
- $120^\circ - en = -\frac{7,5}{\cos(105)} = 28.977 = 25 \text{ cm}$
- $135^\circ - en = -\frac{7,5}{\cos(120)} = 15 \text{ cm}$
- $150^\circ - en = -\frac{7,5}{\cos(135)} = 10.60 \text{ cm}$

Horretaz aparte, honi segurtasun margen bat utziko zaizkio eta beraz distantzia minimo errealak honakoak dira:

- $30^\circ - en = 11.60 \text{ cm}$
- $45^\circ - en = 16 \text{ cm}$
- $60^\circ - en = 25 \text{ cm}$

- $75^\circ - en = 25 \text{ cm}$
- $90^\circ - en = 25 \text{ cm}$
- $105^\circ - en = 25 \text{ cm}$
- $120^\circ - en = 25 \text{ cm}$
- $135^\circ - en = 16 \text{ cm}$
- $150^\circ - en = 11.60 \text{ cm}$

9.3 Banaketa haztatuaren kalkulua

Alternatiben analisia atalean erabilitako banaketa haztatuaren kalkuluak burutuko dira atal honetan. Hau egiteko ezaugarri bakoitzari garrantzi maila bat esleitzen zaio eta horrez gain, ezaugarri bakoitzari nota bat jartzen zaio kuantifikatu ahal izateko. Behin hori eginda, honako formularekin lortzen da banaketa haztatua:

$$BH = \sum_1^i p_i \cdot x_i$$

9.3.1 Mikrokontrolagailuaren banaketa haztatuak

- $BH_{\text{Arduino Uno}} = 3 \cdot 0.35 + 9 \cdot 0.35 + 3 \cdot 0.15 + 6 \cdot 0.15 = 5.55$
- $BH_{\text{Arduino Mega}} = 8 \cdot 0.35 + 7.5 \cdot 0.35 + 8 \cdot 0.15 + 6 \cdot 0.15 = 7.525$
- $BH_{\text{Raspberry PI 3}} = 4 \cdot 0.35 + 5 \cdot 0.35 + 10 \cdot 0.15 + 10 \cdot 0.15 = 6.15$

9.3.2 Ibilgailuaren egituren banaketa haztatuak

- $BH_{\text{Gurpildun roverra}} = 7 \cdot 0.2 + 9 \cdot 0.8 = 8.6$
- $BH_{\text{Beldar-roverra}} = 10 \cdot 0.2 + 5 \cdot 0.8 = 6$

9.3.3 Gidatze sistemaren banaketa haztatuak

- $BH_{Lerro jarraitzailea} = 5 \cdot 0.5 + 2 \cdot 0.5 = 3.5$
- $BH_{Ibilbide aurreprogramatua} = 8 \cdot 0.5 + 10 \cdot 0.5 = 9$

9.3.4 Ultrasoinu sentsoeren banaketa haztatua

- $BH_{HC-SR04} = 10 \cdot 0.3 + 9 \cdot 0.7 = 9.3$
- $BH_{URM 37 V5.0} = 5 \cdot 0.3 + 7 \cdot 0.7 = 6.4$

9.4 Enkoderraren distantziaren kalkulua

Gurpilaren diametroa 65mm direnez, gurpilaren bira oso bat ematean, roverrak $2\pi R$ distantzia ibiliko du. Kasu honetan erradioa 32.5 mm direnez:

$$\text{Birako ibilitako distantzia} = 2 \cdot \pi \cdot R = 2 \cdot \pi \cdot 32.5 = 204.20 \text{ mm}$$

Kontuan izanda bira bakoitzak 20 etendura dituela eta beraz bira bakoitzean 20 seinale bidaliko dituela:

$$\text{Seinaleko ibilitako distantzia} = 204.20 \frac{\text{mm}}{\text{bira}} \cdot \left(\frac{1 \text{ bira}}{20 \text{ seinale}} \right) = 10.21 \frac{\text{mm}}{\text{seinale}}$$

INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA AUTOMATIKAREN
INGENIARITZAKO GRADUA

GRADU AMAIERAKO LANA

***OBJEKTU SAILKATZAILE ETA
GARRAIATZAILE AUTONOMOA***

3. DOKUMENTUA- ALDERDI EKONOMIKOAK

Ikaslea: Balbuena, Garcia, Unai

Zuzendaria : Sevillano, Berasategui, Maria Goretti

Ikasturtea: 2019-2020

Data: Bilbo, 2020, Otsailak, 10

10 Aurrekontua

Dokumentazioaren atal honetan, proiektuak burutzeak izan duen kostu ekonomikoa azaltzen da. Hau egiteko, hiru atal ezberdinetan banandu dira kostuak: materiala, lan-eskua eta bestelakoak.

10.1 Materialaren aurrekontua

Lehenengo atal honetan, proiektua burutzeko beharrezkoa izan diren material guztien prezioa aurkeztuko da. Erabilitako sentsore, motore, mikrokontroladore eta bestelako osagai elektronikoak materialaren barnean sartzen dira.

Materialaren erosketak egiterako orduan, rover 4x4 egituraren erosketak pack bat erosi da eta produktu sorta honen barnean erabilitako osagai asko daude. Honako produktuek osatzen zuten erositako pack-a:

- Arduino Mega 2560 mikrokontrolagailua
- Adafruit Motor Shield-a
- HC-SR04 distantzia sentsorea
- Rover 4x4-aren egitura eta honen gurpilak
- 4 DC motore
- Konexio kable sorta

Erabilitako materialaren zerrenda eta hauen kantitate eta kostua Taula 17 taulan ikusi daiteke.

Taula 17 Erabilitako materialaren aurrekontua

Materiala	Kantitatea	Prezioa/unitateko	Guztira
Rover 4x4 pack-a	1	60€	60€
HC-020k sentsorea	1	5.96€	5.96€
Pixy 2 kamera	1	64.99€	64.99€
GUZTIRA			130.95€

10.2 Lan-eskuaren aurrekontua

Bigarren atalean, proiektua gauzatu duten pertsonen lan-orduen kostua kalkulatu da. Hau egiteko, ingeniari juniorren eta ingeniari seniorren arteko bereizketa burutu da. *Lanerako erabilitako metodologia* atalean azaldutako lantaldearen barnean, proiektu buruaren orduak ingeniari junior bezala konputatu dira eta proiektu zuzendariaren orduak berriz ingeniari senior moduan. Kostua kalkulatzeko erabilitako soldataren zenbatekoa Bizkaiko Industria Ingeniariei Elkargo Ofizialak egindako inkestatik hartu da. [2]

Taula 18 Lan-eskuaren aurrekontua

Langile mota	Ordu kopuruak	Soldata/Orduko	Guztira
Ingeniari juniorra	204	12.44€	2537.76€
Ingeniari seniorra	25	19.16€	479€
GUZTIRA			3016.76€

10.3 Bestelako materialaren aurrekontua

Azkenik, proiektua burutzeko erabili diren ekipoen eta softwareren kostua kalkulatu da. Proiektu hau gauzatzeko hiru software ezberdin erabili dira, *Microsoft Office*-en *Word* programa dokumentazioa idazteko, *Arduino IDE* softwarea mikrokontrolagailua programatzeko eta *AutoDesk Inventor* softwarea 3D inprimagailuan eginiko objektuen diseinua egiteko. Gainera, 3D inprimagailuarekin eginiko euskarri guztien kostua ere atal honetan konputatu da.

