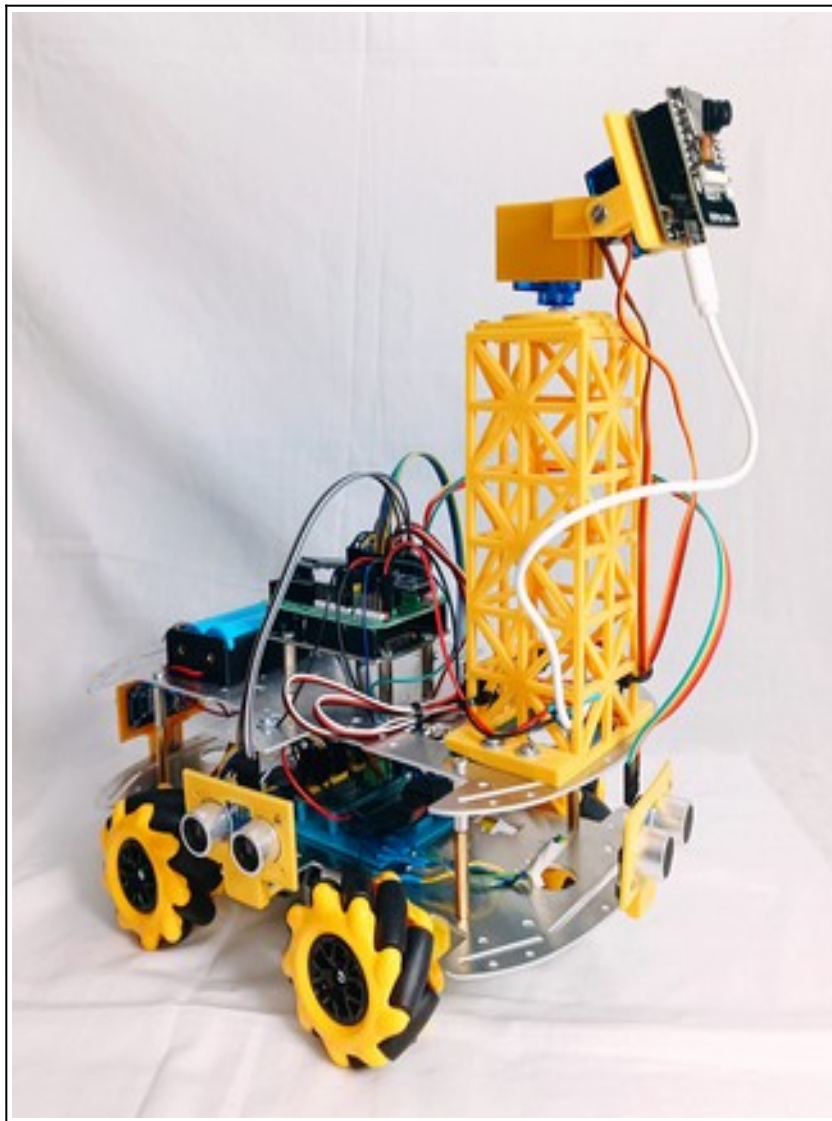

CREACIÓ D'UN ROBOT TELEDIRIGIT AMB RODES MECANUM PER AFAVORIR L'APARCAMENT (RTRMPALA)



Laia Guimerà Moreno
Treball de recerca
INS Príncep de Viana
Tutor: Jordi Orts
Gener 2024

CREACIÓ D'UN ROBOT TELEDIRIGIT AMB RODES MECANUM PER AFAVORIR L'APARCAMENT (RTRMPALA).

Laia Guimerà Moreno

Gener 2024



Aquesta obra està subjecta a la llicència de Reconeixement-NoComercial 3.0 No adaptada Creative Commons. Per veure una còpia de la llicència, visiteu <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>.

ABSTRACT

Disseny i construcció d'un robot teledirigit amb moviment omnidireccional. La idea és dissenyar un robot per a afavorir l'aparcament evitant l'excés de maniobres. El robot està compost per quatre rodes mecanum que les seves característiques permeten el moviment omnidireccional del robot; els mòduls PCA9685 i TB6612 FNG per a controlar els motors; i una placa ESP32. Per a controlar el robot s'utilitzen dos webs accessibles des de qualsevol dispositiu. La web 1 controla l'adreça del robot i mostra els valors de la brúixola i la web 2 controla l'adreça del mòdul ESP32-CAM i mostra els valors dels sensors HC-SO4 i la càmera.

Castellà

Diseño y construcción de un robot teledirigido con movimiento omnidireccional. La idea es diseñar un robot para favorecer el aparcamiento evitando el exceso de maniobras. El robot está compuesto por cuatro ruedas mecanum cuyas características permiten el movimiento omnidireccional del robot; los módulos PCA9685 y TB6612 FNG para controlar los motores; y una placa ESP32. Para controlar el robot se utilizan dos webs accesibles desde cualquier dispositivo. La web 1 controla la dirección del robot y muestra los valores de la brújula y la web 2 controla la dirección del módulo ESP32-CAM y muestra los valores de los sensores HC-SO4 y la cámara.

Anglès

Design and construction of a remote-controlled robot with omnidirectional movement. The idea is to design a robot to make it easier to park by avoiding excessive manoeuvres. The robot is composed of four mecanum wheels whose characteristics allow the omnidirectional movement of the robot; the PCA9685 and TB6612 FNG modules to control the motors; and an ESP32 board. Two websites accessible from any device are used to control the robot. Web 1 controls the direction of the robot and displays the compass values and Web 2 controls the address of the ESP32-CAM module and displays the sensor values HC-SO4 and the camera.

Índex

1. Introducció.....	7
1.1 Elecció del tema.....	7
1.2 Introducció al projecte.....	7
1.3 Objectius.....	7
2. Problemes per l'aparcament d'un vehicle convencional.....	9
2.1 Els pàrquings.....	9
2.2 Vehicle de 5 rodes de Brooks Walter.....	11
3. Rodes Mecanum.....	13
3.1 Què són les rodes mecanum.....	13
3.2 Disseny.....	13
3.3 La seva història.....	13
3.4 Disposició de les rodes pel desplaçament.....	14
3.4.1 Moviment recte.....	15
3.4.2 Moviment lateral.....	15
3.4.3 Moviment diagonal.....	16
3.4.4 Gir.....	16
3.4.5 Gir 360°.....	17
3.5 Explicació del desplaçament segons les forces.....	17
3.5.1 Moviment recte.....	18
3.5.2 Moviment lateral.....	18
3.5.3 Moviment diagonal.....	18
3.5.4 Gir.....	19
3.5.5 Gir 360°.....	19
4. Disseny del robot.....	21
4.1 Planificació.....	21
4.2 Pressupost.....	22
4.2.1 Components.....	22
4.2.2 Peces 3D.....	25
4.2.3 Materials.....	26
4.2.4 Mà d'obra.....	27
4.2.5 Total.....	28
4.2.6 Altre projecte.....	28
5. Disseny i creació de les peces 3D.....	29
5.1 Impressió 3D.....	29
5.2 Suport PCA9685 i TB6612 FNG.....	29
5.2.1 Disseny.....	30
5.2.2 Codi.....	30
5.2.3 Impressió i cost.....	31
5.2.4 Resultat final.....	32
5.3 Torre.....	32
5.3.1 Disseny.....	33
5.3.2 Codi.....	34
5.3.3 Impressió i cost.....	35
5.3.4 Resultat final.....	36

5.4 Suport servos - càmera.....	37
5.4.1 Disseny.....	37
5.4.2 Codi.....	37
5.4.3 Impressió i cost.....	37
5.4.4 Resultat final.....	38
5.5 Suport HC-SR04.....	38
5.5.1 Disseny.....	38
5.5.2 Codi.....	39
5.5.3 Impressió i cost.....	39
5.5.4 Resultat final.....	40
6. Preparació de la placa.....	41
6.1 Soldadura de les connexions.....	41
6.2 Connexions.....	42
7. Programació amb Arduino.....	43
7.1 ESP32-CAM.....	43
7.2 Motors i brúixola per WiFi (Pàgina web 1).....	45
7.3 Servos, sensor HC-SR04 i càmera per WiFi (Pàgina web 2).....	54
8. Pàgines webs.....	61
8.1 Pàgina web 1.....	61
8.2 Pàgina web 2.....	62
9. Conclusions.....	63
9.1 Milliores.....	63
9.2 Valoració final.....	64
10. Agraïments.....	65
11. Annexos.....	67
Annex 1: PLA.....	67
Annex 2: OpenScad.....	67
Annex 3: Prova dels motors (intensitat i voltatge).....	67
12. Bibliografia.....	69
12.1 Rodes Mecanum i problema aparcaments.....	69
12.2 Components comprats.....	69
12.3 Programació.....	71
12.4 Dissenys 3D.....	71
12.5 ESP32.....	71
12.6 Imatges.....	71
12.7 Annexos.....	72

1. Introducció

1.1 Elecció del tema

Des de petita sempre m'he sentit molt atreta per la ciència i la tecnologia, per això vaig decidir fer el meu treball de recerca dins de l'àmbit tecnològic. A més creia que fer el treball dins d'aquest àmbit em donava una oportunitat per aplicar els coneixents teòrics de les classes al llarg de la meva pràctica i em permetria aprendre molt més.

1.2 Introducció al projecte

He de dir que vaig trigar un temps a decidir el tema del meu treball de recerca. Després de dedicar una estona en buscar idees em vaig quedar amb què volia fer algun robot. Amb això, i després de descartar-ne unes quantes, va sorgir la idea d'utilitzar les rodes mecanum; tanmateix, no tenia molt clar cap a on volia enfocar el meu projecte.

Un dia em vaig adonar que els vehicles actuals, per tal d'aparcar, requereixen moltes maniobres, essent en algunes ocasions fins i tot, bastant tedioses perquè si no maniobren bé, cal tornar a maniobrar [RMPA01]. De vegades, és possible que en aparcar el vehicle, aquest pugui acabar danyat, per exemple en un pàrquing, a causa de les columnes que aquests tenen o aparcant al carrer, ja que en maniobrar, si no hi ha suficient espai, es poden glopejar amb els cotxes tant de davant com de darrere. Va ser justament veure davant meu com un home li va donar un cop al cotxe del meu avi, el que va fer que volgués enfocar el meu projecte cap a aquest problema, perquè pot ser si en lloc de fer tantes maniobres, hagués pogut aparcar de lateral (moviment que les rodes mecanum permeten com posteriorment explicaré), això no hauria passat.

Per tant, vaig decidir que el meu projecte seria fer un prototip d'un vehicle amb rodes mecanum en lloc de les rodes convencionals, amb l'objectiu de millorar l'aparcament del vehicle, sent aquest possible amb el menor nombre de maniobres. Aquest robot aniria controlat per dues pàgines webs pujades al servidor web creat per la mateixa placa ESP32. La primera pàgina web controlaria la direcció del cotxe i mostraria l'orientació amb una brúixola. La segona pàgina web controlaria la direcció d'una càmera que ens permet veure l'entorn del robot; a més, mitjançant uns sensors mesuraria la distància del cotxe respecte a la superfície on hauria d'aparcar.

1.3 Objectius

- Crear un robot omnidireccional per tal d'afavorir l'aparcament dels vehicles actuals.
- Aprendre sobre la placa ESP32 i els components emprats al llarg del projecte.

- Millorar les meves habilitats amb la creació de figures en 3D (OpenScad).
- Coneixements de programació.

2. Problemes per l'aparcament d'un vehicle convencional

Un dels objectius del meu projecte és, bàsicament, solucionar el problema que suposa avui dia aparcar amb els nostres cotxes. A continuació explicaré quin és aquest problema i una solució que es va donar al segle XX, que, encara que no va tenir èxit, crec que és interessant el moviment que proposaven per al meu projecte.

2.1 Els pàrquings

Avui dia, gràcies a l'evolució tecnològica, no comptem amb els mateixos vehicles que hi havia dècades enrere, ja que aquests han evolucionat, canviant, entre altres aspectes, la seva grandària i el seu volum.

No obstant això, encara que la seva evolució ha suposat una millora, els vehicles actuals tenen un problema: no entren en les places dels pàrquings.

Moltes places d'aparcament, tant privades com públiques, s'han quedat petites respecte a les mesures dels cotxes actuals.

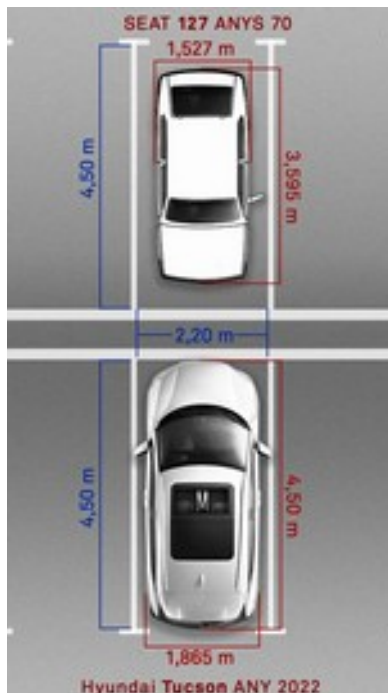
Una de les ocasions en les quals es pot veure clarament aquest problema és en l'àrea metropolitana de Barcelona. Aquesta ciutat es regeix per l'ordenança metropolitana d'edificació, normativa vigent des de la seva aprovació el 1975 que regula les dimensions dels pàrquings. En ella, s'estipulen les següents mesures per a cada plaça d'aparcament: 4,5 metres de llarg per 2,20 metres d'ample (com a mínim) [RMPA01].

Ara bé, l'inconvenient no està únicament en el fet que, per llarg, el cotxe pugui entrar just o fins i tot, arribar a sobresortir alguns centímetres, sinó que, una vegada aparcat és difícil sortir del cotxe, ja que la gran majoria empra la plaça d'aparcament per complet, per tant, en obrir les portes, colpegen al cotxe que estigui en la plaça del costat. D'altra banda, cal destacar que es requereixen grans maniobres per a no causar danys tant al mateix vehicle com a la resta a l'hora d'aparcar.

Com a conseqüència, els usuaris no veuen apropiat que el servei pel qual en la majoria dels casos estan pagant tingui aquestes condicions, ja que de vegades, els seus vehicles poden acabar danys, ja bé sigui per les columnes dels aparcaments o pels cotxes de les places del costat. A més, en algunes ocasions, hi ha places que queden inservibles, pel fet que altres vehicles ocupen una part d'elles.

En comparar un cotxe actual, com el Hyundai Tucson (2022) les mesures del qual són 4,50 per 1,856 m, amb un cotxe dels anys setanta, com el SEAT 127 les mesures del qual són 3,595 per 1,527 m, es pot veure clarament que si tots dos aparquessin en l'àrea metropolitana de Barcelona, al SEAT 127 li sobriarien 90 centímetres de llarg, en canvi, el Hyundai Tucson entraria just. A més, el SEAT 127 tindria un marge de 33 cm per a poder

obrir la porta i sortir del vehicle, no obstant això, el Hyundai Tucson només disposaria de 17 cm per costat.



Imatge comparativa entre les mides del SEAT 127 i del Hyundai Tucson respecte a una plaça d'aparcament [RMPA01].

S'han realitzat diversos estudis que acrediten la problemàtica actual amb les mesures tant de les places de pàrquing com amb els vehicles respectivament.

Entre ells, un estudi portat a cap en 2013 pel Reial Automòbil Club de Catalunya en el qual es classifica per a Barcelona com el lloc que té les places més estretes de tota Europa, sent la mitjana europea de 2,40/2,50 per 4,80 metres.

Un altre estudi, en aquest cas més recent (2019), L'Organització de Consumidors i Usuaris (OCU) va obtenir com a resultat que el 54% de les places no compta amb una mesura adequada, de les quals, el 30% són molt estretes i el 24% té una mesura molt justa.

Com a possible resposta a aquesta qüestió, algunes ciutats han proposat eliminar les places actuals i canviar-les per altres més grans, això sí, això suposaria una pujada al preu, ja que es reduiria el nombre de places. No obstant això, aquesta proposta no ha estat ben rebuda, i encara que alguns sí que l'han posat en marxa, molts dels pàrquings continuen amb les places petites.

2.2 Vehicle de 5 rodes de Brooks Walter

En el període comprès entre 1950 i 1973, l'economia mundial va créixer notablement, fent així que, al seu torn, als països desenvolupats, augmentarà la demanda de nous i millorats productes.

Durant aquest període, sobretot en la primera part, la indústria automobilística intentava proporcionar una millora als seus vehicles, llançant enginyosos productes, entre ells, un cotxe amb cinc rodes (tres d'elles en la part posterior i dues en la davantera) inventat pel californià Brooks Walter qui va registrar la primera patent en 1932 [RMP02].

El característic disseny que té aquest vehicle, va ser desenvolupat com a solució a la dificultat que hi havia a l'hora d'aparcar un cotxe en algunes ciutats americanes, ja que des dels anys vint, van començar a sorgir problemes en els centres urbans més concentrats.

