

GRADUA: INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA
AUTOMATIKAREN INGENIERITZA

GRADU AMAIERAKO LANA

ARDUINOZ KONTROLATUTAKO PARKING ROBOTIZATUA

2. DOKUMENTUA – LANERAKO ERABILITAKO METODOLOGIA

Ikaslea: Altube Escudero, Unai

Zuzendaria: Sevillano Berasategui, Maria Goretti

Ikasturtea: 2018-2019

Data: Bilbon 2019, Otsaila 18

7. EGINBEHARREKOEN DESKRIBAPENA, FASEAK, EKIPOAK EDO PROZEDURAK

Dokumentu honetan, Bilboko Ingeniaritza Eskolako Industria Elektronikaren eta Automatikaren Ingeniaritzako Gradurako egindako Gradu Amaierako Lanaren plangintza aurkezten da. Arduino bidez kontrolatutako parking robotizatu baten diseinu eta garapenerako egin beharrekoak aztertuko dira.

Gradu Amaierako Lan hau aurrera eramateko, era antolatu batean lan egin behar izan da, horretarako proiektua gauzatzeko dagoen denbora kontutan izan da. Proiektuaren garapen egokia gauzatzeko, lana fase ezberdinetan banatuko da, bakoitzaren barruan eginbeharreko zeregin ezberdinak aipatuz. Plangintza deskribatzeko, proiektua osatzen duten lan-pakete bakoitzaren luzapena eta eginbeharreko zereginak, eta lan karga aztertu behar dira, hasiera eta amaiera datak zehazteaz gain.

Hemen deskribatutako plangintza ahalik eta modu zehatzenean bete behar da, denbora arazorik ez izateko eta proiektuaren entregatzeko epera heltzeko. Amaitzeko, aipatutakoa era grafiko batean ikusteko, Gantt diagrama baten bidez laburbilduko dira zeregin guztien iraupenak, proiektuaren hasierako eta amaierako datak lanaren luzapenaren mugapenak izango direlarik.

7.1. LAN TALDEA

Esan bezala, Arduinoz kontrolatutako Parking Robotizatu-ko proiektua garatzeko eta planifikazioa aurkezteko, ezinbestekoa da proiektuan parte hartu duten pertsonak egin duten lana aipatzea.

Arduinoz kontrolatutako Parking Robotizatua proiektuaren zuzendaria M^a Goretti Sevillano da. Proiektuaren atal bakoitzean emandako pausuak behatzeaz gain, ingeniariak garatutako dokumentuen zuzenketa eta behaketa egin, eta arazoaren konponketan laguntzea izan dira bere betebeharrak.

Proiektua garatu duen ingeniaria Unai Altube da. Honek, proiektuaren lan pakete bakoitza landu du zuzendaria eta teknikariaren gidapenarekin. Zereginen artean, aukera ezberdinen analisia, materialen aukeraketa, programaren garapena, maketaren eta sistema osoaren eraiketa daudelarik.

PARTAIDEAREN IZEN ABIZENA	ERANTZUKIZUNA	ZENTROA
M ^a Goretti Sevillano	Proiektuaren zuzendaria	EUITI Bilbao
Unai Altube	Ingeniaria	EUITI Bilbao
Cesar Perez	Laborategiko teknikaria	EUITI Bilbao

Taula 6. Lan Taldea

Azkenik, proiektu honen 3. partaidea, Cesar Perez laborategiko teknikaria da. Bere eginkizunak proiektu honekiko, behar izan denean materialen eskuraketa, laguntza ingeniariari maketaren eta sistema osoaren eraikuntzan, eta esperientzia eta aholkuak ematea izan dira.

Aurretik esan den bezala, azkenean lan planaren Gantt diagrama agertuko da grafikoki ikusteko. Horretarako, taldekide desberdinen lan kargak kuantifikatu behar dira, hortaz, hurrengo informazioa erabiliko da:

- Eguneko: 8ordu/pertsona.
- Hilabeteko: 20 egun/pertsona

7.2. LAN PAKETEEN DESKRIBAPENA

Gradu amaierako lan hau burutzeko, helburuak aztertu dira, eta hauek lortzeko garatu beharreko prozedura ezarriko da. Proiektu hau, atal ezberdinetan zatituko da, bere diseinua eta eraikuntza prozedurak errez ulertu ahal izateko. Eraikuntza prozesuan arazoak gertatzekotan, proiektua atal ezberdinetan zatituta dagoenez, arazoa detektatzea eta konpontzea errazagoa izango da. Behin atal guztien funtzionamendua egiaztatuta dagoenean, atal desberdinak elkartuko dira, eta bateratzerakoan, funtzionamendu egokia dela ziurtatuko da.

Hurrengo azpiataletan, proiektua aurrera eramateko beharrezkoak diren aurretik aipatutako lan pakete horiek eta hauetan egin beharreko zereginak definitu eta zehaztuko dira, hauek jarduteko denbora kontuan izanik.

7.2.1. Proiektuaren ideiarene zehaztapena

Lan pakete honetan, Gradu Amaierako Lan-aren ideia zehaztapena garatu da. Hasiera baten, zerotik hastean, Gradu Amarietako Lana suertatzeko

hainbat ideia ezberdin egon ziren: DC motore baten kontrola aplikazio ezberdinetan, Estazio meteorologiko konplexu baten garapena, Etxe domotiko bat eta Parking automatizatu bat. Aipatutako proiektuen aukeretatik, ikusten denez, proiektu honekin erlazio duen proiektua Parking automatizatu da.