Taula 19 Bestelako materialaren aurrekontua

Bestelako materiala	Kantitatea	Prezioa/ unitateko	Guztira
Ordenagailua	1	600€	600€
Microsoft Office Word	1	135€	135€
Arduino IDE	1	0€	0€
AutoDesk Inventor	1	527€	527€
Servomotorearen euskarria	1	12.75€	12.75€
HC-SR04 sentsorearen euskarria	1	11.35€	11.35€
PIXY2 kameraren euskarria	1	25.5€	25.5€
GUZTIRA			1311.6€

Laburbilduz, proiektu hau gauzatzearen kostu totala Taula 20 taulan ikusi daitekeena izan da.

Taula 20 Proiektuaren aurrekontu totala

Kostua	Guztira
Materiala	130.95€
Lan-eskua	3016.76€
Bestelako materiala	1311.6€
Guztira B.E.Z. gabe	4459.31€
B.E.Z.-a (%21)	936.45€
GUZTIRA	5395.76€

Proiektu hau burutzearen kostu totala **BOST MILA HIRUREHUN ETA LAUROGEITA HAMABOST EURO ETA HIRUROGEITA SEI ZENTIMOKOA** da.

INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA AUTOMATIKAREN
INGENIARITZAKO GRADUA

GRADU AMAIERAKO LANA

***OBJEKTU SAILKATZAILE ETA
GARRAIATZAILE AUTONOMOA***

4. DOKUMENTUA- ONDORIOAK

Ikaslea: Balbuena, Garcia, Unai

Zuzendaria : Sevillano, Berasategui, Maria Goretti

Ikasturtea: 2019-2020

Data: Bilbo, 2020, Otsailak, 10

11 Ondorioak

Gradu amaierako proiektu honetan ibilgailu autonomo baten diseinu eta eraiketa egin da. Behin lana buruturik, esan beharra dago hasiera baten planteaturiko helburu guztiak bete direla, bai helburu tekniko eta akademikoak eta bai helburu pertsonalak.

Lan honen bitartez ondorioztatu daiteke aukeraturiko elementuak eta eginiko programazioa gai direla ibilgailu autonomoa nahi izan den moduan funtziona dezan. Ibilgailuak era autonomoan mugitzeko gai izan da eta planteatutako objektuen detekzioa eta identifikazio sistema eta oztopoen detekzio sistemak ere era egokian funtzionatu dute.

Nahiz eta helburuak bete diren, esan beharra dago proiektu hau errealitatean inplementatu nahi izatekotan, ikerketa sakonagoa burutu beharko litzateke. Batez ere, ibilgailuaren tamainaren aldetik, izan ere, diseinatutako eta eraikitako prototipoa ez da industrian mugitzen diren objektu eta produktuak mugitzeko gai izango hauek ibilgailua bera baino handiagoak baitira. Horrez gain, kontuan izanda objektu hauek izan ohi dituzten pisuak, erabilitako motorrak ez lirarteke egokiak izango, ez luketelako pisu handiko elementuak mugitzeko gaitasunik.

Beste alde batetik, ikuspegi pertsonaletik lan honen gauzatzeak onura anitz eman dizkio egileari. Lan honen gaiaren aukeraketa aproposa izan dela aitortu beharra dago hau egiterakoan jakintza asko eskuratu eta barneratu dituelako. Gainera mota honetako proiektuak burutzeko antolakuntza metodoak eta lan metodoak erabiltzen eta praktikan jartzen ikasi du ere egileak.

INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA AUTOMATIKAREN
INGENIARITZAKO GRADUA

GRADU AMAIERAKO LANA

OBJEKTU SAILKATZAILE ETA GARRAIATZAILE AUTONOMOA

5. DOKUMENTUA- BIBLIOGRAFIA

Ikaslea: Balbuena, Garcia, Unai

Zuzendaria : Sevillano, Berasategui, Maria Goretti

Ikasturtea: 2019-2020

Data: Bilbo, 2020, Otsailak, 10

12 Bibliografia

1. *Blog Historia de la Informática*. (2013ko Abendua). Raspberry Pi:
<https://histinf.blogs.upv.es/2013/12/18/raspberry-pi/>
2. *COIIB*. (2019ko Maiatza). Resultados de la encuesta de Salarios 2018-2019:
<https://www.coiib.eus/resultados-encuesta-salarios-2018-2019>
3. *Conexiones CAT*. ORUGA VS RUEDAS EN CONSTRUCCIÓN:
<https://www.conexionescat.com/Blog/Item/chile/103>
4. *Deloitte*. ¿Qué es la Industria 4.0?:
<https://www2.deloitte.com/es/es/pages/manufacturing/articles/que-es-la-industria-4.0.html>
5. *DFROBOT*. URM37 V5.0 Ultrasonic Sensor For Arduino / Raspberry Pi:
<https://www.dfrobot.com/product-53.html>
6. FM, Y. (2018ko Abuztua). *Xataka*. Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno: <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>
7. Llamas, L. (2015ko Ekaina). *Luis Llamas*. Medir distancia con Arduino y sensor de ultrasonidos HC-SR04: <https://www.luisllamas.es/medir-distancia-con-arduino-y-sensor-de-ultrasonidos-hc-sr04/>
8. *MCR*. (2016ko Uztaila). Ventajas y desventajas de la automatización industrial :
<https://www.mcr.es/ventajas-y-desventajas-de-la-automatizacion-industrial/>
9. *Mecalux*. (2004ko Apirila). Sistemas automatizados de transporte de paletas:
<https://www.mecalux.es/articulos-de-logistica/sistemas-automatizados-transporte-paletas>
10. *Pixycam*. (2019ko Otsaila). Pixy2 Overview:
<https://docs.pixycam.com/wiki/doku.php?id=wiki:v2:overview>

11. *Programo ergo sum*. Curso de introducción a Raspberry Pi con Raspbian:
<https://www.programoergosum.com/cursos-online/raspberry-pi/232-curso-de-introduccion-a-raspberry-pi/que-es-raspberry-pi>
12. *Robots Argentina*. Arduino: reconocer colores con el módulo TCS230 – TCS3200: <http://robots-argentina.com.ar/didactica/arduino-reconocer-colores-con-el-modulo-tcs230/>
13. *RTscan*. (2018ko Azaroa). Arduino barcode scanner: connect oem barcode scanners modules with Arduino microcontroller (MCU):
<https://www.rtscan.net/arduino-barcode-scanner/>
14. *Wikipedia*. (2020ko Urtarrila). Bluetooth:
<https://es.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>
15. *Wikipedia*. (2020ko de Urtarrila). Sensor Ultrasónico:
https://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_ultras%C3%B3nico

INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA AUTOMATIKAREN
INGENIARITZAKO GRADUA

GRADU AMAIERAKO LANA

OBJEKTU SAILKATZAILE ETA GARRAIATZAILE AUTONOMOA

6. DOKUMENTUA- ERANSKINAK

Ikaslea: Balbuena, Garcia, Unai

Zuzendaria : Sevillano, Berasategui, Maria Goretti

Ikasturtea: 2019-2020

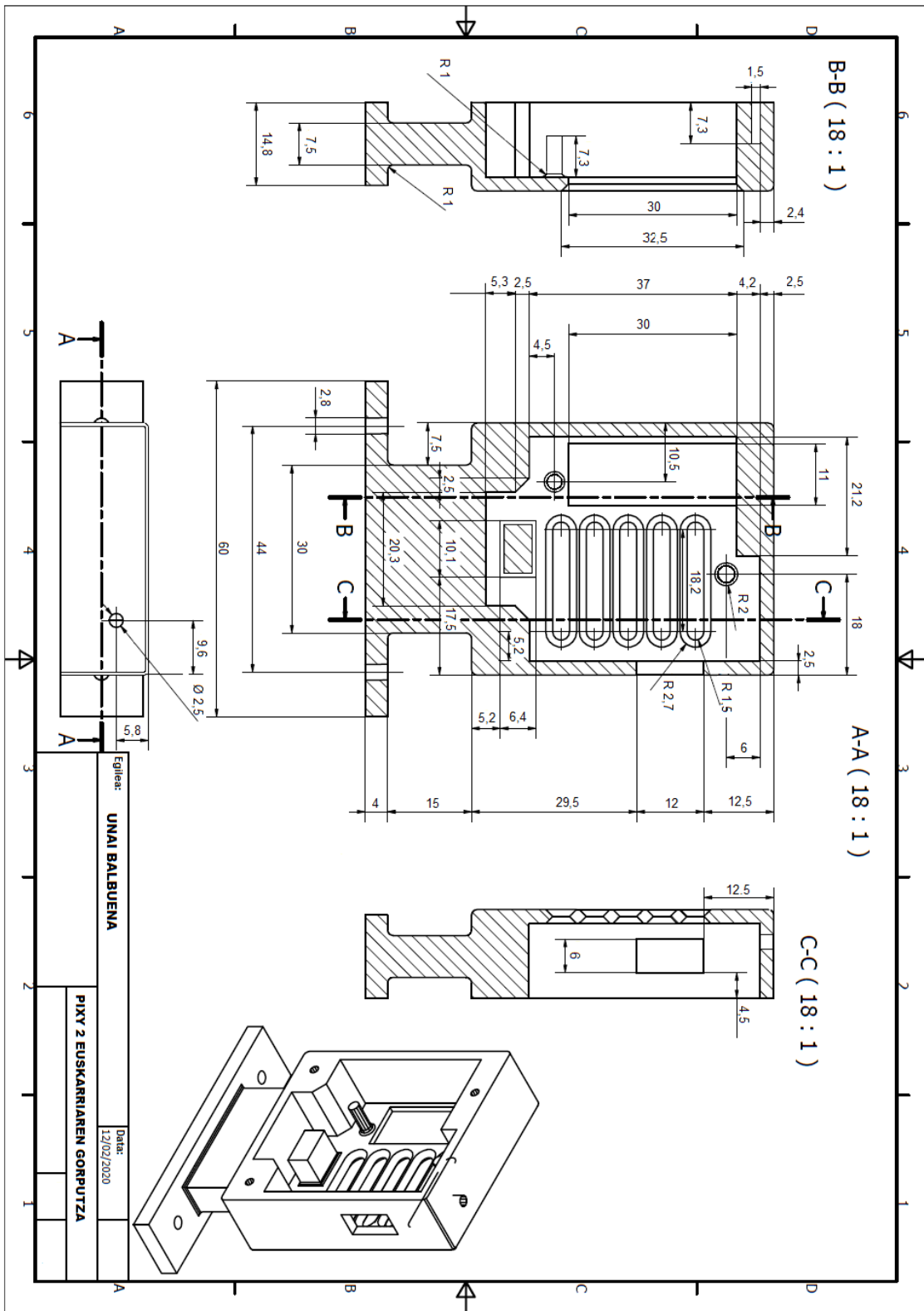
Data: Bilbo, 2020, Otsailak, 10

13 Eranskinak

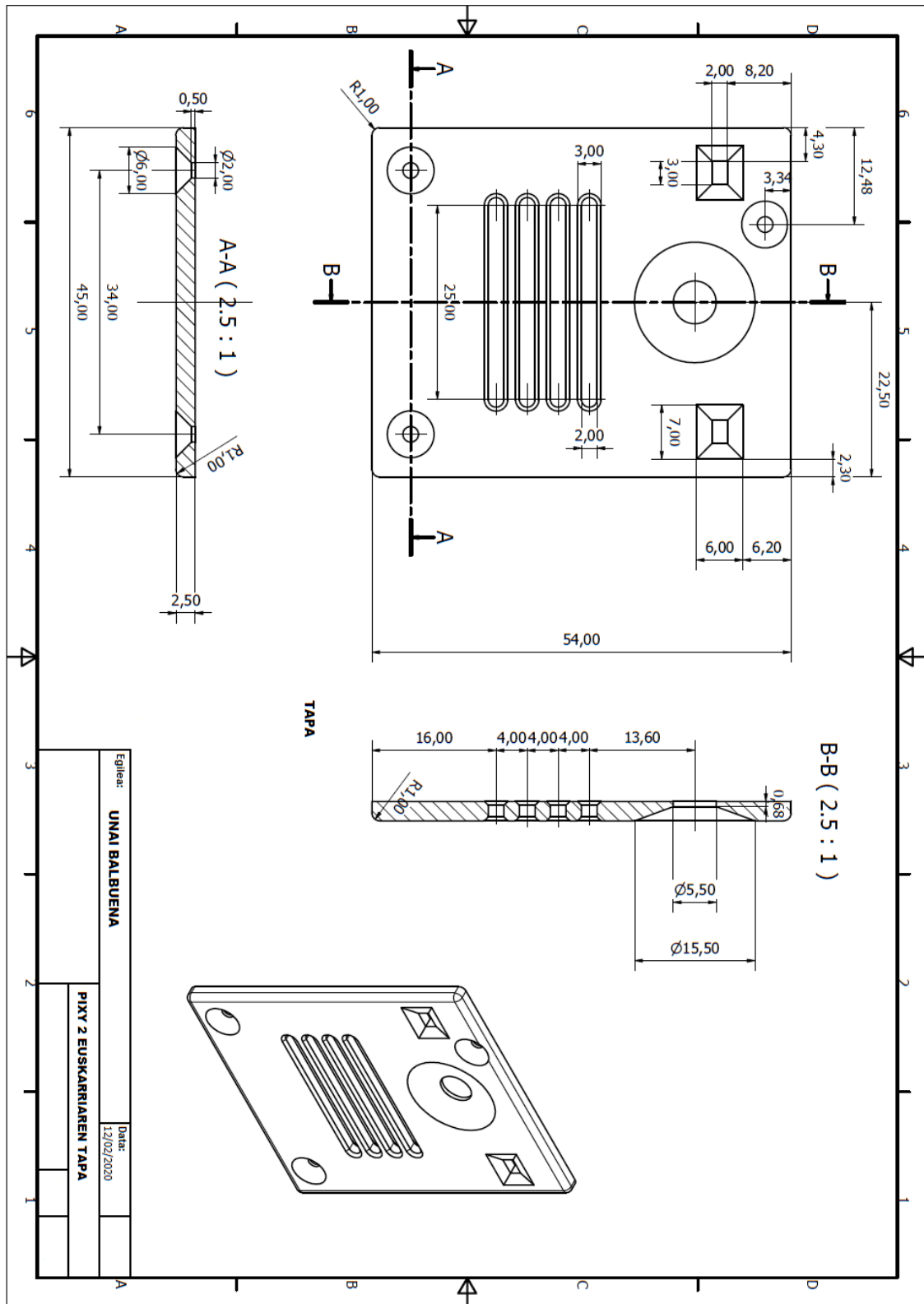
Azkeneko dokumentu honetan, 3D inprimagailua erabiliz sortu diren osagaien garatutako planoak ematen dira, ikasleak berak egindakoak edo moldatuak proiektu honen beharretara egokitu daitezten elementu guztiak.