Aquest invent consistia a instal·lar un artefacte en la part posterior del vehicle, aquest artefacte subjectava una cinquena roda perpendicular a la resta, la qual mancava de contacte amb el sòl, perquè estava elevada i únicament baixava quan es requeria el seu ús.

Quan un cotxe circulava, la roda quedava aixecada, per tant, no suposava cap inconvenient durant la conducció; en el moment en el qual el vehicle anava a ser aparcats, l'artefacte, mitjançant un cilindre hidràulic, baixava la cinquena roda. Aquesta roda, en contacte amb el sòl, elevava l'eix posterior del cotxe fent que aquest pogués pivotar en un sentit o un altre en funció de la marxa que se seleccionés a través de la transmissió automàtica.

En 1952, després d'una segona palesa, Brooks Walter va instal·lar el sistema en un Cadillac; no obstant això, va sorgir un gran desavantatge, atès que la instal·lació ocupava tot l'espai del maleter. Sent conscient que aquest inconvenient faria que les empreses descartessin el sistema, va continuar treballant en això, i en 1953, va instal·lar la cinquena roda en el paracols d'un Packard Cavalier, deixant lliure tot l'espai del maleter.

Malgrat que l'inconvenient estava resolt, cap empresa es va interessar a instal·lar aquest sistema en els seus vehicles, i això que Walter va continuar treballant fins a una tercera patent en 1957.

Imatge del Packard Cavalier amb la quinta roda en el paracolps [RMPA02].



He volgut fer menció en aquest invent perquè, encara que en la seva època no va tenir molt d'èxit (tot i que va ser un invent molt innovador), la seva cinquena roda permet un moviment similar al que poden dur a terme les rodes mecanum (almenys un d'ells) que explicaré més endavant. A més, aquest invent va sorgir com a solució al problema de l'aparcament, per tant, em semblava interessant esmentar-lo.

3. Rodes Mecanum

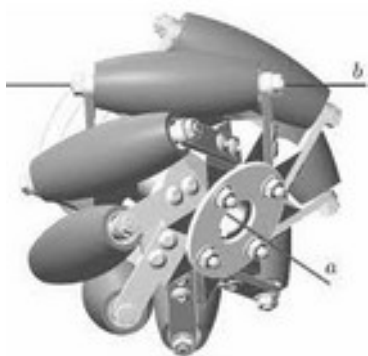
3.1 Què són les rodes mecanum

La roda mecanum és un disseny de roda omnidireccional, és a dir, permet que un vehicle terrestre es desplaci en qualsevol direcció. De vegades, per a referir-se a aquestes rodes, es pot utilitzar l'apel·latiu roda sueca o roda Ilon, en honor a l'inventor suec Bengt Erland Ilon (1923 - 2008), qui treballava com a enginyer en l'empresa sueca Mecanum AB quan va concebre el concepte i el va patentar als Estats Units el 13 de novembre de 1972 [RMPA03].

3.2 Disseny

La roda mecanum es compon per una sèrie de corròs externs de goma units obliquament a tota la circumferència de la llanda [RMPA04]. Per a poder utilitzar totes les funcions i direccions en el vehicle, es necessiten, almenys, quatre rodes: dues de les quals tenen els seus corròs disposats en un eix de rotació a 45° respecte al pla de la roda; les altres dues, en canvi, tenen els corròs orientats a 45° respecte a la línia de l'eix.

Cada roda Mecanum és una roda motriu independent, és a dir, compta amb el seu propi sistema de propulsió, fent així que quan giri, es generi una força propulsora (transmet un esforç de tracció al sòl) perpendicular a l'eix del corró. Aquesta força es pot desviar en un component longitudinal i transversal en relació amb el vehicle.



Imatge del disseny de la roda amb els seus corròs rotats a 45° [RMPA05].

3.3 La seva història

En 1970 Bengt Erland Ilon va concebre el concepte i va crear la patent de les rodes mecanum, no obstant això, les seves aplicacions comercials eren limitades [RMPA06].

En els anys vuitanta, Ilon va vendre la patent a l'exèrcit dels EUA, qui va posar a investigadors a treballar en això a Panamà, Florida. En aquells dies, s'utilitzaven per a transportar articles al voltant dels vaixells.

En 1997, diverses empreses, entre elles Airtrax Incorporated, van comprar els drets de la tecnologia (incloent-hi plans del funcionament dels motors i els controladors), per els quals, cadascuna de les empreses va pagar 2.500 dòlars. Amb ajuda dels plans i la tecnologia, van construir una màquina elevadora amb la capacitat de maniobrar en espais reduïts, com per exemple, la coberta d'un portaavions. Vehicles que actualment estan en producció.

Els vehicles d'erugues i els mini carregadors realitzen un moviment similar quant al gir, no obstant això, en superfícies toves o fràgils, poden causar danys considerables. A diferència d'aquests vehicles, amb el disseny de les rodes mecanum s'obté una rotació en el lloc amb una fricció mínima del sòl i un parell baix.

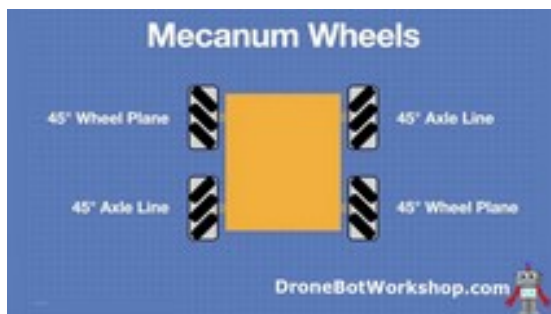
En l'actualitat, aquest tipus de rodes s'estudien en petits robots en les universitats, a més, molts equips han adaptat les rodes mecanum de proveïdors com Nexus i GoBilda per a incorporar-les a robots de competicions juvenils com FIRST Tech Challenge i VEX Robotics atès que necessiten moure's amb eficiència per a aconseguir la quantitat més gran de punts possibles.

Les rodes mecanum s'utilitzen, al seu torn, per a satisfer les necessitats de diferents empreses com la indústria, la recerca científica, el comerç i els equips mèdics, entre altres.

3.4 Disposició de les rodes pel desplaçament

Individualment, les rodes mecanum són rodes no direccionals, de fet, es necessiten almenys dues rodes perquè el vehicle pugui desplaçar-se.

Per a poder utilitzar les rodes mecanum, cal muntar-les de manera que, en la part davantera hi hagi una roda els corrons de la qual estén disposats 45° respecte a la línia de l'eix i l'altra 45° respecte al pla de la roda, i que en la part posterior estén invertides respectivament. Una vegada les rodes estan disposades d'aquesta manera, només cal accionar cada motor, fent així que, segons la velocitat i la direcció, s'obtingui un moviment diferent [RMPA04].

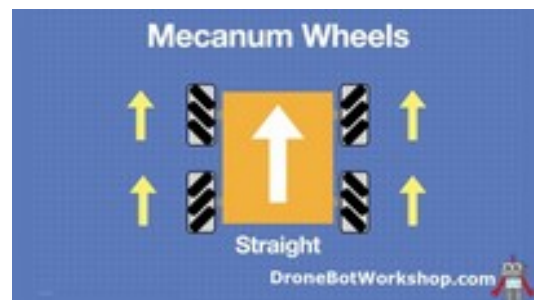


Imatge que representa la posició de les rodes per poder fer tots els moviments. A més, es mostra la inclinació dels corròns [RMPA04].

3.4.1 Moviment recte

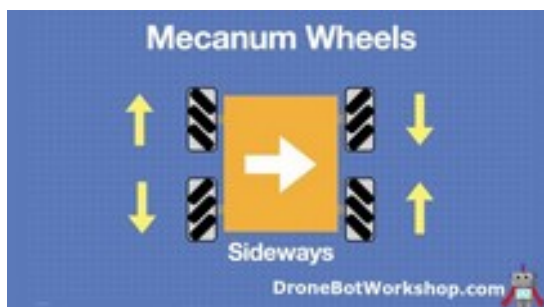
Perquè el vehicle es desplaci cap endavant com funcionaria amb unes rodes convencionals, les quatre rodes han de funcionar cap endavant. Si, per contra, volem que el vehicle es desplaci cap endarrere, totes les rodes han de funcionar cap endarrere.

Imatge que mostra, mitjançant les fletxes grogues, com ha de ser la direcció de les rodes per poder moure el cotxe cap endavant [RMPA04].



3.4.2 Moviment lateral

Per a aconseguir un moviment lateral, les rodes de cada costat, han de girar en direccions oposades, i al seu torn, cal invertir l'ordre dels costats. D'aquesta manera, el vehicle pot desplaçar-se cap a l'esquerra i cap a la dreta, sempre que s'inverteixi el sentit.

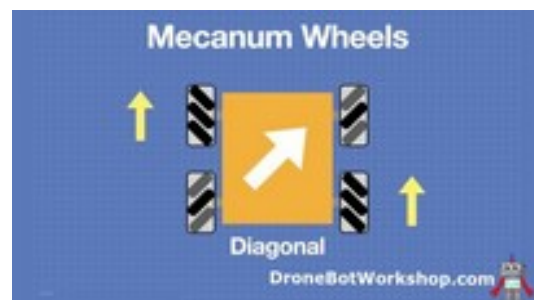


Imatge que mostra, mitjançant les fletxes grogues, com ha de ser la direcció de les rodes per poder moure el cotxe cap a la dreta [RMPA04].

3.4.3 Moviment diagonal

Una altra de les direccions que es poden aconseguir gràcies a aquestes rodes, és el moviment diagonal. Per a aquesta direcció, únicament cal fer funcionar dues rodes. En el cas de la diagonal a 45° , s'ha de girar la roda davantera dreta i la roda posterior esquerra, ambdues cap endavant, ja que si la direcció de les rodes és en sentit contrari, el vehicle es desplaçarà en diagonal a 225° . En el cas dels 135° , cal girar-les cap endarrere la roda davantera esquerra i la posterior dreta, si es gira cap endavant, es mourà en diagonal a 315° .

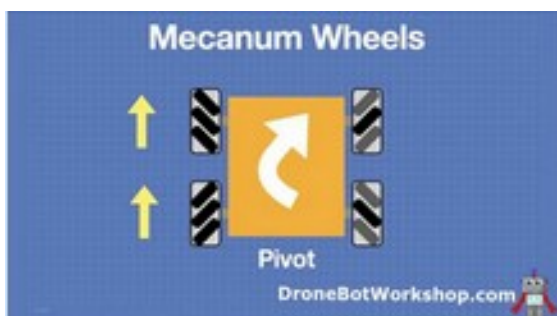
Imatge que mostra, mitjançant les fletxes grogues, com ha de ser la direcció de les rodes per poder moure el cotxe en diagonal a 45° [RMPA04].



3.4.4 Gir

A diferència dels vehicles amb rodes convencionals, un vehicle amb rodes mecanum pot girar cap a un costat únicament amb dues rodes i sense desplaçar-se en l'espai, és a dir, el vehicle gira cap a la dreta o cap a l'esquerra sobre si mateix, per tant, no necessita un moviment previ.

Per a aconseguir aquest tipus de moviment, és necessari que les dues rodes d'un lateral funcionin cap endavant o cap endarrere (en el cas de voler girar a l'inrevés). Per a poder girar cap al costat dret, les rodes del costat esquerre, tant la de davant com la de darrere, han de girar cap endavant; per a girar cap a l'esquerra, han de ser les rodes del costat dret.



Imatge que mostra, mitjançant les fletxes grogues, com ha de ser la direcció de les rodes per poder girar el cotxe cap a la dreta [RMPA04].

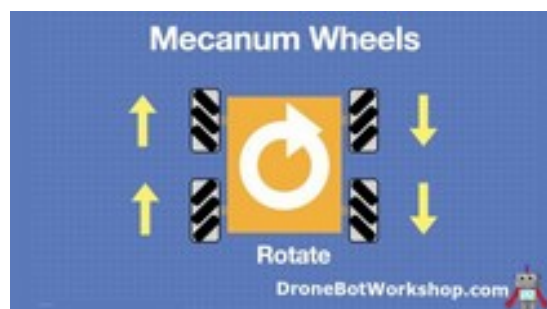
A més, amb les rodes mecanum també es permet el gir cap a un costat en moviment, per exemple, mentre el vehicle va cap endavant, comença a girar cap a la dreta.

Per a obtenir aquest tipus de gir, s'han de programar les rodes tal que les dues rodes del costat dret vagin a major velocitat que les rodes del costat esquerre, així girarà cap a l'esquerra; si es programa a l'inrevés, girarà cap a la dreta, tots dos girs amb moviment. Depenent de la direcció de les rodes, es pot fer el gir quan el vehicle es desplaci cap endarrere (si les rodes van cap endarrere).

3.4.5 Gir 360°

Una de les raons per les quals les rodes mecanum són molt útils en la indústria és per què poden fer girar al vehicle sobre si mateix fins a fer un gir de 360°. Per a realitzar aquest moviment, les rodes de cada lateral han de girar inversament, és a dir, el lateral esquerre gira cap endavant, en canvi, el lateral dret gira cap endarrere.

Imatge que mostra, mitjançant les fletxes grogues, com ha de ser la direcció de les rodes per poder fer un gir complet, és a dir, 360° [RMPA04].



3.5 Explicació del desplaçament segons les forces

La direcció del vehicle és determinada per la magnitud i direcció de cadascuna de les quatre forces de fricció [RMPA07].

Es pot definir el concepte de fricció com una força que apareix en la superfície de contacte entre dos cossos intentant lliscar-se l'un sobre l'altre. Perquè un objecte o un vehicle es desplaci, la força de fricció ha de ser menor que la força exercida.

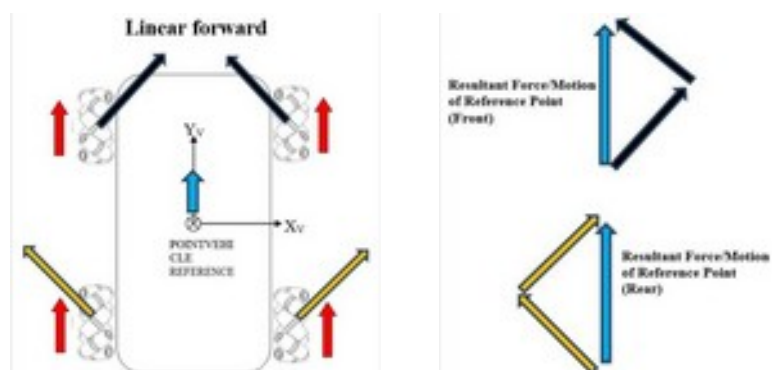
En el cas d'un vehicle amb rodes mecanum, en girar-les, cada corró, en fer contacte amb el sòl, genera una força sobre la superfície del sòl contrària a la força de fricció (la que fa la superfície cap al corró).

En haver-hi quatre rodes, sobre el vehicle actuen simultàniament quatre forces de fricció fent que el vehicle es desplaci. Si analitzem els vectors de les forces, podem entendre per què el vehicle es desplaça en les diferents direccions.

3.5.1 Moviment recte

En moure totes les rodes cap endavant (o cap endarrere en el cas invers), les rodes fan una força els vectors de la qual (representats en la imatge amb una fletxa de color negre i groc), en sumar-se, s'eliminen els components de l'eix x i únicament queden els components de l'eix y, donant lloc a una força resultant. El vector d'aquesta força és paral·lel a la direcció del cotxe, i és cap endavant respecte al punt d'origen.

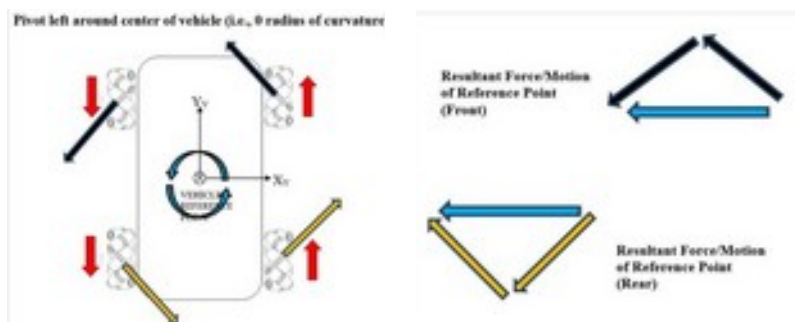
Dibuix de les forces per moure el cotxe cap endavant. A la segona imatge es pot veure la força resultant (fletxa blava). Aquesta força determina el moviment [RMPA07].



3.5.2 Moviment lateral

Si sumem els vectors de les forces que sorgeixen amb les diferents direccions (representades amb una fletxa vermella) de les rodes, els components de l'eix y es compensen i s'anul·len, deixant els components de l'eix x, per això, la força resultant és cap als laterals.

Dibuix de les forces per als moviments laterals. A la segona imatge es pot veure la força resultant (fletxa blava). Aquesta força determina el moviment [RMPA07].