Proiektuaren zuzendariarekin batera, ingeniariak Parking automatizatuaren ideiatik abiatuz, erabakia hartu du parking robotizatu baten garapena egiteko. Ideia hau, memoriaren hasierako ataletan aipatzen den bezala, graduko beste irakasgai baten proiektutik jaio zen. Proiektu horretatik eta parking automatizatuaren ideiarekin, Parking robotizatu bat garatzea erabaki da. Robotizatu deritzo, parking berak mugimenduak egingo dituelako, parking automatizatu batekin kontrajarriz, hauek bakarrik automatizatutako sistemak inplementatuko ditu, argiak, barrerak, lekua okupatuta edo libre dagoen...

Ondorengo taulan lan pakete honi esleitutako denbora eta parte hartu duen lan taldea agertzen da.

Ataza	Azpi-ataza	Arduraduna	Behaketa	Iraupena
Z1	Z1.1	Ingeniaria	Zuzendaria	1 egun
Z1 atazaren iraupena:				1 egun

Taula 7. Proiektuaren ideien zehaztapena

7.2.2. Proiektuaren diseinua

Lan pakete honetan, aurretik erabakitako ideien garapena eta diseinua landu da, hala nola, egitura eta atal ezberdinak zehaztatu eta atal horiei buruzko

informazioa bilatu. Aldi berean, parking robotizatuei buruzko informazioa bilatu da, alternatiba desberdinak aztertu nahian. Ondoren, lan pakete hau, zenbait azpi-zereginetan banatu da:

- **Z2.1: Parking robotizatuei buruzko informazioa:** Merkatuan dauden parking robotizatuen fabrikatzaile ezberdinak eta bere ereduak aztertu.
- **Z2.2: Sistemaren funtzionamendua eta egituraren diseinua:** Aukera desberdinak behin aztertuta, eta maketa egiteko aproposa den egitura aukeratuz, egituraren diseinua garatu. Beste aldetik, eta egituraren aukeraketarekin batera, sistemaren funtzionamendua ezarri, egiturarekin bateragarria dela ziurtatuz.
- **Z2.3: Atal ezberdinen zehaztapena:** Behin egituraren diseinua eta sistemaren funtzionamendua garatuta, egitura horretan parte hartzen duten atalak zehaztatu. Adibidez, nola sartu eta kanporatuko diren autoak, erabiltzaileak sisteman eragiteko era, parking guztia mugiarazteko atala, eta sistema osoa kontrolatuko duen burmuinak.
- **Z2.4: Atal ezberdinetarako elementuen informazioa:** Behin sistema osatuko duten atalak erabakita eta sistemaren funtzionamendua ezarrita, atal bakoitzari buruzko informazioa bilatu. Sistema modurik egokienean diseinatu ahal izateko, merkatuak eskaintzen dituen hainbat baliabide aztertu eta behatu.

Ondorengo taulan lan pakete honi esleitutako denbora eta parte hartu duen lan taldea agertzen da.

Ataza	Azpi-ataza	Arduraduna	Behaketa	Iraupena
Z2	Z2.1	Ingeniaria	Zuzendaria	1 egun
	Z2.2	Ingeniaria	Zuzendaria	3 egun
	Z2.3	Ingeniaria	Zuzendaria	3 egun
	Z2.4	Ingeniaria	Zuzendaria	3 egun
Z2 atazaren iraupena:				10 egun

Taula 8. Proiektuaren diseinua

7.2.3. Elementuen aukeraketa

Lan pakete honetan, proiektua garatzeko beharrezko elementuak definituko dira. Aurreko lan paketearekin jarraipenean, atal ezberdinetarako begiratutako informazioaz baliatuz, elementuen aukera aproposa gauzatuko da, bai software bai hardware aldetik. Aukera egokia hartu behar da atal bakoitzarentzako, merkatuak eskaintzen dituen aukera ezberdinak aztertuz proiektuaren espezifikazioak betetzeko.

Aipatutako aukeren azterketak, garrantzi handia hartzen du proiektuaren alderdi ekonomikoan eragin proportzionala izango duelako. Horregatik, elementuak aukeratzekoan, errentagarritasuna bilatu da, hau da, merkeak eta bere funtzioa betetzea izan dira premisak. Ondoren, lan pakete hau azpi-atazetan banatu da:

- **Z3.1: Mikrokontrolagailuaren aukeraketa:** Merkatuak eskaintzen dituen mikrokontrolagailuak eta bere ezaugarri ezberdinak aztertu. Prezioa, programazio lengoia, eta sarrera-irteera kopurua izan dira kontuan hartutako ezaugarriak.
- **Z3.2: Eragingailu linealen aukeraketa:** Kotxeak sistematik kanporatzeko edo sistemara sartzeko mekanismoaren aukeraketa. Azpi-ataza honetan, proiektu honetarako aproposa den eragingailu lineala aukeratu da, kontuan izanda eragingailuaren tamaina batez ere.
- **Z3.3: Pausuz-pausuko motorearen aukeraketa:** Parking osoari biraketa eragiteko mekanismoaren aukeraketa. Arlo honetan, merkatuak eskaintako aukerak anitzak dira, eta mekanismo aproposa aukeratzeko, motorearen pareta eta pausu kopura bira betekiko kontuan hartuz.
- **Z3.4: Erabiltzaileak sisteman eragiteko aukeraketa:** Erabiltzaileak sisteman sartu eta identifikatu ahal izateko mekanismoaren aukeraketa. Azpi-ataza honetan, hatz-aztarnen merkatua aztertu eta proiektu honetarako aproposa aukeratu da.

Ondorengo taulan lan pakete honi esleitutako denbora eta parte hartu duen lan taldea agertzen da.