Ematen diren planoak ondorengo adierazten den bezala daude antolatuta:

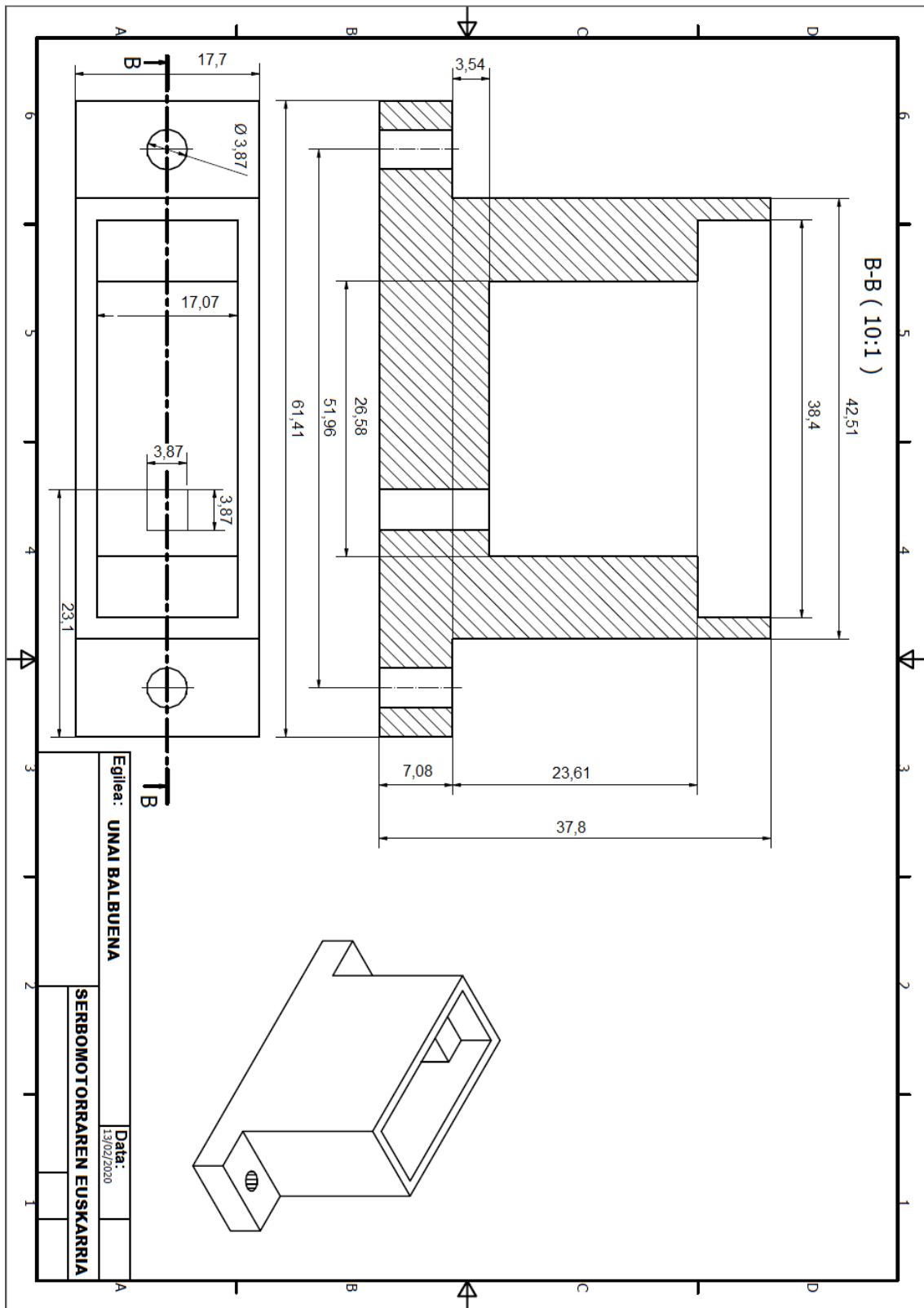
1. Planoa 1. PIXY 2 euskarriaren gorputza.
2. Planoa 2. PIXY 2 euskarriaren tapa.
3. Planoa 2. Serbomotorraren euskarria.



Planoa 1 PIXY 2 euskarriaren gorputza



Planoa 2 PIXY 2 euskarriaren tapa



Planoa 3 Serbomotorraren euskarria