3.5.3 Moviment diagonal

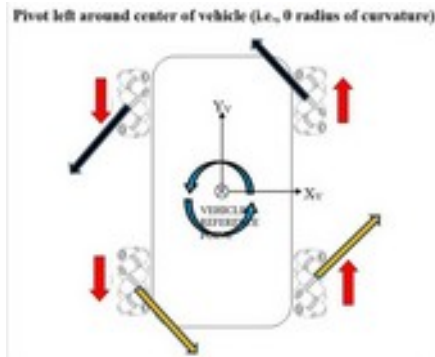
En el cas del moviment diagonal, en moure's únicament dues rodes, una davantera i l'altra posterior (totes dues contràries), la força que resulta és igual a la de la roda, ja que totes dues rodes donen la mateixa força i cap el mateix costat. És per això que el vehicle es desplaça en diagonal.

3.5.4 Gir

En aquest cas, les forces resultants que fan possible aquest moviment són iguals que les del moviment recte, l'única diferència està en el fet que, com les rodes d'un lateral giren més de pressa que les de l'altre costat, la força del primer costat és major, per tant, tendeix a realitzar el gir.

3.5.5 Gir 360°

El gir complet dels 360° sorgeix pel fet que les quatre forces resultants no es compensen i en anar cadascuna cap a una direcció diferent, s'obté com a resultat un gir complet.

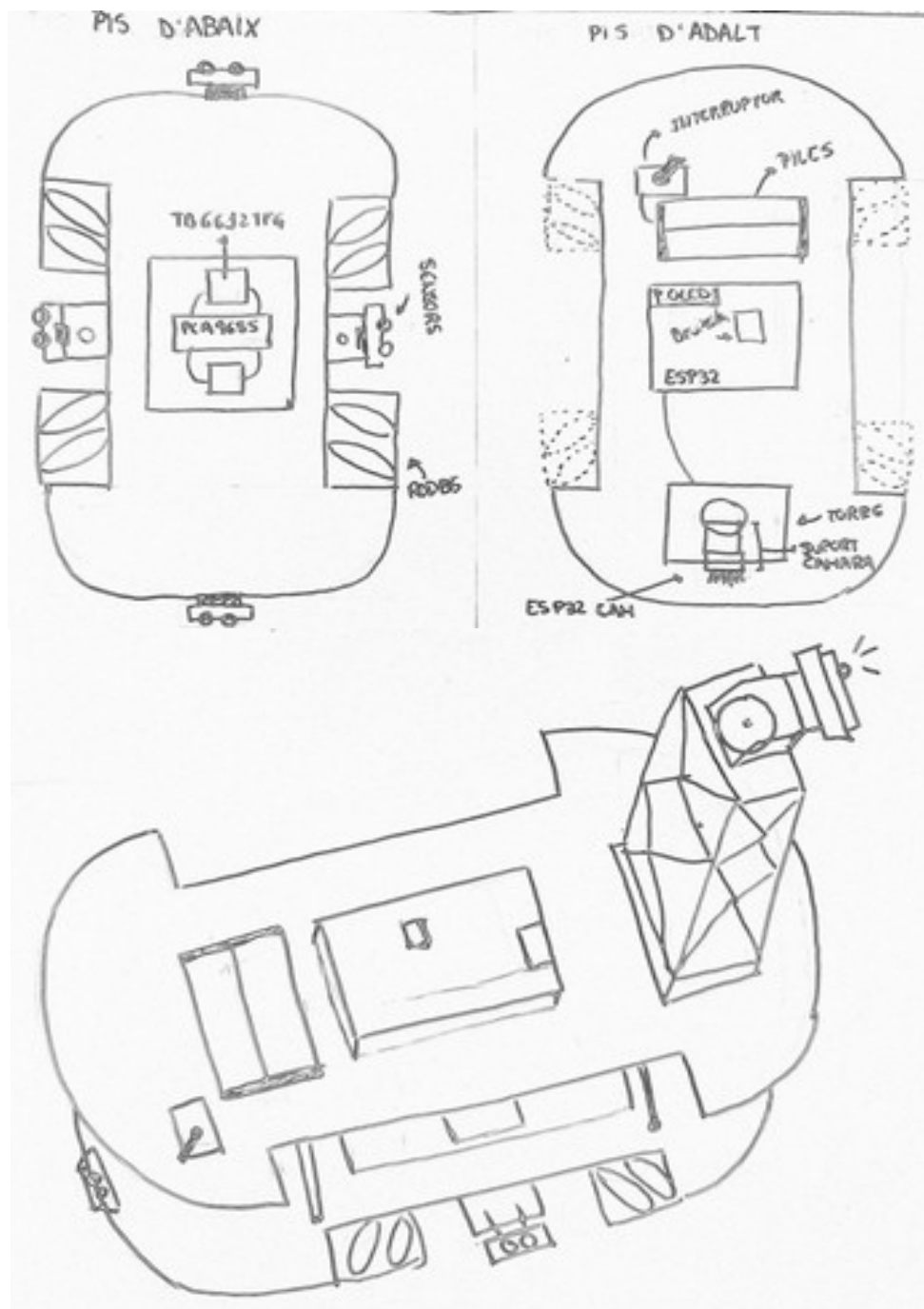


Dibuix de les forces per fer un gir complet, és a dir, de 360° [RMPA07].

4. Disseny del robot

4.1 Planificació

Quan vaig començar a fer el robot, vaig haver de planificar una mica com volia que fossés, tot i que, posteriorment, vaig anar augmentant algunes parts. Finalment, l'esbós sencer seria així [IMLG01]:



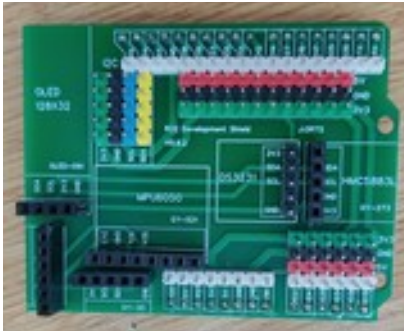
OPERACIONS	MATERIALS	EINES	TEMPS
Soldadura placa ESP32	Estany, placa ESP32 i terminals	Soldador	2 h i 20 min
Soldadura cables motos	Estany	Soldador	45 min
Soldadura cable alimentació càmera	Estany	Soldador	10 min
Muntatge robot	Cargols i components	Tornavís	1h i 30 min
Disseny peces 3D	-	OpenScad	25 h
Impressió 3D	PLA	Impressora 3D	11 h i 45 min
Muntatge peces 3D	Peces, components, cargols i cola/zel de doble cara	Tornavís	1 h i 30 min
Programació	Components	Ordinador amb Arduino	60 h

4.2 Pressupost

4.2.1 Components

COMPONENTS	IMATGE [IMLG01]	PREU
TB6612 FNG [CCAL01]		Unitat: 0,56 € 2 Unitats: 1,12 €
PCA9685 [CCAL02]		Unitat: 2,51 €

Placa WeMos D1 R32 ESP32 [CCAL03]		Unitat: 3,15 €
Pantalla OLED (128x32) [CCAL04]		Unitat: 1,08 €
Brúixola HMC5883L [CCAL05]		Unitat: 1,15 €
Condensador [CCAL06]		1,06€/lote 20uds. Unitat: 0,053 € 4 Unitats: 0,21 €
Porta piles [CCAL07]		Unitat: 1,13 €
Bateries [CCAL08]		Unitat: 7,93 € 2 Unitats: 15,98 €

Pack xassí del robot: 4 rodes mecanum 2 xassís i 4 motars [CCAL09]		Unitat: 24,71 €
Interruptor (MTS-1) [CCAL10]		2,14€/lote 3 uds Unitat: 0,71 €
Placa de connexions per ESP32 R32 [CCAL11]		Unitat: 5 €
ESP32 CAM [CCAL12]		Unitat: 5,79 €
Servos SG90 [CCAL13]		Unitat: 2,78 € 2 Unitats: 5,56 €

Sensors ultrasons: HC-SR04 [CCAL14]		Unitat: 0,72 € 4 Unitats: 2,88 €
Material divers (cargols, volanderes, cables i femelles)		2,00 €
PREU TOTAL		72,98 €

4.2.2 Peces 3D

PEÇA	IMATGE [IMLG01]	PREU
Suport TB6612 FNG i PCA9685		Unitat: 0,2 €
Torre		Unitat: 0,94 €

Suport servos - càmera		Unitat: 0,52 €
Suport HC-SR04		Unitat: 0,58 € 4 Unitats: 2,32 €
PREU TOTAL		3,98 €

4.2.3 Materials

MATERIAL	IMATGE	PREU
Estany [CCAL15]		Rotllo: 2,08 € Poca quantitat utilitzada (0,75 cèntims)
Zel de doble cara [CCAL16]		Rotllo: 4,95 € Poca quantitat utilitzada (0,50 cèntims)

Cola [CCAL17]		Tub: 5,49 € Poca quantitat utilitzada (1,50 cèntims)
PREU TOTAL		2,75 €

PRESSUPOST IMPRESSIÓ	7 € (s'afegeix un euro per cada peça per tal de cobrir la part del cost elèctric i l'abonament de la impressora).
----------------------	---

4.2.4 Mà d'obra

HORES TREBALLADES	PROJECTE	ALTRE PROJECTE
Investigació	19 h	0 h
Control cotxe	17 h	17 h
Programació	9 h	9 h
Impressió	2 h	2 h
Operacions	7 h	7 h
Total	130 h	35 h

HORES TREBALLADES	PREU PER HORA	TOTAL
130 h	10 €/h	1300 €

4.2.5 Total

PREUS INDIVIDUALS		PREU TOTAL
Components	72,98 €	1386,71 €
Peces 3D	3,98 €	
Materials	2,75 €	
Pressupost impressió	7 €	
Mà d'obra	1300 €	

4.2.6 Altre projecte

En la producció d'un altre robot, el cost disminuiria notablement pel fet que els codis són els mateixos, per tant, el cost de la mà d'obra es reduiria.

PREUS INDIVIDUALS		PREU TOTAL
Components	72,98 €	437,71 €
Peces 3D	3,98 €	
Materials	2,75 €	
Pressupost impressió	7 €	
Mà d'obra	350 €	

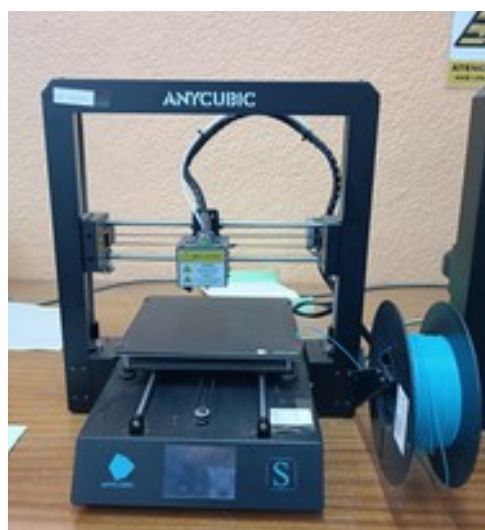
5. Disseny i creació de les peces 3D

5.1 Impressió 3D

La impressió 3D és el procés de creació d'objectes tridimensionals mitjançant el dipòsit de capes de material superposades unes sobre d'altres. En el meu cas, el material utilitzat per la impressió de totes les peces va ser el PLA (Annex 1), de color blau i groc.

Per poder fer el disseny de les peces vaig emprar l'OpenScad (Annex 2) i per imprimir-les la impressora 3D del meu institut.

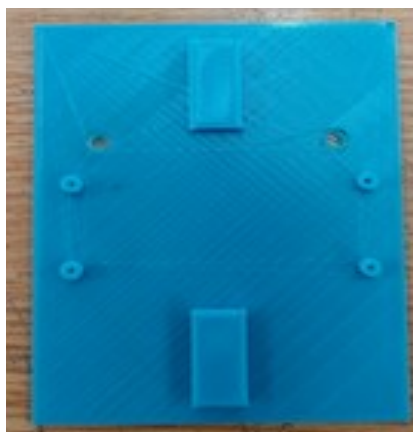
Imatge de la impressora 3D de l'Institut Príncep de Viana. A la part dreta es pot veure el rotlló de PLA, que en aquest cas és el de color blau [IMLG01].



5.2 Suport PCA9685 i TB6612 FNG

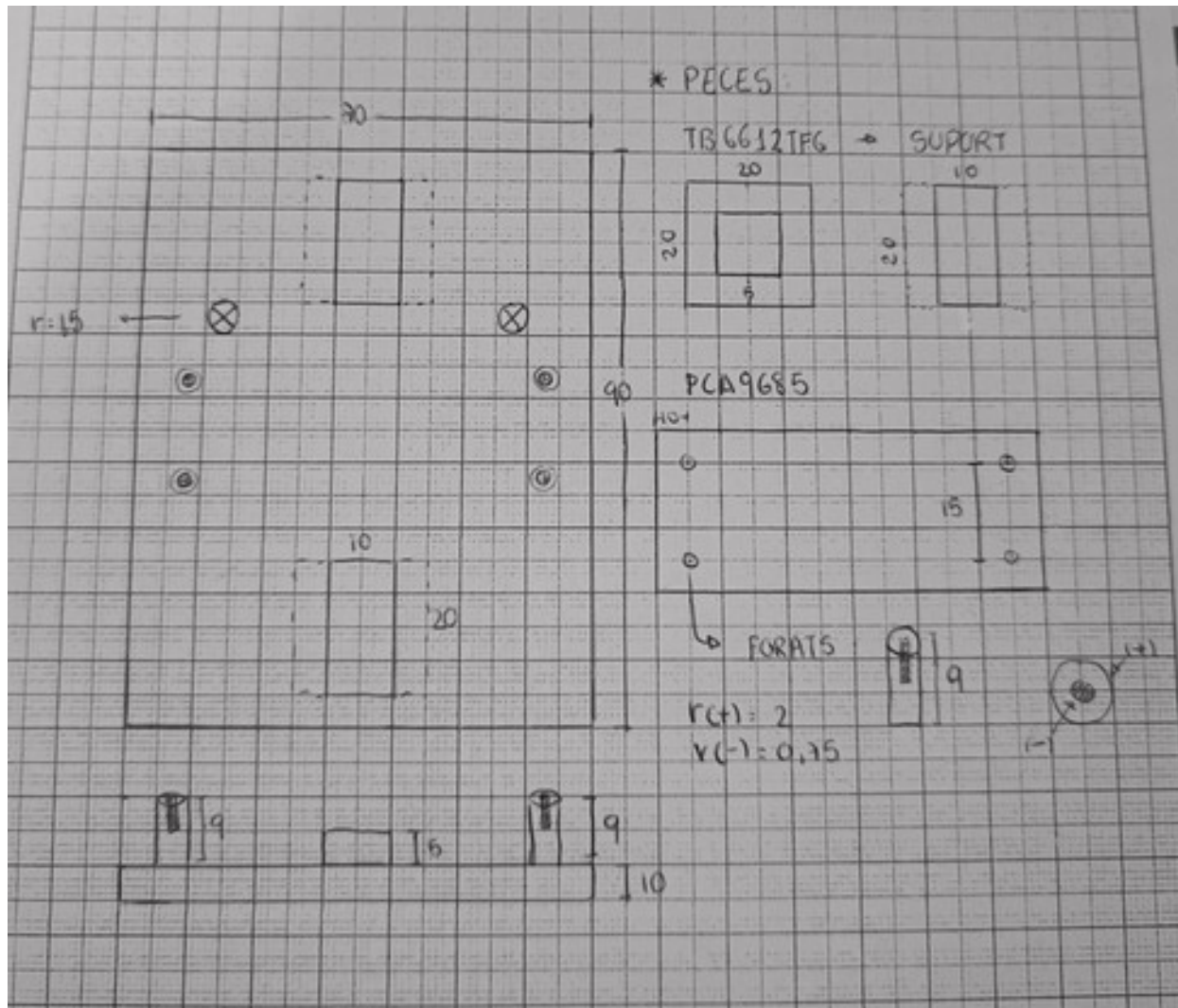
Per poder instal·lar les dues plaques TB6612 FNG i la placa PCA9686, vaig haver de dissenyar un suport amb l'OpenScad que s'adaptés correctament al xassís i que agafés tots tres components.

Imatge de la peça per al suport de les plaques TB6612 FNG i PCA9686 [IMLG01].