Ataza	Azpi-ataza	Arduraduna	Behaketa	Iraupena
Z3	Z3.1	Ingeniaria	Zuzendaria/Teknikaria	1 egun

	Z3.2	Ingeniaria	Zuzendaria/Teknikaria	3 egun
	Z3.3	Ingeniaria	Zuzendaria/Teknikaria	1 egun
	Z3.4	Ingeniaria	Zuzendaria/Teknikaria	1 egun
Z3 atazaren iraupena:				6 egun

Taula 9. Elementuen aukera

7.2.4. 3D piezen fabrikazioa

Lan pakete honetan, behin egitura definituta, hau osatuko duten pieza ezberdinen diseinua eta fabrikazioa 3D inprimagailuarekin garatu da. Egitura osatzen duten 3 pieza, engranaje bat, eta eragingailuak bultzatu ahal izateko piezak bilakatu dira. Lan pakete hau, 2 azpi-atazetan zatitu daiteke: piezen diseinua eta piezen inprimatzea.

- **Z4.1: 3D piezen diseinua:** Sistemaren egitura osatzen duten piezak, engranajea eta bultzatzaileen diseinua Solid Edge software-arekin garatzea.
- **Z4.2: 3D piezen inprimazioa:** 3D inprimagailuaz baliatuz, aurretik diseinatutako piezen fabrikazioa, teknikariaren laguntzarekin.

Ondorengo taulan lan pakete honi esleitutako denbora eta parte hartu duen lan taldea agertzen da.

Ataza	Azpi-ataza	Arduraduna	Behaketa	Iraupena
Z4	Z4.1	Ingeniaria	Zuzendaria/ Teknikaria	6 egun
	Z4.2	Ingeniaria/ Teknikaria	Teknikaria/ Ingeniaria	7 egun
Z4 atazaren iraupena:				13 egun

Taula 10. 3D piezen fabrikazioa

7.2.5. Elementuen programazioa

Ataza honetan, sistema osoaren programazioa bilakatu da. Hasiera baten elementuak independenteki programatu dira, geroago elementu ezberdinak elkartuz programatu eta azkenean elementu guztiak osatzen duten sistema bateratzeko. Elementu guztiak Arduino UNO mikrokontrolagailuarekin programatu dira.

Programatu beharreko elementuak hainbat direnez, eta hauen arteko programazioa ere garatu behar denez, ondoren agertzen diren azpi-atazetan banatu da lan pakete hau.

- **Z5.1: Eragingailu linealen programazioa:** Eragingailuak Arduino-rekin konektatzea eta programazioa Arduino-aren IDE software-aren bidez, liburutegi egokia erabiliz.

- **Z5.2: Hatz-aztarna sentsorearen programazioa:** Erabiltzailearentzako identifikazio sistemaren programazioa. Arduino-rekin konektatu eta IDE-an programazioa garatu, liburutegi zehatzarekin. Bi ataletan zatitu daiteke azpi-ataza hau, alde batetik hatz-aztarnak memorian gordetzeko programazioa eta beste aldetik, hatz-aztarnen egiaztapena egiteko programazioa.
- **Z5.3: Eragingailu linealak + hatz-aztarna sentsorearen programazioa:** Azpi-ataza hau froga modura garatuta, elementu ezberdinak bateratzeko eta programazioan trebatzeko da.
- **Z5.4: Pausuz-pausuko motorearen programazioa:** Sistema osoak biratzeko, Nema 17-aren programazioa. Konexioak Arduino-arekin eta IDE-aren bidezko programazioa, Stepper.h liburutegia erabiliz.
- **Z5.5: EEPROM-aren programazioa:** Sistemaren memoria programatzeko azpi-ataza. Kasu honetan garatutako programazioa, bakarrik Arduinorekin IDE-ra konektatuta garatu da. Programa txiki bat bilakatu da ere, EEPROM-a ezabatu ahal izateko, eta sistema zerotik abiarazteko.
- **Z5.6: Sistema osoa bateratuaren programazioa:** Aurreko azpi-atazetan garatutako programak erabiliz, programa nagusia eraiki beharrezkoak diren liburutegi guztiekin eta konexioak era apropos batean gauzatu.

Ondorengo taulan lan pakete honi esleitutako denbora eta parte hartu duen lan taldea agertzen da.

Ataza	Azpi-ataza	Arduraduna	Behaketa	Iraupena
Z5	Z5.1	Ingeniaria	Zuzendaria/Teknikaria	3 egun
	Z5.2	Ingeniaria	Zuzendaria/Teknikaria	2 egun
	Z5.3	Ingeniaria	Zuzendaria/Teknikaria	1 egun
	Z5.4	Ingeniaria	Zuzendaria/Teknikaria	1 egun
	Z5.5	Ingeniaria	Zuzendaria/Teknikaria	1 egun
	Z5.6	Ingeniaria	Zuzendaria/Teknikaria	3 egun
Z5 atazaren iraupena:				11 egun

Taula 11. Elementuen programazioa

7.2.6. PCB-aren garapena

Ataza honetan, aurreko atalean aipatu diren elementu guztien programazioa garatu eta euren arteko konexioak ondo daudela ziurtatzean, kableatzea murrizteko nahian eta sistema dotoreago agertu dadin, elementuak PCB-baten bidez konektatuko dira, protoboard-a alde batera utziz.

Lan pakete hau, beste batzuk bezala, azpi-atazetan zatitu da: Alde batetik, software bidezko PCB-aren diseinua, eta beste aldetik, PCB-aren fabrikazioa teknikariaren laguntzarekin. Gero, elementu elektronikoen muntaketa PCB-an gauzatuko da.