5.2.1 Disseny

Disseny del suport per a les plaques PCA9685 i TB6612 FNG [IMLG01]



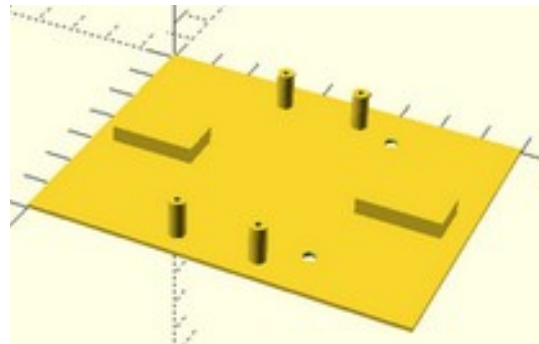
5.2.2 Codi

Després d'uns intents en els quals les mides no eren correctes, aquest va ser el codi definitiu.

```
//Codi fet per Laia Guimerà Moreno
difference(){
  union(){
    //base
    cube([70,90,1]);
    //suport plaques TB6612 FNG
    translate([30,5,0]) cube([10,20,5]);
    translate([30,65,0]) cube([10,20,5]);
```

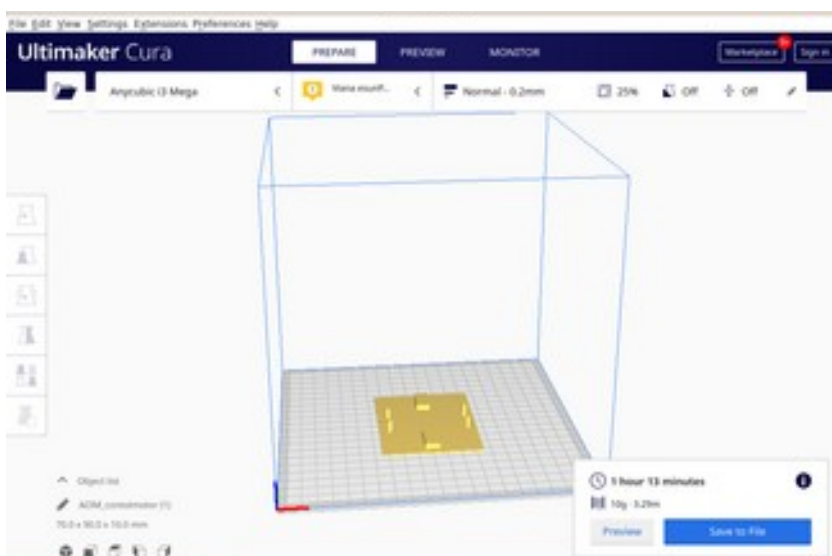
```
//Supots placa PCA9685
translate([8,34,1]) cylinder(r=2,h=9,$fn=48);
translate([8,53,1]) cylinder(r=2,h=9,$fn=48);
translate([64,34,1]) cylinder(r=2,h=9,$fn=48);
translate([64,53,1]) cylinder(r=2,h=9,$fn=48);
}
union(){
  //forats dels cilindres
  translate([8,34,1]) cylinder(r=0.75,h=9,$fn=48);
  translate([8,53,1]) cylinder(r=0.75,h=9,$fn=48);
  translate([64,34,1]) cylinder(r=0.75,h=9,$fn=48);
  translate([64,53,1]) cylinder(r=0.75,h=9,$fn=48);
  //forats per el xassís
  translate([11.5,62.5,0]) cylinder(r=1.5,h=3,$fn=48);
  translate([58.5,62.5,0]) cylinder(r=1.5,h=3,$fn=48);
}
}
```

Una vegada fet al codi, a l'OpenScad es veu la següent representació gràfica [IMLG02].



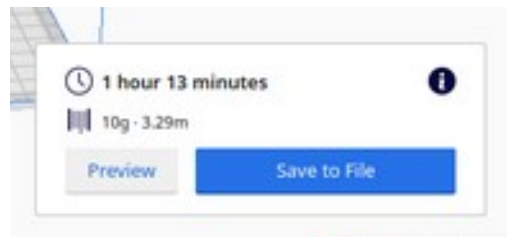
5.2.3 Impressió i cost

Per imprimir el suport, es van utilitzar 10 g de PLA i va trigar una hora i 13 minuts. El preu del dit plàstic és de 20€/kg; per tant, el cost total de la peça és de 0,2 €.

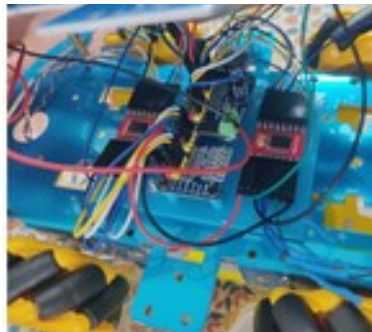


Captura Ultimaker cura del suport per a les plaques TB6612 FNG i PCA9686 [IMLG02].

Ampliació de la captura que mostra el temps que triga i la quantitat de PLA emprat [IMLG02].



5.2.4 Resultat final

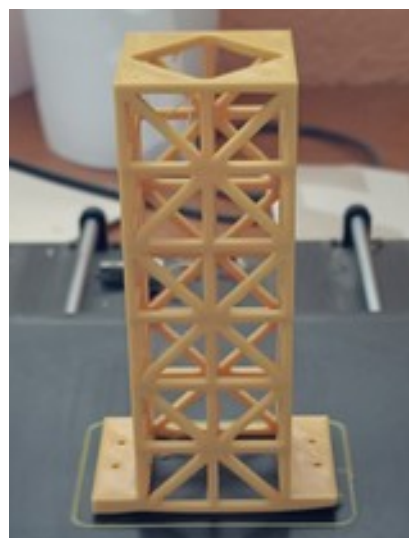


Imatges del resultat del suport per a PCA9685 i TB6612 FNG una vegada està incorporat al xassís [IMLG01].

5.3 Torre

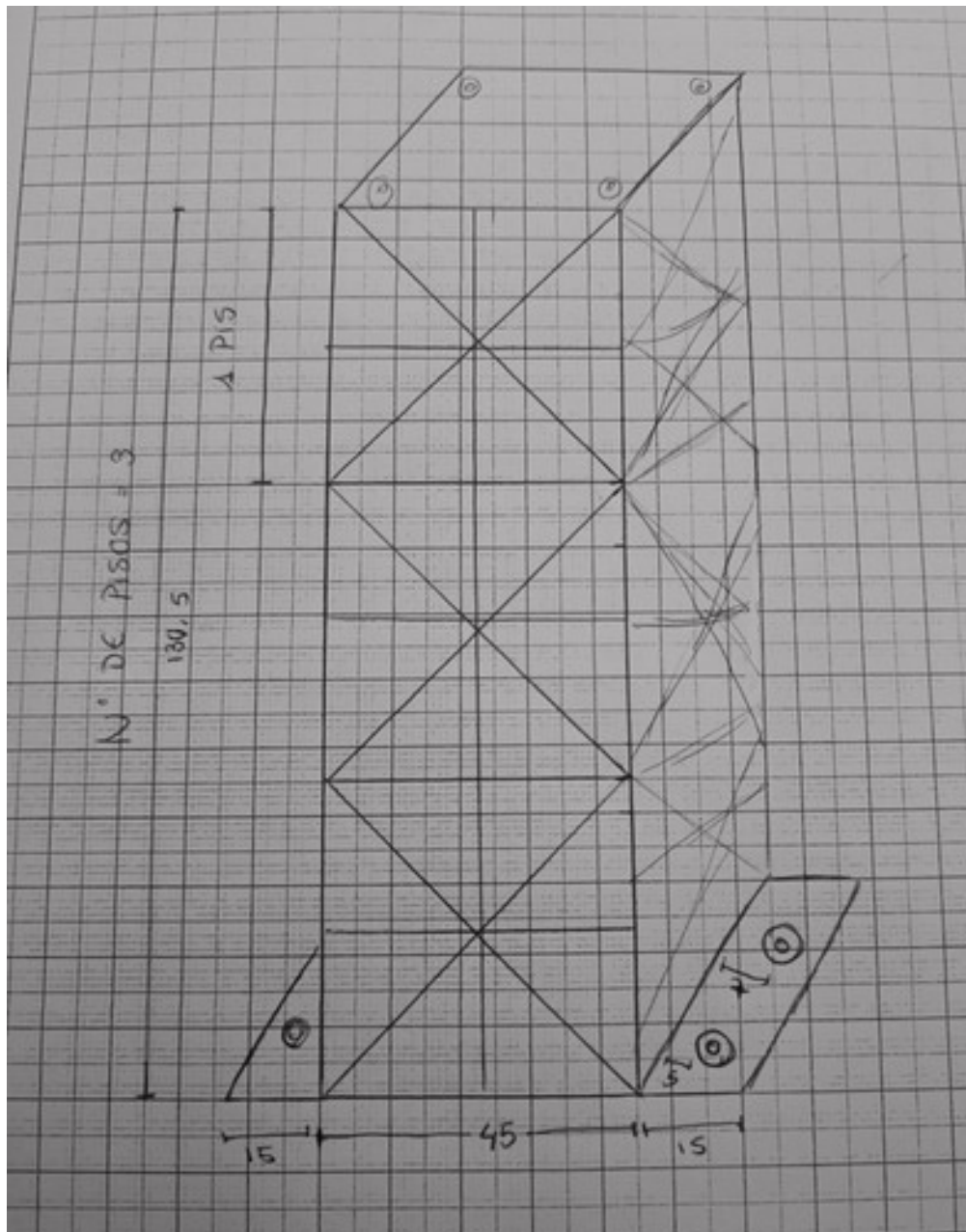
Per poder instal·lar la càmera, vaig haver de fer una estructura que elevés la càmera per tal d'obtenir una visió del voltant del cotxe, per tal de fer-ho, vaig modificar el codi d'una torre per eliminar un pis i canviar els forats perquè s'adaptés correctament al xassís.

Imatge de la torre una vegada impresa [IMLG01].



5.3.1 Disseny

Disseny de la torre amb les modificacions [IMLG01]

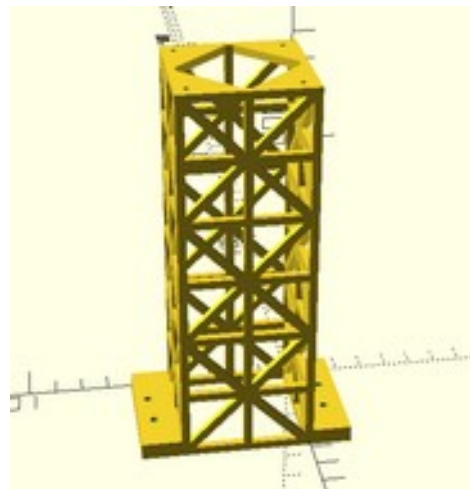


5.3.2 Codi

```
//codi original Ana Andrés Garcia
//adaptació Laia Guimerà Moreno
pis();
translate ([0,0,45])
pis();
translate ([0,0,45])
pis();
translate ([0,0,90])
pis();
//Modificació: eliminació d'un pis
//translate ([0,0,135])
//pis();
//--suport esquerra
difference (){
//Modificació: mida del suport i posició del forats
translate ([-15.5,-1.5,-1.5])
cube([14,48,6]);
translate([-9.5,17,0])
cylinder(r=3/2, h=15, $fn=50, center=true);
translate([-8.5,31,0])
cylinder(r=3/2, h=15, $fn=50, center=true);
}
//--suport dret
difference (){
//Modificació: mida del suport i posició del forats
translate ([46,-1.5,-1.5])
cube([15,48,6]);
translate([56,17,0])
cylinder(r=3/2, h=15, $fn=50, center=true);
translate([55,31,0])
cylinder(r=3/2, h=15, $fn=50, center=true);
}
module pis (){
rotate([0,-90,0]) pared();
rotate([90,0,0]) pared();
translate([45,0,0])rotate([0,-90,0]) pared();
translate([0,45,0])rotate([90,0,0]) pared();
}
module pared(){
translate([1.5,-1.5,-1.5]){
//--QUADRAT
cube([45,3,3]);
rotate([0,0,90])
cube([45,3,3]);
rotate([0,0,90])
translate([0,-45,0])
cube([45,3,3]);
translate([-3,45,0])
cube([48,3,3]);
//--DIAGONALS
rotate([0,0,45])
cube([63.7,3,3]);
rotate([0,0,135])
translate([-30,-33.5,0])
cube([63.7,3,3]);
rotate([0,0,90])
translate([0,-22.5,0])
cube([45,3,3]);
translate([-3,22.5,0])
cube([48,3,3]);
}
```

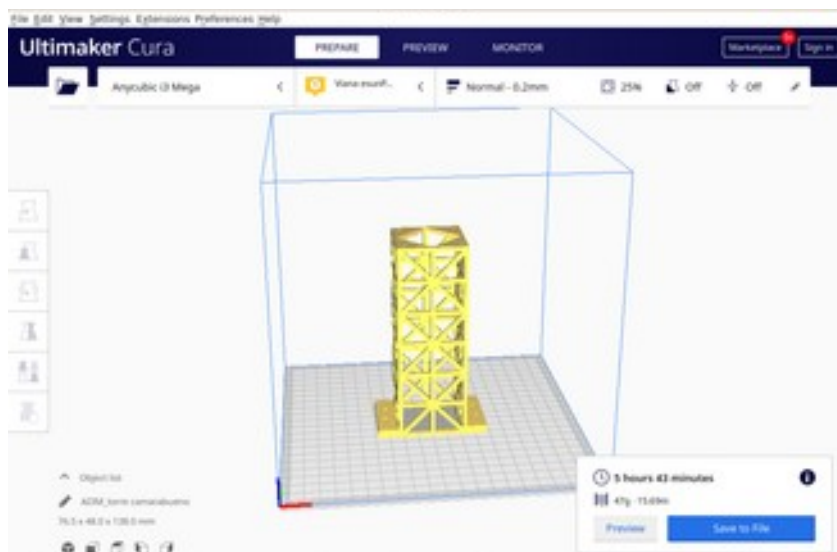
```
}  
//Modificació: canvi de la posició  
translate([0,-22.5,133.5])  
union(){  
  difference (){  
    triangles();  
    //--forats  
    translate([4,26.5,0])  
    cylinder(r=2/2, h=8, $fn=50);  
    translate([4,63.5,0])  
    cylinder(r=2/2, h=8, $fn=50);  
    translate([42,26.5,0])  
    cylinder(r=2/2, h=8, $fn=50);  
    translate([42,63.5,0])  
    cylinder(r=2/2, h=8, $fn=50);  
  }  
}  
/--triangle  
module triangles() {  
  intersection(){  
    union(){  
      rotate([0,0,45]) cube([31.8,31.8,3]);  
      translate([45,45,0]) rotate([0,0,45]) cube([31.8,31.8,3]);  
      translate([45,0,0]) rotate([0,0,45]) cube([31.8,31.8,3]);  
      translate([0,45,0]) rotate([0,0,45]) cube([31.8,31.8,3]);  
    }  
    translate([0,22.5,0]) cube([45,45,5]);  
  }  
}
```

Una vegada fet al codi, a l'OpenScad es veu la següent representació gràfica [IMLG02].



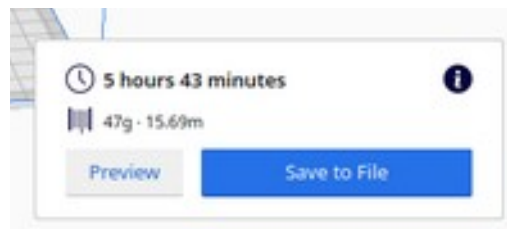
5.3.3 Impressió i cost

En imprimir la peça triga 5 hores i 43 minuts fent servir 47 g. Per tant, el cost és de 0,94€.

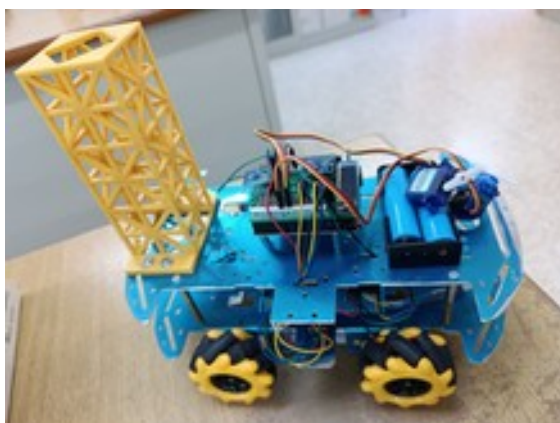


Captura Ultimaker cura de la torre [IMLG02].

Ampliació de la captura que mostra el temps que triga i la quantitat de PLA emprat [IMLG02].



5.3.4 Resultat final



Imatge de la torre, una vegada està incorporada al cotxe [IMLG01].

5.4 Suport servos - càmera

5.4.1 Disseny

Com la funció de la càmera és donar una vista del terreny per poder ajudar a l'hora de l'aparcament, la càmera ha de situar-se des de dalt de la torre. Per fer-ho, vaig emprar el disseny de Thingiverse [DMPT01] amb la modificació de l'Ana Andrés García.

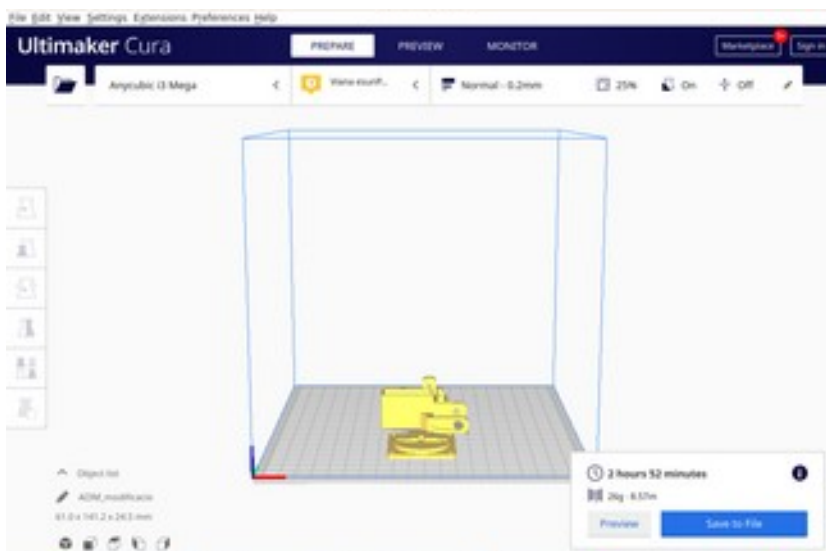
5.4.2 Codi

```
// adaptació Ana Andrés García
import("Pan-tilt-tapa.stl");
difference () {
  translate([2,2,0])
  cube([3,13,15]);
  translate([4,8,15])
  cylinder(r=1.4/2, h=15, $fn=50,
  center=true);
}
```

Els altres arxius estan en .stl

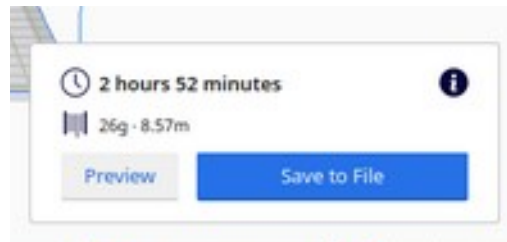
5.4.3 Impressió i cost

En imprimir les tres peces triga 2 hores i 52 minuts fent servir 26 g. Per tant, el cost total és de 0,52 €.



Captura Ultimaker cura del suport per als servos [IMLG02].

Ampliació de la captura que mostra el temps que triga i la quantitat de PLA emprat [IMLG02].



5.4.4 Resultat final

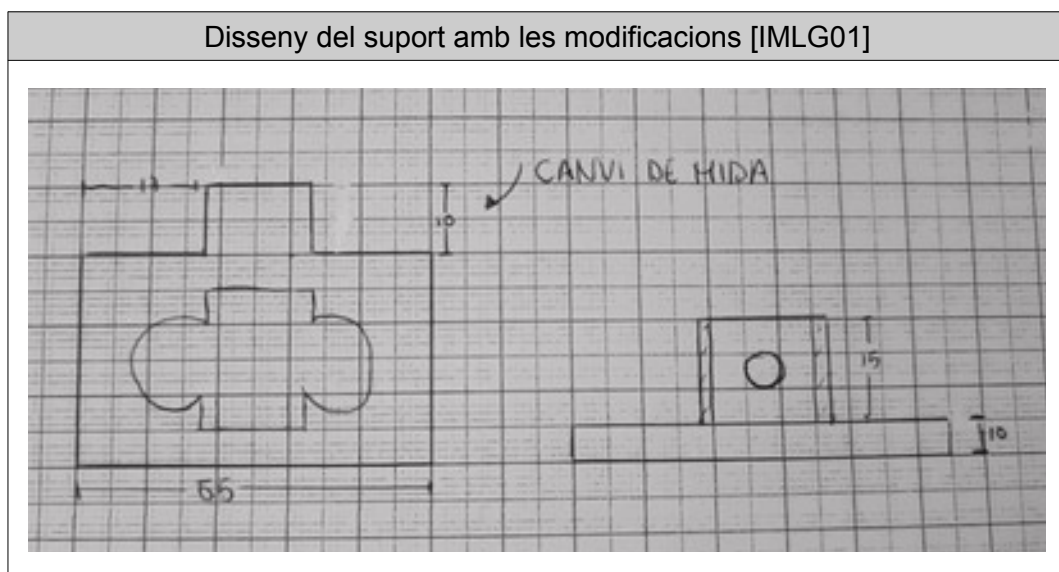


Imatge del resultat del suport per al servo i la càmera, una vegada està incorporat a la torre del cotxe [IMLG01].

5.5 Suport HC-SR04

5.5.1 Disseny

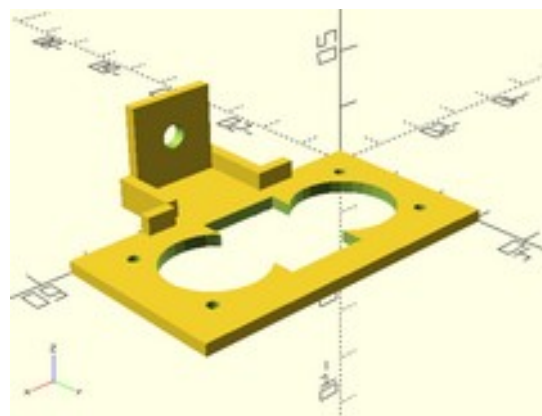
Per als sensors HC-SR04 vaig utilitzar el codi del disseny del Thingiverse [DMPT02], tot i que vaig haver de fer una modificació perquè s'adaptés al meu cotxe.



5.5.2 Codi

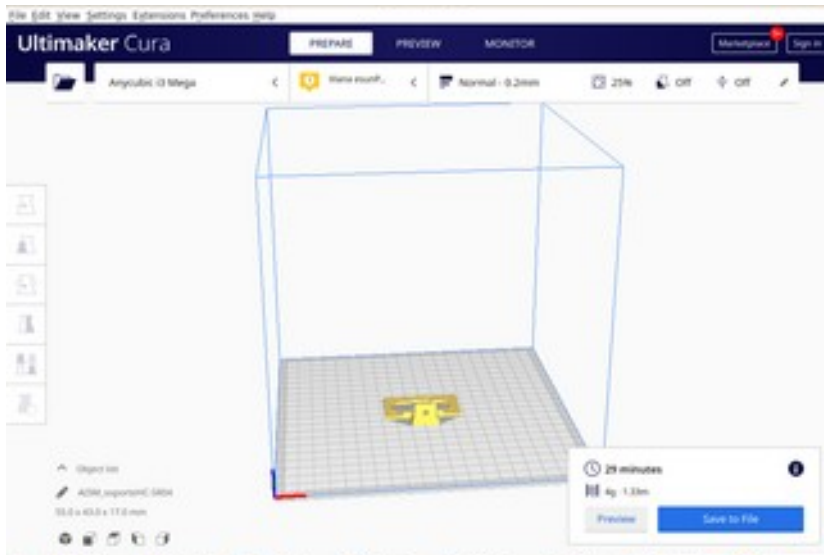
```
// codi d'exemple del Jordi Orts
// modificacions fetes per Laia Guimerà Moreno
difference () {
  union () {
    cube ([55, 31, 2]);
    translate ([20, -10, 0])
    cube ([15, 30, 2]);
    translate ([20, -12, 0])
    cube ([15, 2, 17]);
    translate ([18, -12, 0])
    cube ([2, 14, 5]);
    translate ([35, -12, 0])
    cube ([2, 12, 5]);
    translate ([13, 0, 0])
    cube ([5, 2, 5]);
    translate ([37, 0, 0])
    cube ([5, 2, 5]);
  }
  union () {
    translate ([14, 15, 0])
    cylinder (h=2, r=8.5 , $fs=0.1 );
    translate ([40, 15, 0])
    cylinder (h=2, r=8.5 , $fs=0.1 );
    translate ([20, 5, 0])
    cube ([14, 20, 2]);
    translate ([6, 6, 0])
    cylinder (h=2, r=1 , $fs=0.1 );
    translate ([6, 24, 0])
    cylinder (h=2, r=1 , $fs=0.1 );
    translate ([48, 6, 0])
    cylinder (h=2, r=1 , $fs=0.1 );
    translate ([48, 24, 0])
    cylinder (h=2, r=1 , $fs=0.1 );
  }
  translate ([27.5, -10, 10]) {
    rotate ([90, 0, 0])
    cylinder (h=2, r=2, $fs=0.1);
  }
}
}
```

Una vegada fet al codi, a l'OpenScad es veu la següent representació gràfica [IMLG02].



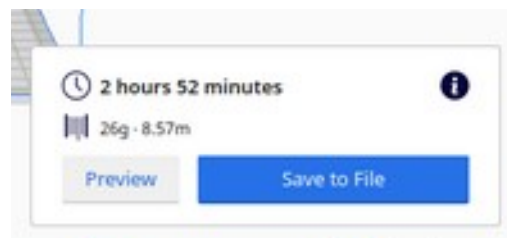
5.5.3 Impressió i cost

En imprimir una peça triga 29 minuts utilitzant 4 g; en imprimir les quatre peces triga 116 minuts fent servir 116 g. Per tant, el cost total és de 2,32 €.

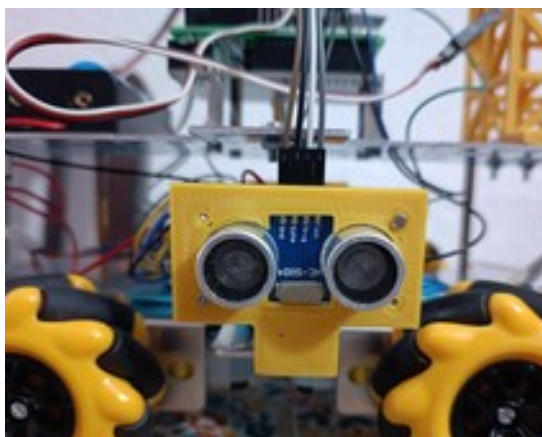


Captura Ultimaker cura del suport per als sensors [IMLG02].

Ampliació de la captura que mostra el temps que triga i la quantitat de PLA emprat [IMLG02].



5.5.4 Resultat final

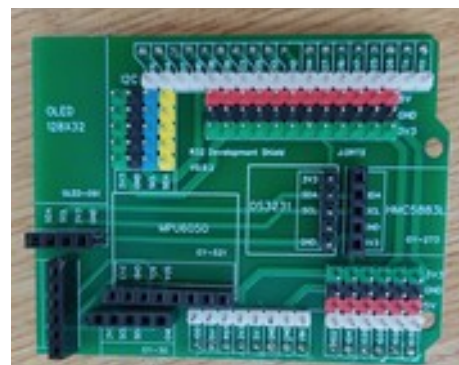
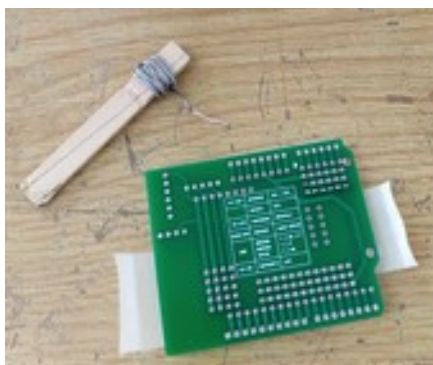
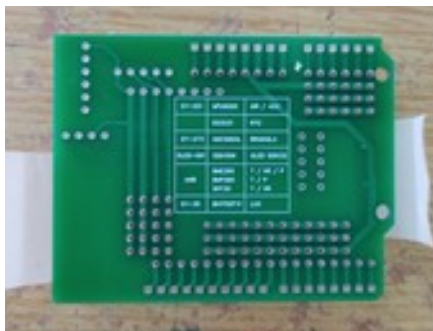


Imatge del resultat del suport per als sensors HC-SR04, una vegada està incorporat al xassís [IMLG01].

6. Preparació de la placa

6.1 Soldadura de les connexions

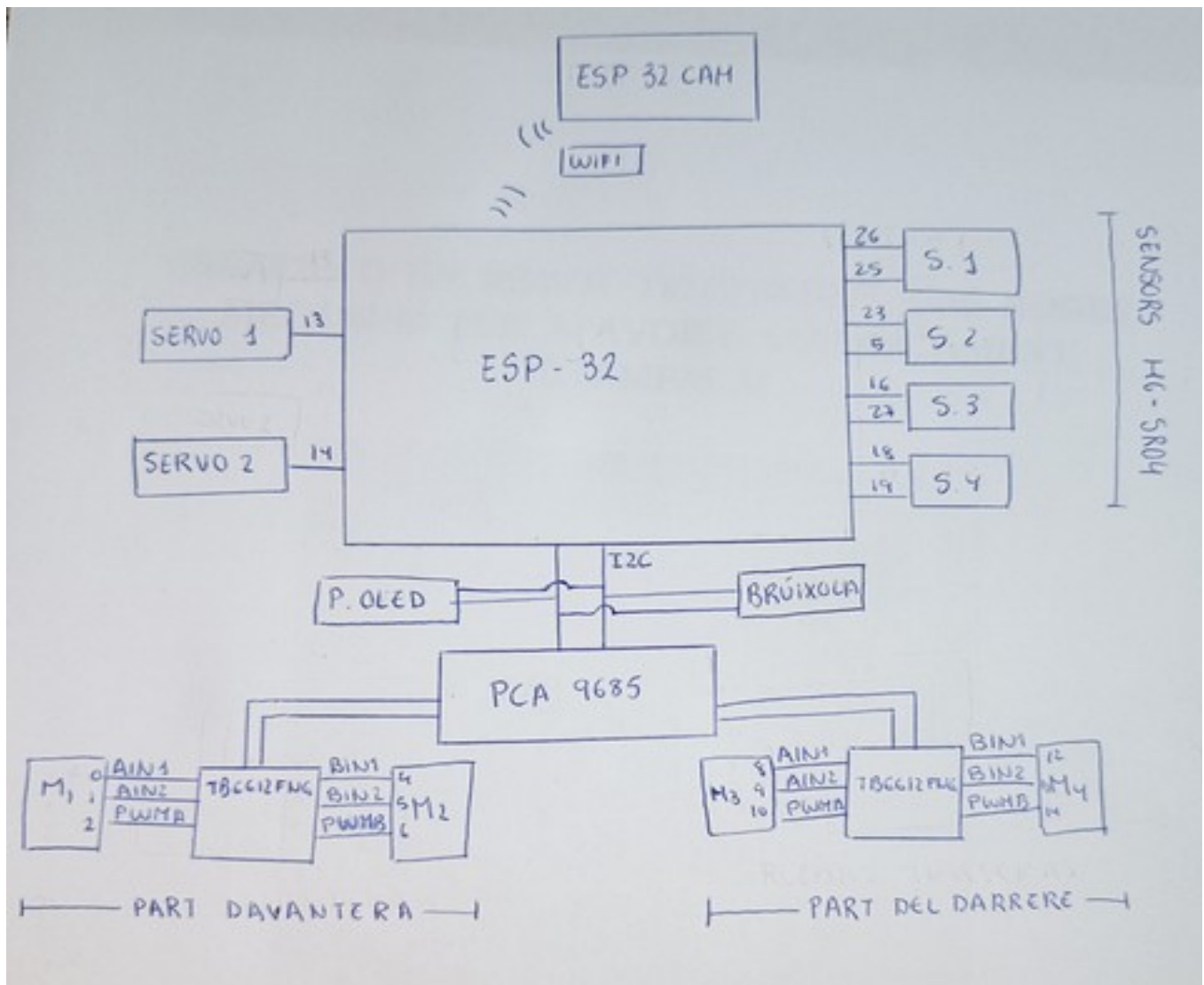
Per poder treballar bé amb els components, primer vaig haver de preparar la placa, és a dir, vaig haver de soldar els pins cadascú al seu lloc i amb molt compte perquè no hi hagi qualsevol error de contacte que ens perjudicaria més endavant.



Imatges del procés on es va emprar estany i un soldador que és de l'Institut Príncep de Viana [IMLG01].

6.2 Connexions

Una vegada preparada la placa, vaig poder fer les connexions. En la següent imatge es mostra el diagrama de blocs [IMLG01].



7. Programació amb Arduino

Per poder programar les diferents funcions, vaig haver d'instal·lar la placa ESP 32 en Arduino IDE.

Una vegada instal·lada la placa, cal que en començar el programa, es configuri la placa Wemos D1 mini R32 a 115000 bauds, ja que això ens permet carregar els programes.