- **Z6.1: PCB-aren diseinua:** Software bidezko PCB plaka diseinatu eta garatu, sistema osoko konexioak ahalbidetzeko.
- **Z6.2: PCB-aren fabrikazioa:** Behin software-arekin PCB-a diseinatuta, eta teknikariaren gainbegiraketan, PCB plakaren fabrikazioa.
- **Z6.3: Elementu elektronikoen muntaketa PCB-an:** Behin PCB-a fabrikatuta, aurretik protoboard-ean muntatzen zena, PCB-an muntatu.

Ondorengo taulan lan pakete honi esleitutako denbora eta parte hartu duen lan taldea agertzen da.

Ataza	Azpi-ataza	Arduraduna	Behaketa	Iraupena
Z6	Z6.1	Ingeniaria	Zuzendaria/Teknikaria	3 egun
	Z6.2	Ingeniaria/ Teknikaria	Teknikaria/Ingeniaria	5 egun
	Z6.3	Ingeniaria	Zuzendaria/Teknikaria	2 egun
Z6 atazaren iraupena:				10 egun

Taula 12. PCB-aren garapena

7.2.7. Proiektuaren muntaia osoa

Lan pakete hau, aurreko ataletan garatutako lan-paketeen batuketa dela esan daiteke. Ataza honetan, proiektuaren muntai osoa bilakatu da, programatutako elementuak, egituraren piezekin batuz, eta PCB-aren bidez konexioak eginez.

- **Z7.1: Proiektuaren muntaia:** Aurretik landutako atazak bat jarri, eta proiektu osoaren muntaia garatu, egitura osagarri bat erabiliz sistema osoa batzeko.

Ondorengo taulan lan pakete honi esleitutako denbora eta parte hartu duen lan taldea agertzen da.

Ataza	Azpi-ataza	Arduraduna	Behaketa	Iraupena
Z7	Z7.1	Ingeniaria	Zuzendaria/Teknikaria	5 egun
Z7 atazaren iraupena				5 egun

Taula 13. Proiektuaren muntaia

7.2.8. Memoriaren garapena

Aurreko ataza guztiak, proiektuaren alde fisikoaren garapenarekin lotuta daude, konexioekin, programazioa, egituraren piezak eta abar... Lan pakete honetan, aurreko ataza guztien azalpena, deskribapena eta hartutako erabakien

azalpenak batzen dituen dokumentuaren garapena gauzatu da. Memoriaren garapenean, proiektua era hoberenean ulertzeko, beharrezko diren grafikoak, datuak eta taulak aurkitu daitezke.

- **Z8.1: Memoriaren garapena:** Proiektuaren dokumentazioaren garapena, hau da, idatzizko atala. Bertan, grafiko, irudi eta tauletaz osatutako azalpen eta deskribapena egongo dira.

Ondorengo taulan lan pakete honi esleitutako denbora eta parte hartu duen lan taldea agertzen da.

Ataza	Azpi-ataza	Arduraduna	Behaketa	Iraupena
Z8	Z8.1	Ingeniaria	Zuzendaria	25 egun
Z8 atazaren iraupena				25 egun

Taula 14. Memoriaren garapena

7.3. GANTT-EN DIAGRAMA

Atal honetan, aurretik aipatutako ataza eta zeregin guztien iraupena era grafiko batean adieraziko da, Gantt-en digramaren bidez. Gantt-en diagrama, proiektu bat garatzeko beharrezko den denbora erakusten duen baliabide grafikoa da. Lehengo, 15. taulan, proiektuaren planifikazioa agertuko da eta gero, era grafiko baten Gantt-en diagrama.

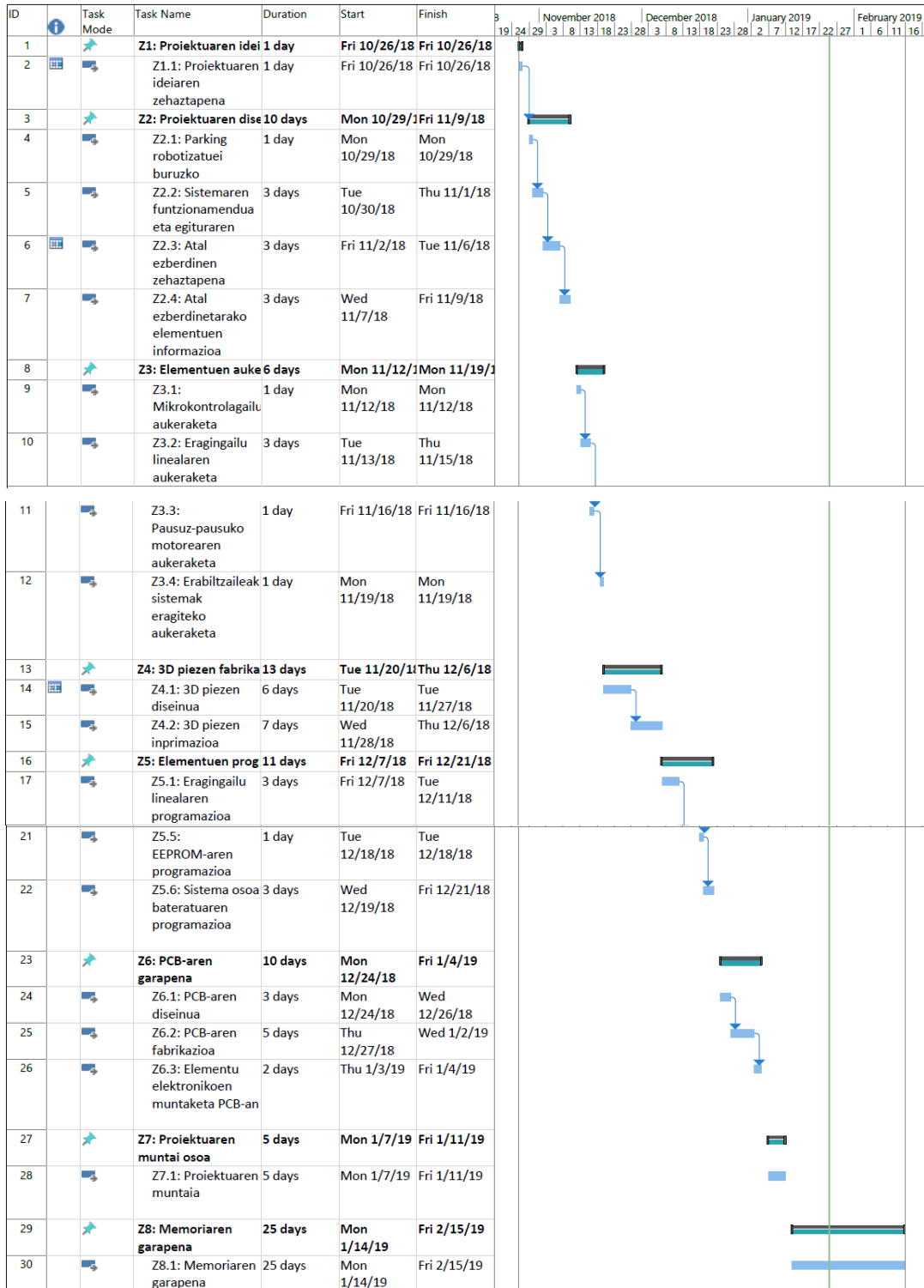
Kontuan izan behar dira hasiera eta amaiera datak, proiektua aurkeztu nahi den epea errespetatzeko. Proiektu honen hasiera data 26-10-2018 izan da, eta amaiera data 15-02-2019.