7.1 ESP32-CAM

```
//codi exemple d'arduino (Camera Web Server)
#include "esp_camera.h"
#include <WiFi.h>

//
// WARNING!!! PSRAM IC required for UXGA resolution and high JPEG quality
//           Ensure ESP32 Wrover Module or other board with PSRAM is selected
//           Partial images will be transmitted if image exceeds buffer size
//
//           You must select partition scheme from the board menu that has at least 3MB
APP space.
//           Face Recognition is DISABLED for ESP32 and ESP32-S2, because it takes up
from 15
//           seconds to process single frame. Face Detection is ENABLED if PSRAM is
enabled as well

// =====
// Select camera model
// =====
// #define CAMERA_MODEL_WROVER_KIT // Has PSRAM
// #define CAMERA_MODEL_ESP_EYE // Has PSRAM
// #define CAMERA_MODEL_ESP32S3_EYE // Has PSRAM
// #define CAMERA_MODEL_M5STACK_PSRAM // Has PSRAM
// #define CAMERA_MODEL_M5STACK_V2_PSRAM // M5Camera version B Has PSRAM
// #define CAMERA_MODEL_M5STACK_WIDE // Has PSRAM
// #define CAMERA_MODEL_M5STACK_ESP32CAM // No PSRAM
// #define CAMERA_MODEL_M5STACK_UNITCAM // No PSRAM
#define CAMERA_MODEL_AI_THINKER // Has PSRAM
// #define CAMERA_MODEL_TTGO_T_JOURNAL // No PSRAM
// #define CAMERA_MODEL_XIAO_ESP32S3 // Has PSRAM
// ** Espressif Internal Boards **
// #define CAMERA_MODEL_ESP32_CAM_BOARD
// #define CAMERA_MODEL_ESP32S2_CAM_BOARD
// #define CAMERA_MODEL_ESP32S3_CAM_LCD
// #define CAMERA_MODEL_DFRobot_FireBeetle2_ESP32S3 // Has PSRAM
// #define CAMERA_MODEL_DFRobot_Romeo_ESP32S3 // Has PSRAM
#include "camera_pins.h"

// =====
// Enter your WiFi credentials
// =====
const char* ssid = "LaiaGM";
const char* password = "robotica";

void startCameraServer();
void setupLedFlash(int pin);
```

```
void setup() {
    Serial.begin(115200);
    Serial.setDebugOutput(true);
    Serial.println();

    camera_config_t config;
    config.ledc_channel = LEDC_CHANNEL_0;
    config.ledc_timer = LEDC_TIMER_0;
    config.pin_d0 = Y2_GPIO_NUM;
    config.pin_d1 = Y3_GPIO_NUM;
    config.pin_d2 = Y4_GPIO_NUM;
    config.pin_d3 = Y5_GPIO_NUM;
    config.pin_d4 = Y6_GPIO_NUM;
    config.pin_d5 = Y7_GPIO_NUM;
    config.pin_d6 = Y8_GPIO_NUM;
    config.pin_d7 = Y9_GPIO_NUM;
    config.pin_xclk = XCLK_GPIO_NUM;
    config.pin_pclk = PCLK_GPIO_NUM;
    config.pin_vsync = VSYNC_GPIO_NUM;
    config.pin_href = HREF_GPIO_NUM;
    config.pin_sccb_sda = SIOD_GPIO_NUM;
    config.pin_sccb_scl = SIOC_GPIO_NUM;
    config.pin_pwdn = PWDN_GPIO_NUM;
    config.pin_reset = RESET_GPIO_NUM;
    config.xclk_freq_hz = 20000000;
    config.frame_size = FRAMESIZE_UXGA;
    config.pixel_format = PIXFORMAT_JPEG; // for streaming
    //config.pixel_format = PIXFORMAT_RGB565; // for face detection/recognition
    config.grab_mode = CAMERA_GRAB_WHEN_EMPTY;
    config.fb_location = CAMERA_FB_IN_PSRAM;
    config.jpeg_quality = 12;
    config.fb_count = 1;

    // if PSRAM IC present, init with UXGA resolution and higher JPEG quality
    //                      for larger pre-allocated frame buffer.
    if(config.pixel_format == PIXFORMAT_JPEG){
        if(psramFound()){
            config.jpeg_quality = 10;
            config.fb_count = 2;
            config.grab_mode = CAMERA_GRAB_LATEST;
        } else {
            // Limit the frame size when PSRAM is not available
            config.frame_size = FRAMESIZE_SVGA;
            config.fb_location = CAMERA_FB_IN_DRAM;
        }
    } else {
        // Best option for face detection/recognition
        config.frame_size = FRAMESIZE_240X240;
    }
    #if CONFIG_IDF_TARGET_ESP32S3
        config.fb_count = 2;
    #endif
}

#if defined(CAMERA_MODEL_ESP_EYE)
    pinMode(13, INPUT_PULLUP);
    pinMode(14, INPUT_PULLUP);
#endif

// camera init
esp_err_t err = esp_camera_init(&config);
if (err != ESP_OK) {
    Serial.printf("Camera init failed with error 0x%x", err);
    return;
}
```

```
sensor_t * s = esp_camera_sensor_get();
// initial sensors are flipped vertically and colors are a bit saturated
if (s->id.PID == OV3660_PID) {
    s->set_vflip(s, 1); // flip it back
    s->set_brightness(s, 1); // up the brightness just a bit
    s->set_saturation(s, -2); // lower the saturation
}
// drop down frame size for higher initial frame rate
if(config.pixel_format == PIXFORMAT_JPEG){
    s->set_framesize(s, FRAMESIZE_QVGA);
}

#ifdef CAMERA_MODEL_M5STACK_WIDE || defined(CAMERA_MODEL_M5STACK_ESP32CAM)
    s->set_vflip(s, 1);
    s->set_hmirror(s, 1);
#endif

#ifdef CAMERA_MODEL_ESP32S3_EYE
    s->set_vflip(s, 1);
#endif

// Setup LED FLash if LED pin is defined in camera_pins.h
#ifdef LED_GPIO_NUM
    setupLedFlash(LED_GPIO_NUM);
#endif

WiFi.begin(ssid, password);
WiFi.setSleep(false);

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
}
Serial.println("");
Serial.println("WiFi connected");

startCameraServer();

Serial.print("Camera Ready! Use 'http://");
Serial.print(WiFi.localIP());
Serial.println("' to connect");
}

void loop() {
    // Do nothing. Everything is done in another task by the web server
    delay(10000);
}
```

7.2 Motors i brúixola per WiFi (Pàgina web 1)

```
/*
*****
*Inspirat en l'exemple escrit per Limor Fried/Ladyada for Adafruit Industries per
programar la PCA 9685 i la pantalla oled;
*Inspirat en l'exemple de la llibreria Adafruit HMC5883 Unified versió 1.2.1
<https://github.com/adafruit/Adafruit\_HMC5883\_Unified> per programar la brúixola
*Inspirat en els exemples 1 i 2 fets pel Jordi Orts
<https://github.com/jorts64/Interficies-web-D1-mini>.
*****
#include <SPI.h>
```

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_PWMServoDriver.h>
#include <WiFi.h>
#include <WebServer.h>
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_HMC5883_U.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>

Adafruit_HMC5883_Unified mag = Adafruit_HMC5883_Unified(12345);

const char* ssid = "LaiaGM";
const char* password = "robotica";

WebServer server(80);

#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 32
#define OLED_RESET -1
#define SCREEN_ADDRESS 0x3C
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RESET);
Adafruit_PWMServoDriver pwm = Adafruit_PWMServoDriver();

#define STOP 0
#define FORWARD 1
#define REVERSE 2
#define BRAKE 3
//-----CODI PÀGINA WEB 1 FET PER LAIA GUIMERÀ MORENO-----
void menu(){
  String pagina = "<html>"
  "<meta charset = 'UTF-8'>"
  "<meta name = 'viewport' content = 'width = device-width, instale-scale = .0'>"
  "<style>"
  "table {"
  "font-family: arial, sans-serif;"
  "border-collapse: collapse;"
  "width: 100%;"
  "margin: 6vh 0;"
  "}"
  "td, th {"
  "border: 2px solid lightblue;"
  "text-align: center;"
  "padding: 15px;"
  "font-size: 25px;"
  "}"
  "h1 {"
  "font-family: 'times new roman';"
  "color: lightblue;"
  "text-align: center;"
  "font-size: 25px;"
  "}"
  "tr:nth-child(even) {"
  "background-color: lightblue;"
  "}"
  "a {"
  "color: black;"
  "text-decoration: none;"
  "}"
  "</style>"
  "<body>"
  "<h1>Control de la direcci&oacute; del cotxe</h1>"
  "<table>"
```

```
"<tr><td><button onclick='mestral()'>&#8598;</button></td><td><button
onclick='tramuntana()'>&#8593;</button></td><td><button
onclick='gregal()'>&#8599;</button></td></tr>"
"<tr><td><button onclick='ponent()'>&#8592;</button></td><td><button
onclick='apaga()'>&#10005;</button></td><td><button
onclick='llevant()'>&#8594;</button></td></tr>"
"<tr><td><button onclick='garbi()'>&#8601;</button></td><td><button
onclick='migjorn()'>&#8595;</button></td><td><button
onclick='xaloc()'>&#8600;</button></td></tr>"
"</table>"
"<table>"
"<tr><td><button onclick='gire()'>&#8624;</button></td><td><button
onclick='gird()'>&#8625;</button></td></tr>"
"<tr><td><button onclick='girer()'>&#8626;</button></td><td><button
onclick='girdr()'>&#8627;</button></td></tr>"
"<tr><td><button onclick='girquiete()'>&#8636;</button><td><button
onclick='girquietd()'>&#8640;</button></td></tr>"
"<tr><td><button onclick='girquieter()'>&#8637;</button></td><td><button
onclick='girquietdr()'>&#8641;</button></td></tr>"
"<tr><td><button onclick='gir360e()'>&#8634;</button></td><td><button
onclick='gir360d()'>&#8635;</button></td></tr>"
"</table>"
"<div> orientaci&oacute; &#129517:&nbsp;"
"<span id='bruixola'>"
"N/A"
"</span>"

"<script>"
"function apaga() {"
  "var xhttp = new XMLHttpRequest();"
  "xhttp.open('GET', 'STOP', false);"
  "xhttp.send();"
"}"
"function tramuntana() {"
  "var xhttp = new XMLHttpRequest();"
  "xhttp.open('GET', 'FWD', false);"
  "xhttp.send();"
"}"

"function migjorn() {"
  "var xhttp = new XMLHttpRequest();"
  "xhttp.open('GET', 'BWD', false);"
  "xhttp.send();"
"}"

"function ponent() {"
  "var xhttp = new XMLHttpRequest();"
  "xhttp.open('GET', 'LEFT', false);"
  "xhttp.send();"
"}"

"function llevant() {"
  "var xhttp = new XMLHttpRequest();"
  "xhttp.open('GET', 'RIGHT', false);"
  "xhttp.send();"
"}"

"function gregal() {"
  "var xhttp = new XMLHttpRequest();"
  "xhttp.open('GET', 'D45', false);"
  "xhttp.send();"
"}"

"function xaloc() {"
```

```
"var xhttp = new XMLHttpRequest();"
"xhttp.open('GET', 'D135', false);"
"xhttp.send();"
"}"

"function garbi() {"
  "var xhttp = new XMLHttpRequest();"
  "xhttp.open('GET', 'D225', false);"
  "xhttp.send();"
"}"

"function mestral() {"
  "var xhttp = new XMLHttpRequest();"
  "xhttp.open('GET', 'D315', false);"
  "xhttp.send();"
"}"

"function gir360e() {"
  "var xhttp = new XMLHttpRequest();"
  "xhttp.open('GET', 'TL360', false);"
  "xhttp.send();"
"}"

"function gir360d() {"
  "var xhttp = new XMLHttpRequest();"
  "xhttp.open('GET', 'TR360', false);"
  "xhttp.send();"
"}"

"function gire() {"
  "var xhttp = new XMLHttpRequest();"
  "xhttp.open('GET', 'TL', false);"
  "xhttp.send();"
"}"

"function girer() {"
  "var xhttp = new XMLHttpRequest();"
  "xhttp.open('GET', 'TLR', false);"
  "xhttp.send();"
"}"

"function girquiete() {"
  "var xhttp = new XMLHttpRequest();"
  "xhttp.open('GET', 'GQE', false);"
  "xhttp.send();"
"}"

"function girquieter() {"
  "var xhttp = new XMLHttpRequest();"
  "xhttp.open('GET', 'GQER', false);"
  "xhttp.send();"
"}"

"function gird() {"
  "var xhttp = new XMLHttpRequest();"
  "xhttp.open('GET', 'TR', false);"
  "xhttp.send();"
"}"

"function girdr() {"
  "var xhttp = new XMLHttpRequest();"
  "xhttp.open('GET', 'TRR', false);"
  "xhttp.send();"
"}"
```

```
"function girquietd() {"
  "var xhttp = new XMLHttpRequest();"
  "xhttp.open('GET', 'GQD', false);"
  "xhttp.send();"
"}"

"function girquietdr() {"
  "var xhttp = new XMLHttpRequest();"
  "xhttp.open('GET', 'GQDR', false);"
  "xhttp.send();"
"}"

"function loadT() {"
  "var xhttp = new XMLHttpRequest();"
  "var temp = 0;"
  "xhttp.open('GET', 'NORD', false);"
  "xhttp.send();"
  "temp = parseFloat(xhttp.responseText);"
  "return (temp);"
"}"
"var myVar = setInterval(myTimer, 3000);"
"function myTimer() {"
  "var t= loadT();"
  "document.getElementById('bruixola').innerHTML = t;"
"}"
"myTimer();"
"</script>"
"</body></html>";
  server.send(200, "text/html", pagina);
}
// FUNCIO PER A LA BRÚIXOLA
void brujula(){
  sensors_event_t event;
  mag.getEvent(&event);
  float heading = atan2(event.magnetic.y, event.magnetic.x);
  String text = String(heading);
  server.send(200, "text/plain", text);
}
// FUNCIONS DELS MOTORS FETS
void atura(){
  setM1(STOP,4095);
  setM2(STOP,4095);
  setM3(STOP,4095);
  setM4(STOP,4095);
  server.send(200, "text/plain", "STOP");
}

void forward(){
  setM1(FORWARD,2000);
  setM2(FORWARD,2500);
  setM3(FORWARD,2500);
  setM4(FORWARD,2200);
  server.send(200, "text/plain", "FORWARD");
}

void backward(){
  setM1(REVERSE,2000);
  setM2(REVERSE,2500);
  setM3(REVERSE,2500);
  setM4(REVERSE,2200);
  server.send(200, "text/plain", "BACKWARD");
}
```

```
void left(){
    setM1(REVERSE,2000);
    setM2(FORWARD,2400);
    setM3(FORWARD,2400);
    setM4(REVERSE,2000);
    server.send(200, "text/plain", "LEFT");
}

void right(){
    setM1(FORWARD,2000);
    setM2(REVERSE,2400);
    setM3(REVERSE,2400);
    setM4(FORWARD,2000);
    server.send(200, "text/plain", "RIGHT");
}

void turnRight360(){
    setM1(FORWARD,2000);
    setM2(REVERSE,2000);
    setM3(FORWARD,2000);
    setM4(REVERSE,2000);
    server.send(200, "text/plain", "TURNRIGHT360");
}

void turnLeft360(){
    setM1(REVERSE,2000);
    setM2(FORWARD,2000);
    setM3(REVERSE,2000);
    setM4(FORWARD,2000);
    server.send(200, "text/plain", "TURNLEFT360");
}

void turnRight(){
    setM1(FORWARD,2500);
    setM2(FORWARD,2000);
    setM3(FORWARD,2500);
    setM4(FORWARD,2000);
    server.send(200, "text/plain", "TURNRIGHT");
}

void turnLeft(){
    setM1(FORWARD,2000);
    setM2(FORWARD,2500);
    setM3(FORWARD,2000);
    setM4(FORWARD,2500);
    server.send(200, "text/plain", "TURNLEFT");
}

void turnRightReverse(){
    setM1(REVERSE,2500);
    setM2(REVERSE,2000);
    setM3(REVERSE,2500);
    setM4(REVERSE,2000);
    server.send(200, "text/plain", "TURNRIGHTREVERSE");
}

void turnLeftReverse(){
    setM1(REVERSE,2000);
    setM2(REVERSE,2500);
    setM3(REVERSE,2000);
    setM4(REVERSE,2500);
    server.send(200, "text/plain", "TURNLEFTREVERSE");
}
```

```
void diagonal45(){
    setM1(FORWARD,2300);
    setM2(STOP,2500);
    setM3(STOP,2500);
    setM4(FORWARD,2400);
    server.send(200, "text/plain", "DIAGONAL45");
}

void diagonal135(){
    setM1(STOP,2400);
    setM2(REVERSE,2500);
    setM3(REVERSE,2300);
    setM4(STOP,2500);
    server.send(200, "text/plain", "DIAGONAL135");
}

void diagonal225(){
    setM1(REVERSE,2350);
    setM2(STOP,2500);
    setM3(STOP,2500);
    setM4(REVERSE,2400);
    server.send(200, "text/plain", "DIAGONAL225");
}

void diagonal315(){
    setM1(STOP,2500);
    setM2(FORWARD,2500);
    setM3(FORWARD,2500);
    setM4(STOP,2300);
    server.send(200, "text/plain", "DIAGONAL315");
}

void girQuietDreta(){
    setM1(FORWARD,2500);
    setM2(STOP,2500);
    setM3(FORWARD,2500);
    setM4(STOP,2500);
    server.send(200, "text/plain", "GQD");
}

void girQuietDretaReverse(){
    setM1(REVERSE,2500);
    setM2(STOP,2500);
    setM3(REVERSE,2500);
    setM4(STOP,2500);
    server.send(200, "text/plain", "GQDR");
}

void girQuietEsquerra(){
    setM1(STOP,2500);
    setM2(FORWARD,2500);
    setM3(STOP,2500);
    setM4(FORWARD,2500);
    server.send(200, "text/plain", "GQR");
}

void girQuietEsquerraReverse(){
    setM1(STOP,2500);
    setM2(REVERSE,2500);
    setM3(STOP,2500);
    setM4(REVERSE,2500);
    server.send(200, "text/plain", "GQRR");
}
```