Ataza	Izena	Iraupena
Z1	Proiektuaren ideien zehaztapena	1 egun
Z1.1	Proiektuaren ideien zehaztapena	1 egun
Z2	Proiektuaren diseinua	10 egun
Z2.1	Parking robotizatuari buruzko informazioa	1 egun
Z2.2	Sistemaren funtzionamendua eta egituraren diseinua	3 egun
Z2.3	Atal ezberdinen zehaztapena	3 egun
Z2.4	Atal ezberdinetarako elementuen informazioa	3 egun
Z3	Elementuen aukera	6 egun
Z3.1	Mikrokontrolagailuaren aukeraketa	1 egun
Z3.2	Eragingailu linealen aukeraketa	3 egun
Z3.3	Pausuz-pausuko motorearen aukeraketa	1 egun
Z3.4	Erabilizaileak sisteman eragiteko aukeraketa	1 egun
Z4	3D piezen fabrikazioa	13 egun
Z4.1	3D piezen diseinua	6 egun

Z4.2	3D piezen inprimazioa	7 egun
Z5	Elementuen programazioa	11 egun
Z5.1	Eragingailu linealen programazioa	3 egun
Z5.2	Hatz-aztara sentsorearen programazioa	2 egun
Z5.3	Eragingailu linealak + hatz-aztarna sentsorearen programazioa	1 egun
Z5.4	Pausuz-pausuko motorearen programazioa	1 egun
Z5.5	EEPROM-aren programazioa	1 egun
Z5.6	Sistema osoa bateratuaren programazioa	3 egun
Z6	PCB-aren garapena	10 egun
Z6.1	PCB-aren diseinua	3 egun
Z6.2	PCB-aren fabrikazioa	5 egun
Z6.3	Elementu elektronikoen muntaketa PCB-an	2 egun
Z7	Proiektuaren muntai osoa	5 egun
Z7.1	Proiektuaren muntaia	5 egun
Z8	Memoriaren garapena	25 egun
Z8.1	Memoriaren garapena	25 egun
Proiektuaren iraupen totala		81 egun

Taula 15. Proiektuaren iraupen totala

Aurreko taulan (Taula 15) adierazitako atazak kontutan izanda, ondoren, proiektuaren planifikazioa adierazten da era grafiko batean, Gantt-en diagrama baten bidez.



Irudia. 44. Proiektuaren Gantt diagrama

8. KALKULUAK ETA ALGORITMOAK

Atal honetan, proiektu hau garatzerakoan egin diren kalkulu ezberdinak eta programazioaren garapen egokirako landu eta erabili diren algoritmoak laburbilduko dira.

8.1. KALKULUAK

Atal honetan, proiektuan zehar egindako kalkuluak laburbilduko dira. Aipagarri diren bi kalkulu azalduko dira ondoren, parking-aren neurriak eta engranajearen kalkuluak.

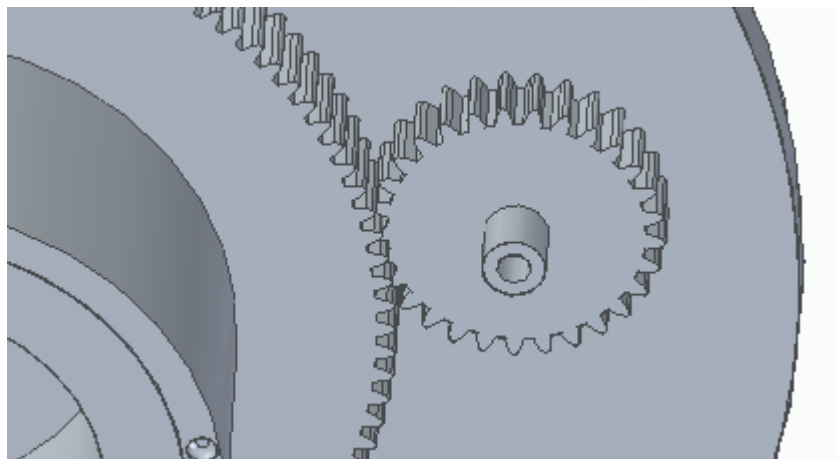
Kalkulatutako lehenengo elementua, parking-aren neurriak dira. Horra heltzeko, jostailuzko kotxe baten neurrietatik abiarazi behar izan zen hauek erabiltzekoak baitziren maketaren funtzionamendua erakusteko. Auto txiki hauen batez besteko neurriak 7 cm-ko luzera eta 3 cm-ko zabalera direla ikusi zen, beraz parking lekua 9x4 cm-ko gutxienezko azalera izan behar zuela erabaki zen. Beste aldetik, parking hau zirkularra izango denez eta parking-leku bakoitzerako zehaztutako neurriak kontuan izanda, 8 lekuko parking-a izango dela ezarri da. Aparkaleku bakoitzari 45°-ko zabalera eman zaio, horrela, bira oso batean dauden 360°-ak osatuz.

Parking lekuaren luzera 9 cm-koa izango denez, eta jakinik erdiko partean dagoen eragingailu 9,5 cm-ko neurria duela, erdian 10 cm-ko zirkunferentzia errespetatu beharko da. Hori dela eta, 28 cm-ko diametroa duen disko bat erabiliz garatuko da parking-aren maketa, erdian 10 cm-ko zuloa utziko delarik finko doan

eragingailu lineala kokatu ahal izateko. Horrela, parking-aren egitura birakariaren guztirako dimentsioak:

$$9\text{cm leku bat} + 10\text{ cm erdikoa} + 9\text{cm aurrean dagoen lekua} = 28\text{cm}$$

Jarraitzeko, sistemaren funtzionamendu egokirako garrantzi handia duten beste kalkuluak aurkeztuko dira: birakari pieza eta engranaje piezaren arteko erlazioa eta pausuz-pausuko motorearekin gauzatu beharreko jokoak, hain zuzen ere. Hasteko, birakari pieza 110 hertz ditu eta engranaje piezak, aldiz, 29 hertz, informazio honetan oinarrituz erlazioa kalkulatu daiteke:



Irudia. 45. Engranajea eta birakaria

$$\frac{110 \text{ hertz birakarian}}{29 \text{ hertz engranajeen}} = 3,79 \frac{\text{bira engranajeen}}{1 \text{ bira birakarian}}$$

Jakinik parking-aren 8 lekuak birakari piezarekin batera mugituko direla, leku bakoitzetik bestera mugitzeko 0,475 bira eman beharko ditu engranajeak hurrengo kalkuluan adierazten den bezala:

$$\frac{3,79 \text{ bira engranajea}}{1 \text{ bira birakarian}} \cdot \frac{1 \text{ bira birakarian}}{8 \text{ leku}} = 0,474 \approx 0,475 \frac{\text{bira engranajea}}{1 \text{ leku}}$$

Logikoa denez, pausuz-pausuko motorearen (Nema17) bira bat, engranaje piezaren bira bat izango da, engranajea pausuz-pausuko motorean muntatuta dagoelako. Hori kontuan izanda eta jakinda, Nema17-a, 200 pausu/bira-ko motorea dela, honek eman behar dituen pausuak kalkula daitezke:

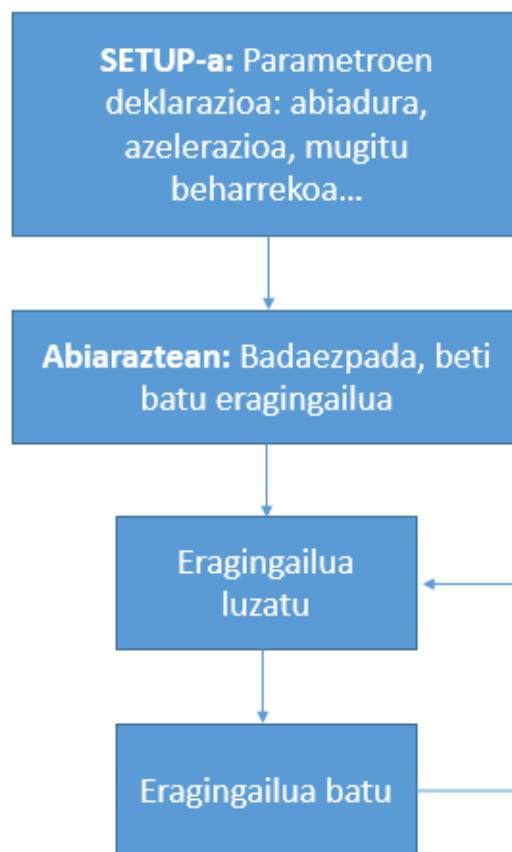
$$\frac{200 \text{ pausu}}{1 \text{ bira}} \cdot \frac{0,475 \text{ bira}}{1 \text{ leku}} = 95 \text{ pausu}$$

Laburbilduz, pausuz pausuko motoreak 95 pausu eman behar ditu, leku bakoitzetik bestera pasatzeko. Programatzerako orduan, 0 pausu emango ditu lehengo tokira mugitzeko (hasieran hor dagoelako), 95 pausu bigarreneko, 190 pausu hirugarreneko, eta horrela 665 pausu emanez 8. lekurako. Kasu guztietan, aparkaleku batera mugitu ondoren, berriro jatorrizko posizioa itzuliko da.