```
void setM1(int dir, int f){
    switch(dir){
        case STOP:
            pwm.setPWM(0,0,4096);
            pwm.setPWM(1,0,4096);
            break;
        case FORWARD:
            pwm.setPWM(0,0,4096);
            pwm.setPWM(1,4096,0);
            break;
        case REVERSE:
            pwm.setPWM(0,4096,0);
            pwm.setPWM(1,0,4096);
            break;
        case BRAKE:
            pwm.setPWM(0,4096,0);
            pwm.setPWM(1,4096,0);
            break;
    }
    pwm.setPWM(2,0,f);
}

void setM2(int dir, int f){
    switch(dir){
        case STOP:
            pwm.setPWM(4,0,4096);
            pwm.setPWM(5,0,4096);
            break;
        case FORWARD:
            pwm.setPWM(4,0,4096);
            pwm.setPWM(5,4096,0);
            break;
        case REVERSE:
            pwm.setPWM(4,4096,0);
            pwm.setPWM(5,0,4096);
            break;
        case BRAKE:
            pwm.setPWM(4,4096,0);
            pwm.setPWM(5,4096,0);
            break;
    }
    pwm.setPWM(6,0,f);
}

void setM3(int dir,int f){
    switch(dir){
        case STOP:
            pwm.setPWM(8,0,4096);
            pwm.setPWM(9,0,4096);
            break;
        case FORWARD:
            pwm.setPWM(8,0,4096);
            pwm.setPWM(9,4096,0);
            break;
        case REVERSE:
            pwm.setPWM(8,4096,0);
            pwm.setPWM(9,0,4096);
            break;
        case BRAKE:
            pwm.setPWM(8,4096,0);
            pwm.setPWM(9,4096,0);
            break;
    }
    pwm.setPWM(10,0,f);
}
```

```
}

void setM4(int dir, int f){
  switch(dir){
    case STOP:
      pwm.setPWM(12,0,4096);
      pwm.setPWM(13,0,4096);
      break;
    case FORWARD:
      pwm.setPWM(12,0,4096);
      pwm.setPWM(13,4096,0);
      break;
    case REVERSE:
      pwm.setPWM(12,4096,0);
      pwm.setPWM(13,0,4096);
      break;
    case BRAKE:
      pwm.setPWM(12,4096,0);
      pwm.setPWM(13,4096,0);
      break;
  }
  pwm.setPWM(14,0,f);
}

//DIRECCIÓ IP EN EL DISPLAY OLED
void escribeCadena(String texto){
  for (int i = 0; i < texto.length(); i++) {
    char character = texto.charAt(i);
    display.write(character);
  }
}

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("16 channel PWM test!");
  WiFi.begin(ssid,password);
  Serial.println("");
  // Wait for connection
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED){
    delay(5000);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("");
  Serial.print("Connected to");
  Serial.println(ssid);
  Serial.print("IP adress: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
  if(!mag.begin()){
    Serial.println("Ooops, no HMC5883 detected ... Check your wiring!");
    while(1);
  }
  pwm.begin();
  pwm.setOscillatorFrequency(27000000);
  pwm.setPWMFreq(1600);
  Wire.setClock(400000);

  server.on ("/STOP", atura);
  server.on ("/FWD", forward);
  server.on ("/BWD", backward);
  server.on ("/LEFT", left);
  server.on ("/RIGHT", right);
  server.on ("/D45", diagonal45);
  server.on ("/D135", diagonal135);
  server.on ("/D225", diagonal225);
  server.on ("/D315", diagonal315);
}
```

```
server.on ("/TR360", turnRight360);
server.on ("/TL360", turnLeft360);
server.on ("/NORD", brujula);
server.on ("/index", menu);
server.on ("/TR", turnRight);
server.on ("/TL", turnLeft);
server.on ("/TRR", turnRightReverse);
server.on ("/TLR", turnLeftReverse);
server.on ("/GQD", girQuietDreta);
server.on ("/GQDR", girQuietDretaReverse);
server.on ("/GQE", girQuietEsquerra);
server.on ("/GQER", girQuietEsquerraReverse);

server.begin();
Serial.println("HTTP server started");
// SSD1306_SWITCHCAPVCC = generate display voltage from 3.3V internally
if(!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, SCREEN_ADDRESS)) {
  Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
  for(;;);
}
display.display();
delay(2000);
display.clearDisplay();
display.display();
display.clearDisplay();
display.setTextSize(1);
display.setTextColor(SSD1306_WHITE);
display.setCursor(0, 0);
display.cp437(true);
IPAddress localIP = WiFi.localIP();
String dirIP = localIP.toString();
escribeCadena(dirIP);
display.display();
}
void loop(void) {
  server.handleClient();
}
```

7.3 Servos, sensor HC-SRO4 i càmera per WiFi (Pàgina web 2)

```
/* Inspirat en el codi fet per BARRAGAN <http://barraganstudio.com> amb les modificacions
de Scott Fitzgerald i John Bennett per als servos
* Inspirat en el codi fet per Rui Santos <https://RandomNerdTutorials.com/esp32-hc-
sr04-ultrasonic-arduino/> per als sensors
* Inspirat en els exemples 1 i 2 fets pel Jordi Orts
<https://github.com/jorts64/Interficies-web-D1-mini>.
*/
#include <ESP32Servo.h>
#include <WiFi.h>
#include <WebServer.h>

const char* ssid = "LaiaGM";
const char* password = "robotica";
WebServer server(80);
//-----CODI PÀGINA WEB 2 FET PER LAIA GUIMERÀ MORENO-----
void menu2(){
  String pagina2 = "<html>"
  "<meta charset = 'UTF-8'>"
  "<meta name = 'viewport' content = 'width = device-width, instale-scale = .0'>"
  "<style>"
```

```
"table {"
  "font-family: arial, sans-serif;"
  "border-collapse: collapse;"
  "width: 100%;"
  "margin: 6vh 0;"
"}"
"td, th {"
  "border: 0px solid lightblue;"
  "text-align: center;"
  "padding: 15px;"
  "font-size: 25px;"
"}"
"h1 {"
  "font-family: 'times new roman';"
  "color: lightblue;"
  "text-align: center;"
  "font-size: 25px;"
"}"
"h2 {"
  "font-family: 'times new roman';"
  "color: lightblue;"
  "text-align: left;"
  "font-size: 18px;"
"}"
"div {"
  "color: lightblack;"
  "text-align: left;"
  "font-size: 14px;"
  "text-decoration: none;"
"}"
"tr:nth-child(even) {"
  "background-color: lightblue;"
}"
"a {"
  "color: black;"
  "text-decoration: none;"
}"
"</style>"
"<body>"
  "<h1>Controls per l'aparcament</h1>"
  "<h2>Controls direcció de la camera</h2>"
"<table>"
  "<tr><td> </td><td style='background-color:lightblue;'><button
onclick='amunt()'>&#8593;</button></td><td> </td></tr>"
  "<tr><td><button onclick='esquerra()'>&#8592;</button></td><td> </td><td><button
onclick='dreta()'>&#8594;</button></td></tr>"
  "<tr><td> </td><td style='background-color:lightblue;'><button
onclick='avall()'>&#8595;</button></td><td> </td></tr>"
"</table>"
"<h2>Mesura distància pels costats</h2>"
"</div>"
"<div> Per davant:&nbsp;"
"<span id='front'>"
  "N/A"
"</span>"
"</div>"
"<div> Per darrere:&nbsp;"
"<span id='back'>"
  "N/A"
"</span>"
"</div>"
"<div> Per la dreta:&nbsp;"
"<span id='right'>"
  "N/A"
```

```
"</span>"
"</div>"
"<div> Per l'esquerra:&nbsp;"
"<span id='left'>"
"N/A"
"</span>"
"</div>"
"<div>"
"<img src='http://192.168.149.189:81/stream'>"
"</div>"

"<script>"
"function esquerra() {"
  "var xhttp = new XMLHttpRequest();"
  "xhttp.open('GET', 'LEFT', false);"
  "xhttp.send();"
"}"
"function dreta() {"
  "var xhttp = new XMLHttpRequest();"
  "xhttp.open('GET', 'RIGHT', false);"
  "xhttp.send();"
"}"
"function amunt() {"
  "var xhttp = new XMLHttpRequest();"
  "xhttp.open('GET', 'HIGH', false);"
  "xhttp.send();"
"}"
"function avall() {"
  "var xhttp = new XMLHttpRequest();"
  "xhttp.open('GET', 'LOW', false);"
  "xhttp.send();"
"}"
"function loadF() {"
  "var xhttp = new XMLHttpRequest();"
  "var temp = 0;"
  "xhttp.open('GET', 'front', false);"
  "xhttp.send();"
  "temp = parseFloat(xhttp.responseText);"
  "return (temp);"
"}"
  "function loadB() {"
  "var xhttp = new XMLHttpRequest();"
  "var temp = 0;"
  "xhttp.open('GET', 'back', false);"
  "xhttp.send();"
  "temp = parseFloat(xhttp.responseText);"
  "return (temp);"
"}"
  "function loadL() {"
  "var xhttp = new XMLHttpRequest();"
  "var temp = 0;"
  "xhttp.open('GET', 'lft', false);"
  "xhttp.send();"
  "temp = parseFloat(xhttp.responseText);"
  "return (temp);"
"}"
  "function loadR() {"
  "var xhttp = new XMLHttpRequest();"
  "var temp = 0;"
  "xhttp.open('GET', 'rght', false);"
  "xhttp.send();"
  "temp = parseFloat(xhttp.responseText);"
  "return (temp);"
"}"
```

```
"var myVar = setInterval(myTimer, 3000);"
"function myTimer() {"
"var t= loadF();"
"document.getElementById('front').innerHTML = t;"
"var t= loadB();"
"document.getElementById('back').innerHTML = t;"
"var t= loadR();"
"document.getElementById('right').innerHTML = t;"
"var t= loadL();"
"document.getElementById('left').innerHTML = t;"
"}"
"myTimer();"
"</script>"
"</body></html>";
server.send(200, "text/html", pagina2);
}

Servo myservo1;
Servo myservo2;
int pos1 = 90;
int pos2 = 90;

int servoPin1 = 13;
int servoPin2 = 14;

const int trigPin1 = 26;
const int echoPin1 = 25;
const int trigPin2 = 23;
const int echoPin2 = 5;
const int trigPin3 = 16;
const int echoPin3 = 27;
const int trigPin4 = 18;
const int echoPin4 = 19;

#define SOUND_SPEED 0.034
#define CM_TO_INCH 0.393701

long duration1;
float distanceCm1;
long duration2;
float distanceCm2;
long duration3;
float distanceCm3;
long duration4;
float distanceCm4;

//FUNCIONS PER ALS SERVOS
void esquerra(){
if (pos1 < 180) {
pos1=pos1 +5;
myservo1.write (pos1);
server.send(200, "text/html", "LEFT");
}
else
server.send(200, "text/html", "LEFT a tope");
}

void dreta(){
if (pos1 > 5) {
pos1=pos1 -5;
myservo1.write (pos1);
server.send(200, "text/html", "RIGHT");
}
}
```

```
else
server.send(200, "text/html", "RIGHT a tope");
}

void amunt(){
if (pos2 < 180) {
pos2=pos2 +5;
myservo2.write (pos2);
server.send(200, "text/html", "HIGH");
}
else
server.send(200, "text/html", "HIGH a tope");
}

void avall(){
if (pos2 > 5) {
pos2=pos2 -5;
myservo2.write (pos2);
server.send(200, "text/html", "LOW");
}
else
server.send(200, "text/html", "LOW a tope");
}

// FUNCIONS PER ALS SENSORS HC-SR04
void front(){
digitalWrite(trigPin1, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin1, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin1, LOW);
duration1 = pulseIn(echoPin1, HIGH);
distanceCm1 = duration1 * SOUND_SPEED/2;
String text = String(distanceCm1);
server.send(200, "text/plain", text);
}
void left(){
digitalWrite(trigPin2, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin2, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin2, LOW);
duration2 = pulseIn(echoPin2, HIGH);
distanceCm2 = duration2 * SOUND_SPEED/2;
String text = String(distanceCm2);
server.send(200, "text/plain", text);
}
void right(){
digitalWrite(trigPin3, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin3, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin3, LOW);
duration3 = pulseIn(echoPin3, HIGH);
distanceCm3 = duration3 * SOUND_SPEED/2;
String text = String(distanceCm3);
server.send(200, "text/plain", text);
}
void back(){
digitalWrite(trigPin4, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(trigPin4, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin4, LOW);
```

```
duration4 = pulseIn(echoPin4, HIGH);
distanceCm4 = duration4 * SOUND_SPEED/2;
String text = String(distanceCm4);
server.send(200, "text/plain", text);
}

void setup() {
//CODI PER ALS SERVOS
  Serial.begin(9600);
  Serial.println();
  ESP32PWM::allocateTimer(0);
  ESP32PWM::allocateTimer(1);
  ESP32PWM::allocateTimer(2);
  ESP32PWM::allocateTimer(3);
  myservo1.setPeriodHertz(50);
  myservo1.attach(servoPin1, 1000, 2000);
  myservo2.setPeriodHertz(50);
  myservo2.attach(servoPin2, 1000, 2000);
//CODI PER SENSORS HC-SR04
  Serial.begin(115200);
  pinMode(trigPin1, OUTPUT);
  pinMode(echoPin1, INPUT);
  pinMode(trigPin2, OUTPUT);
  pinMode(echoPin2, INPUT);
  pinMode(trigPin3, OUTPUT);
  pinMode(echoPin3, INPUT);
  pinMode(trigPin4, OUTPUT);
  pinMode(echoPin4, INPUT);

  WiFi.begin(ssid,password);
  Serial.println("");
  // Wait for connection
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED){
    delay(5000);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("");
  Serial.print("Connected to");
  Serial.println(ssid);
  Serial.print("IP adress: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
  Serial.println("HTTP server started");

  server.on ("/RIGHT", drete);
  server.on ("/LEFT", esquerra);
  server.on ("/HIGH", amunt);
  server.on ("/LOW", avall);
  server.on ("/index2", menu2);
  server.on ("/front", front);
  server.on ("/back", back);
  server.on ("/rgh", right);
  server.on ("/lft", left);

  server.begin();
}

void loop(void){
  server.handleClient();
}
```


8. Pàgines webs

8.1 Pàgina web 1

Una vegada fet al codi i compilat el programa, es carrega la pàgina web al mòbil i es veuen dues taules que s'utilitzen per controlar les direccions dels cotxes: la primera taula controla totes les direccions dels moviments rectilinis, és a dir, els moviments cap endavant, cap enrere, a la dreta, a l'esquerra i les diagonals; la segona taula controla tots els moviments que tenen un gir, és a dir, els girs de 360°, i els girs estàtics i en moviment cap a l'esquerra i cap a la dreta. A més, al centre de la primera taula està situat el botó que atura el cotxe.

Per una altra banda, sota les taules es pot veure el valor que dona a brúixola.



Imatge de la pàgina web 1 [IMLG02].

→ Taula amb els moviments rectilinis

→ Taula amb els girs

→ Valor donat per la brúixola

8.2 Pàgina web 2

Una vegada fet aquest altre codi i compilar-lo, es carrega la pàgina web al mòbil i es veu una creu que controla, mitjançant uns botons, les direccions dels dos servos (un cap els costats i l'altre cap avall i cap amunt).

A més, sota aquesta creu es mostren els valors que donen els sensors HC- SR04 i, per últim, es veu la imatge que envia la càmera.



Imatge de la pàgina web 2 [IMLG02].

→ Creu per controlar els sensors.

→ Valors donats pels sensors HC- SR04.

→ Imatge de la gravació de la càmera.

9. Conclusions

9.1 Millores

Una millora pel meu projecte seria poder controlar totes les parts del cotxe fent servir una única web, la qual tindria dues pàgines que mitjançant un botó es podrien canviar o tornar a l'anterior. Això permetria carregar els dos programes a la vegada i així fer que el robot sigui més fàcil d'emprar.

Això ho vaig intentar fer, però vaig tenir un problema en compilar el codi amb les dues webs, de fet, els codis que per separat funcionaven perfectament, en justar-los, van deixar d'anar-hi. Vam estar fent proves i pensant els possibles errors, però no vam poder aconseguir un correcte funcionament. A més, la manca de temps va complicar la solució al problema.

Tanmateix, fent investigació, vam trobar que n'hi havia una persona que va tenir uns problemes amb les llibreries dels servos per al seu projecte, en el qual explica que per resoldre'ls va instal·lar una llibreria antiga (per al servo), ja que les més modernes no li permetrien fer-ne el seu treball correctament [WRNT]. Dit això, és possible que el meu problema estigués en la llibreria que utilitzen els servos fent que, en ajuntar els dos programes, n'hi hagués alguns tipus d'interferències.

Un altre millora a fer que es podria aplicar a la realització d'un altre projecte, seria que els quatre motors estiguessin calibrats de la mateixa manera, ja que això ens facilitaria la programació de les direccions.

En aquest projecte, per contra, els meus motors no estaven calibrats iguals, fet que va quedar reflectit en les proves d'intensitat i voltatge que vaig fer per cada motor, tant cap endavant com cap endarrere (Annex 3).

A conseqüència d'això, aconseguir que el robot no es desviés del camí va ser tot un repte, encara que fent diverses proves vaig aconseguir que el marge de desviació es redueixi notablement.

En últim lloc, crec que una altra millora seria poder fixar les IP, ja que no tenir una mateixa IP ha suposat un inconvenient durant el desenvolupament del meu treball atès el fet que de vegades la IP canviava i no em carregava la web.

Veient aquest problema, vaig programar la pantalla OLED perquè mostrés la IP, però sí que és veritat que en utilitzar tres IP diferents (cadascuna de les webs i la càmera), no tenir-les fixades complica la realització del projecte, ja que s'ha de veure que no hagi

canviat. Un exemple d'això seria quan em canvia la IP de la càmera perquè llavors no es mostra la imatge a la web 2 (està programada amb la darrera IP) i he de tornar a compilar el programa amb la nova IP.

Per tant, si es pogués fixar la IP, ens establiríem aquests problemes i, en conseqüència, es facilitaria molt tant el treball com l'ús del cotxe.

9.2 Valoració final

Com es pot veure a l'apartat anterior, encara n'hi ha diverses millores que es poden fer en el meu projecte. De fet, tot i que m'hauria agradat continuar treballant i millorar-lo, el temps és limitat i en algun punt hem de parar; dit això, estic molt contenta amb el resultat del meu robot.

Durant el desenvolupament d'aquest projecte, que no ha sigut fàcil, he aconseguit complir amb tots els objectius que em vaig proposar a l'inici del projecte.

El primer objectiu va ser crear un robot omnidireccional per tal d'afavorir l'aparcament dels vehicles actuals. Dit això, és difícil saber encara si el meu prototip ajudarà als vehicles d'avui en dia a l'hora d'aparcar, però sí que és veritat que el prototip funciona perfectament i permet aparcar el vehicle de manera senzilla i amb moltes menys maniobres, per tant, només queda que aquest prototip s'apliqui als nous vehicles i pugi realment ser útil.

El segon objectiu que em vaig proposar va ser aprendre sobre la placa ESP32 i els components emprats al llarg del projecte, objectiu que es va completar, ja que per poder programar els diferents components primer vaig haver d'investigar una mica sobre el seu funcionament i les seves característiques.

El tercer objectiu va ser millorar les meves habilitats amb la creació de figures en 3D mitjançant l'OpenScad. Aquest objectiu va ser necessari a causa del fet que les peces 3D tenen bastant importància per a la col·locació de la majoria dels components emprats. Vaig haver d'aprendre i millorar en la creació d'aquestes peces per poder utilitzar-les i, tot i que al principi he tingut algun problema amb les mides, finalment he aconseguit que les peces s'imprimeixin correctament i han sigut de molta utilitat.

Per acabar, el quart objectiu que em vaig proposar va ser aprendre coneixements de programació. Aquest objectiu també és molt important, ja que la major part del meu treball es basa en un codi programat en Arduino. Cal dir que aquest objectiu me'l vaig proposar perquè en el meu antic institut no vam treballar res de programació i, per tant, això suposava tot un repte per a mi mateixa. De fet, m'ha servit per donar-me compte de tot el que soc capaç de fer i, crec que això és molt important en l'elaboració de projectes com aquests, que et permeten aprendre noves coses que abans de fer no sabies i que et suposen un repte que has de superar.

10. Agraïments

Durant l'elaboració del meu projecte, he tingut la sort de comptar amb l'ajuda de molta gent i, per tant, volia donar-los les gràcies.

Per començar, m'agradaria agrair l'ajuda del meu tutor del projecte, el Jordi Orts, que amb la seva ajuda ha fet possible el desenvolupament d'aquest treball. Ha estat per mi sempre que ho he necessitat i no ha tingut problema d'ajudar-me qualsevol dia.

A més, agraeixo al personal de l'Institut Príncep de Viana que ens ha obert el centre quan l'hem necessitat per poder treballar al taller i va haver d'esperar que acabéssim per poder tancar l'institut.

I per últim però no per això menys important, a la meva família per donar-me suport i per mostrar el seu interès pel meu projecte.

11. Annexos

Annex 1: PLA

L'àcid polilàctic, també conegut com el PLA, és un termoplàstic rígid que segons la duresa del caràcter del polímer, potser semi cristal·lí o amorf [PPLA]. Aquest filament és un dels materials més emprats per les impressions 3D essent utilitzat sobretot per la majoria de les impressores 3D basades en extrusió perquè pot imprimir-se a baixa temperatura i no requereix un llit escalfat. El PLA és un bon material per a usar mentre s'aprèn sobre la impressió 3D perquè és fàcil d'imprimir, molt econòmic i crea peces que es poden fer servir per a una àmplia varietat d'aplicacions, essent a més ecològic, renovable i biodegradable, ja que deriva de cultius com el blat de moro i la canya de sucre.

Annex 2: OpenScad

L'OpenScad és una aplicació de programari lliure per crear objectes sòlids de disseny assistit per ordinador (CAD) en 3D [OPSC]. Aquest programari no és un editor interactiu sinó un compilador 3D basat en un llenguatge de descripció textual que es llegeix en un arxiu de seqüència d'ordres que descriu l'objecte i representa el model 3D d'aquest arxiu.



Annex 3: Prova dels motors (intensitat i voltatge)

A l'inici del projecte vaig fer diverses proves dels motors. A la primera prova, únicament volia saber si els motors funcionaven correctament; tanmateix, ens vam adonar que per al mateix valor del voltatge (5 V) n'hi havia diferents valors d'intensitat.

POSITIU	NEGATIU	INTENSITAT (A) a 5V
Vermell	Blanc	0,10
Blanc	Vermell	0,10
Blau	Negre	0,11

Negre	Blau	0,11
Gris	Marró	0,17
Marró	Gris	0,17
Verd	Groc	0,14
Groc	Verd	0,14

A la segona prova vam analitzar més d'un voltatge per veure la diferència que hi havia entre els diferents motors; en aquest cas, vaig donar valors de voltatge entre els 3 V i els 8 V. Aquesta prova també va servir per assignar les direccions de les rodes.

Positiu	Negatiu	V	3	4	5	6	7	8	Direcció
Blanc	Vermell	I (mA)	80	85	92	99	110	119	Devant
Vermell	Blanc		78	85	89	96	104	112	Darrere
Negre	Blau		99	102	110	118	125	130	Devant
Blau	Negre		87	94	100	108	117	123	Darrere
Groc	Verd		117	130	138	146	154	162	Devant
Verd	Groc		119	126	135	143	152	162	Darrere
Marró	Gris		153	265	174	178	181	186	Devant
Gris	Marró		146	155	163	168	178	188	Darrere

12. Bibliografia

12.1 Rodes Mecanum i problema aparcaments

[RMPA01]: María Fernández Noguera. Cotxes grans o pàrquings estrets? Més de la meitat de places d'aparcament han quedat petites [en línia]. 3Cat Notícies, 2023 [data de consulta: 13 de desembre 2023]. Disponible a <<http://www.ccma.cat/324/cotxes-grans-o-parquings-estrets-mes-de-la-meitat-de-places-daparcament-han-quedat-petites/noticia/3248252/>>.

[RMPA02]: Miguel Sanchez. Brooks Walker, o Cómo Aparcar Cómodamente con la Rueda de Repuesto [en línia]. La escuderia, 2019 [data de consulta: 6 d'octubre 2023]. Disponible a <<http://www.escuderia.com/brooks-walter-sistema-rueda-aparcar/>>.

[RMPA03]: Ruthu S. Sanketh. Wheels [en línia]. Rmanual Robotics, 2020 [data de consulta: 10 de juny 2023]. Disponible a <<https://medium.com/manual-robotics/wheels-f180d4d6f2d5>>.

[RMPA04]: DroneBot Workshop. Mecanum Wheel Robot Car with ESP-NOW Remote Control [en línia]. DroneBot Workshop, 2022 [data de consulta: 20 de juny 2023]. Disponible a <<http://dronebotworkshop.com/mecanum/#Introduction>>.

[RMPA05]: Miguel Fernando Macías Macías. Diseño y análisis de un sistema de transmisión de un automóvil omnidireccional [en línia]. Treball de postgrau, 2019 [data de consulta: 20 de juny 2023]. Disponible a <http://posgradoitch.mx/wp-content/uploads/2022/10/GEN2017_1_GR062019_MACIAS_MACIAS_MIGUEL_FERNANDO.pdf>.

[RMPA06]: Pablo Rodríguez Carrillo. Implementación de ruedas Mecanum Wheels para el desplazamiento de una carga pesada [en línia]. Treball de postgrau, 2023 [data de consulta: 27 de juny 2023]. Disponible a <<http://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/59934/TFG-I-2513.pdf?sequence=1>>.

[RMPA07]: Addison Sears-Collins. Force Vector Diagrams for an Omni-directional Mobile Robot [en línia]. Automatic Addison, 2020 [data de consulta: 13 de desembre 2023]. Disponible a <<http://automaticaddison.com/force-vector-diagrams-for-an-omni-directional-mobile-robot/>>.

12.2 Components comprats

[CCAL01]: Aliexpress. TB6612 FNG [en línia]. Aliexpress, 2023 [data de consulta: 23 d'octubre 2023]. Disponible a <a.aliexpress.com/_E15gLtN>.

[CCAL02]: Aliexpress. PCA9685 [en linea]. Aliexpress, 2023 [data de consulta: 23 d'octubre 2023]. Disponible a <[//a.aliexpress.com/_EGNUPpz](https://a.aliexpress.com/_EGNUPpz)>.

[CCAL03]: Aliexpress. Placa WeMos D1 R32 ESP32 [en linea]. Aliexpress, 2023 [data de consulta: 23 d'octubre 2023]. Disponible a <[//a.aliexpress.com/_Exqiqwj](https://a.aliexpress.com/_Exqiqwj)>.

[CCAL04]: Aliexpress. Pantalla OLED [en linea]. Aliexpress, 2023 [data de consulta: 23 d'octubre 2023]. Disponible a <[//a.aliexpress.com/_EuSpDmX](https://a.aliexpress.com/_EuSpDmX)>.

[CCAL05]: Aliexpress. Bruixola HMC5883L [en linea]. Aliexpress, 2023 [data de consulta: 23 d'octubre 2023]. Disponible a <[//a.aliexpress.com/_Elz3oPI](https://a.aliexpress.com/_Elz3oPI)>.

[CCAL06]: Aliexpress. Condensador [en linea]. Aliexpress, 2023 [data de consulta: 23 d'octubre 2023]. Disponible a <[//a.aliexpress.com/_EvFcm9v](https://a.aliexpress.com/_EvFcm9v)>.

[CCAL07]: Aliexpress. Porta piles [en linea]. Aliexpress, 2023 [data de consulta: 23 d'octubre 2023]. Disponible a <[//a.aliexpress.com/_EJ52Pjh](https://a.aliexpress.com/_EJ52Pjh)>.

[CCAL08]: Aliexpress. Bateria [en linea]. Aliexpress, 2023 [data de consulta: 23 d'octubre 2023]. Disponible a <[//a.aliexpress.com/_Eub07mh](https://a.aliexpress.com/_Eub07mh)>.

[CCAL09]: Aliexpress. Xassís [en linea]. Aliexpress, 2023 [data de consulta: 23 d'octubre 2023]. Disponible a <[//es.aliexpress.com/item/1005002904454989.html](https://es.aliexpress.com/item/1005002904454989.html)>.

[CCAL10]: Aliexpress. Interruptor [en linea]. Aliexpress, 2023 [data de consulta: 23 d'octubre 2023]. Disponible a <[//a.aliexpress.com/_EutFhHR](https://a.aliexpress.com/_EutFhHR)>.

[CCAL11]: Jordi Orts. Placa de connexions per ESP32 R32 [en linea]. OSHWLab, 2023 [data de consulta: 10 de juny 2023]. Disponible a <[//oshwlab.com/jorts64/sensor-shield-r32-esp32-uno](https://oshwlab.com/jorts64/sensor-shield-r32-esp32-uno)>.

[CCAL12]: Aliexpress. ESP32 CAM [en linea]. Aliexpress, 2023 [data de consulta: 23 d'octubre 2023]. Disponible a <[//a.aliexpress.com/_EzWM6fN](https://a.aliexpress.com/_EzWM6fN)>.

[CCAL13]: Aliexpress. Servos SG90 [en linea]. Aliexpress, 2023 [data de consulta: 23 d'octubre 2023]. Disponible a <[//a.aliexpress.com/_EzP5YGJ](https://a.aliexpress.com/_EzP5YGJ)>.

[CCAL14]: Aliexpress. Sensors Ultrasons HC-SR04 [en linea]. Aliexpress, 2023 [data de consulta: 23 d'octubre 2023]. Disponible a <[//a.aliexpress.com/_EzP5YGJ](https://a.aliexpress.com/_EzP5YGJ)>.

[CCAL15]: Aliexpress. Rotllo d'estany [en linea]. Aliexpress, 2023 [data de consulta: 25 de novembre 2023]. Disponible a <[//es.aliexpress.com/item/1005006106292490.html](https://es.aliexpress.com/item/1005006106292490.html)>.

[CCAL16]: Aliexpress. Rotllo de zel de doble cara [en linea]. Aliexpress, 2024 [data de consulta: 2 de gener 2024]. Disponible a <[//es.aliexpress.com/item/1005005490561243.html](https://es.aliexpress.com/item/1005005490561243.html)>.

[CCAL17]: Amazon. Cola [en línea]. Amazon, 2024 [data de consulta: 2 de gener 2024]. Disponible a <[//www.amazon.es/SUPER-ADHESIVO-INSTANT%C3%81NEO-10-15010/dp/B07VR5XQ36](https://www.amazon.es/SUPER-ADHESIVO-INSTANT%C3%81NEO-10-15010/dp/B07VR5XQ36)>.

12.3 Programació

[AIDE]: Rui Santos. Installing the ESP32 Board in Arduino IDE (Windows, Mac OS X, Linux) [en línea]. Random Nerd Tutorials, 2016 [data de consulta: 12 de juny 2023]. Disponible a <[//randomnerdtutorials.com/installing-the-esp32-board-in-arduino-ide-windows-instructions/](https://randomnerdtutorials.com/installing-the-esp32-board-in-arduino-ide-windows-instructions/)>.

[WEBW]: W3School. HTML tutorial [en línea]. W3School, 2023 [data de consulta: 20 de juliol 2023]. Disponible a <[//www.w3schools.com/html/](https://www.w3schools.com/html/)>.

[WRNT]: Sara Santos. ESP32-CAM Pan and Tilt Video Streaming Web Server (2 Axis) [en línea]. Random Nerd Tutorials, 2021 [data de consulta: 4 de gener 2024]. Disponible a <[//randomnerdtutorials.com/esp32-cam-pan-and-tilt-2-axis/](https://randomnerdtutorials.com/esp32-cam-pan-and-tilt-2-axis/)>.

[WEBG]: Jordi Orts. Interfícies web D1 Mini (ESP8266) [en línea]. Guithub, 2020 [data de consulta: 20 de setembre 2023]. Disponible a <[//github.com/jorts64/Interficies-web-D1-mini](https://github.com/jorts64/Interficies-web-D1-mini)>.

12.4 Dissenys 3D

[DMPT01]: Fernando Bueno. Mini Pan Tilt – G9 [en línea]. UltiMaker Thingiverse, 2015 [data de consulta: 5 de novembre 2023]. Disponible a <[//www.thingiverse.com/thing:708819](https://www.thingiverse.com/thing:708819)>.

[DMPT02]: Jordi Orts. HC-SR04 sensor holder [en línea]. UltiMaker Thingiverse, 2015 [data de consulta: 15 de desembre 2023]. Diponible a <[//www.thingiverse.com/thing:1051784](https://www.thingiverse.com/thing:1051784)>.

12.5 ESP32

[ESPR]: Sara Santos. Install ESP32 Filesystem Uploader in Arduino IDE [en línea]. Random Nerd Tutorials, 2018 [data de consulta: 17 de juny 2023]. Disponible a <[//randomnerdtutorials.com/install-esp32-filesystem-uploader-arduino-ide/](https://randomnerdtutorials.com/install-esp32-filesystem-uploader-arduino-ide/)>.

[ESPE]: SHEDBOY71. An ESP32 and HMC5883L sensor exemple [en línea]. ESP32 learning, 2017 [data de consulta: 25 de novembre 2023]. Disponible a <[//www.esp32learning.com/code/an-esp32-and-hmc5883l-sensor-example.php](https://www.esp32learning.com/code/an-esp32-and-hmc5883l-sensor-example.php)>.

12.6 Imatges

[IMLG01]: imatge feta per Laia Guimerà Moreno.

[IMLG02]: captura de pantalla feta per Laia Guimerà Moreno.

12.7 Annexos

[OPSC]: ComparaSoftwaare. OpenSCAD [en linea]. ComparaSoftware, 2023 [data de consulta: 16 de desembre 2023]. Disponible a <[//www.comparasoftware.gt/openscad](http://www.comparasoftware.gt/openscad)>.

[PPLA]: 3D Market impresoras 3d. PLA impresión [en linea]. 3D Market impresoras 3d, 2023 [data de consulta: 17 de desembre 2023]. Disponible a <[//www.3dmarket.mx/pla-impresion/](http://www.3dmarket.mx/pla-impresion/)>.