8.2. ALGORITMOAK

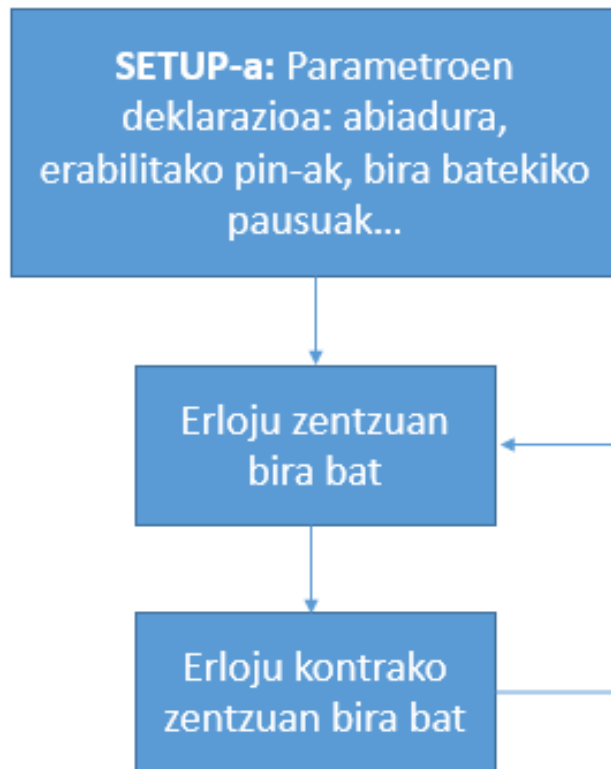
Atal honetan, sistemaren osoaren programaziorako eta elementu independenteen programaziorako erabili diren algoritmoak aurkezten dira. Algoritmoak, deskribatzeko fluxu diagramen bidezko adierazpen grafikoa erabiliko da. Aipatu beharra dago, elementuak independenteki programatzerakoan, hauen funtzionamendu sinpleagoa lortzen dela. Lehenengo, elementu independenteen algoritmoak erakutsiko dira, eta ondoren, sistema osoaren programazioaren algoritmoa.

- Eragingailu linealen algoritmoa:** Aurreko ataletan azaldu denez, eragingailuen kontrola Adafruit-ren motor shield-arekin gauzatzen da, eta horrek, programazioa errazten du. Programa independente honetan, eragingailuak era konstantean luzatu eta jaso egingo da. Elementu honen funtzionamendu egokia bermatzeko, programazioa hurrengo algoritmoaren arabera garatu da:



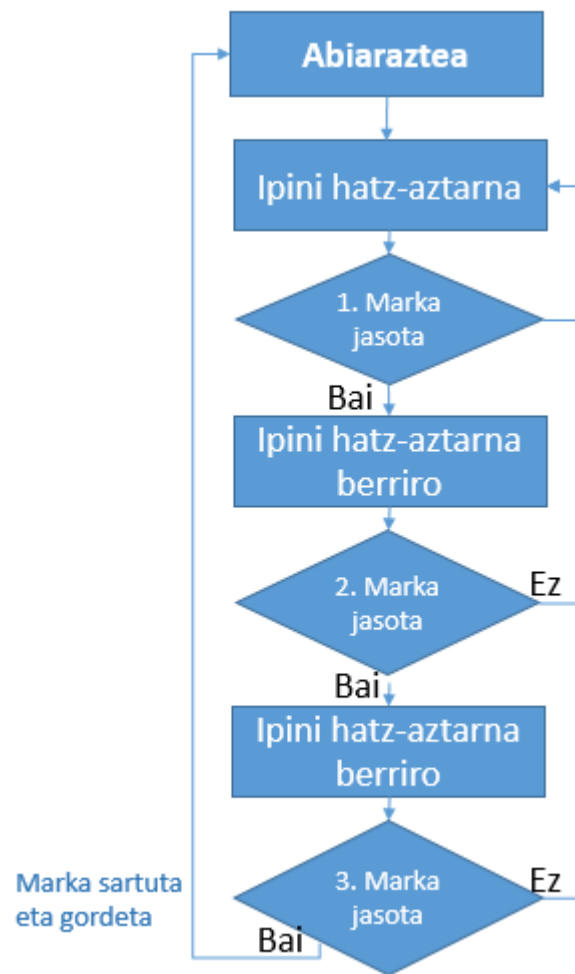
Irudia. 46. Eragingailu linealenzako algoritmoa

- Pausuz-pausko motorearen algoritmoa:** Aurretik azaldu denez, pausuz pausuko motorea L298N driverrarekin kontrolatua izango da, programazioa erosoago eginez. Gainera, stepper.h liburutegiaz baliatuz, sortu daitezkeen arazoak murrizten dira. Programa independente honetan, pausuz pausuko motorea, biren norantza batean egingo du eta ondoren beste bira kontrako norantzan. Ondoren, pausuz-pausuko motorea programatzeko algoritmoa:

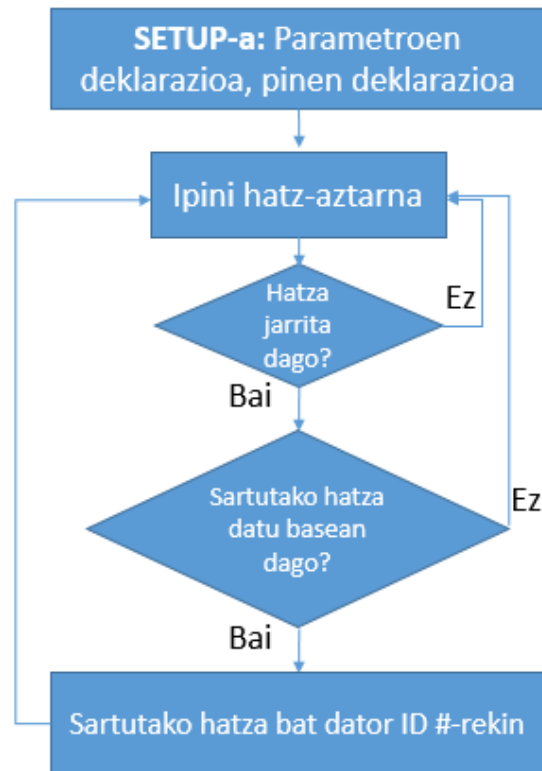


Irudia. 47. Pausuz-pausuko motorearentzako algoritmoa

- Hatz-aztarna sentsorearen algoritmoak:** Hatz-aztarna sentsorea kontrolatzeko, bi programa eraiki behar izan dira. Alde batetik, hatz-aztarnak datu basean sartzeko programa eta bestetik hatz-aztarnak egiaztatzen duen programa. Horretarako 43 eta 44. Irudietan agertzen diren algoritmoak erabili dira:

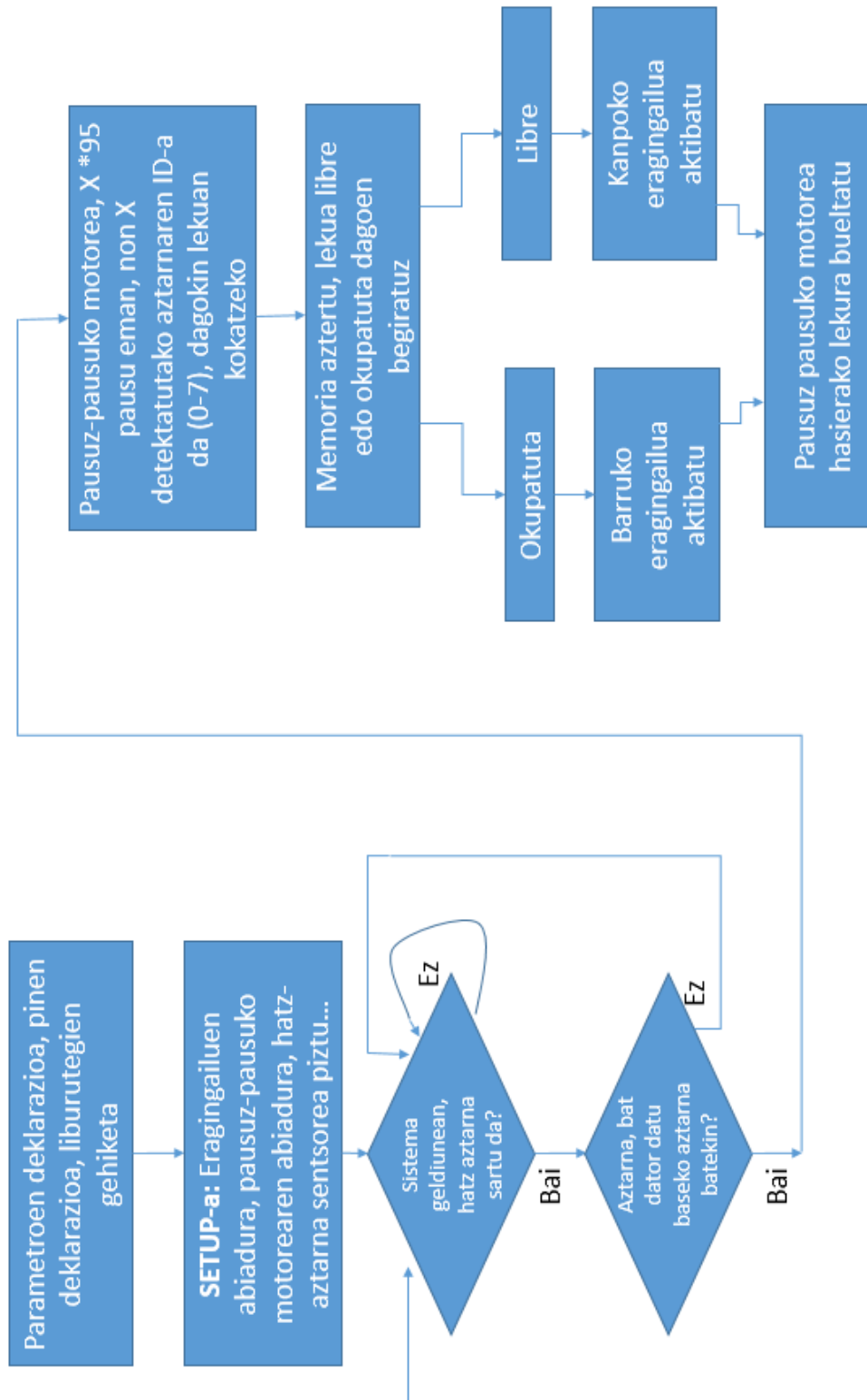


Irudia. 48. Hatz-aztarna sentsorean markak sartzeko algoritmoa



Irudia. 49. Hatz-aztarna sentsorean hatz-azterketaren algoritmoa

- **Sistema osoaren algoritmoa:** Ondoren, sistema osoaren programaziorako erabilitako algoritmoa aurkezten da, aurreko ataletan azaldutako funtzionamendua modu argi batean adieraziz:



Irudia. 50. Sistema osoaren algoritmoa

