



Centres universitaris adscrits a la



Simultaneïtat d'estudis d'Enginyeria Electrònica, Industrial i Automàtica i Enginyeria Mecànica

Sistema flotant de comunicació i control

Memòria Final – Electrònica

Pol Bassons Moreno
PONENT: Sergio Morales Planas

Curs 2022/2023



Centre adscrit a la



Dedicat els meus pares, amics i família i sobretot aquelles persones que no van creure en mi,
m'han servit de motivació per seguir endavant.

Resum

El propòsit d'aquest document és la realització del projecte de final de grau de la simultaneïtat d'Enginyeria electrònica industrial i automàtica i Enginyeria mecànica per l'escola superior politècnica del Tecnocampus Mataró, UPF. Aquest projecte consisteix en la realització del disseny i prototipatge d'un sistema flotant de comunicació i control, per robots de piscines que es pot extrapolar a *drones* aquàtics.

El treball es divideix en diferents apartats, primerament els objectius on es determina el propòsit, la finalitat, l'objecte del projecte, els objectius tècnics tant electrònics com mecànics amb els requisits corresponents, l'abast i el context en les línies de recerca i transferència de coneixement del Tecnocampus. Aquest primer bloc determina no només el que es farà en tot el projecte sinó com es farà i perquè es farà.

En el segon bloc on es fa la presentació de la proposta, es fa un estudi de l'estabilitat i flotabilitat que haurà de tenir la plataforma, a més a més d'un estudi de tots els tipus de comunicacions que pot fer servir la plataforma i el control d'aquesta mitjançant tots els components necessaris.

En el tercer bloc és on es fa tot el desenvolupament del projecte, incloent-hi dissenys i càlculs, pel correcte funcionament del projecte.

Finalment, es mostra la normativa, les patents, la planificació, la viabilitat econòmica, pressupost, la bibliografia i les conclusions del projecte.

Resumen

El propósito de este documento es la realización del proyecto de fin de grado de la simultaneidad de Ingeniería electrónica industrial y automática e Ingeniería mecánica para la escuela superior politécnica del Tecnocampus Mataró, UPF. Este proyecto consiste en la realización del diseño y prototipado de un sistema flotante de comunicación y control, para robots de piscinas que se puede extrapolar a drones acuáticos.

El trabajo se divide en diferentes apartados, primero los objetivos donde se determina el propósito, la finalidad, el objeto del proyecto, los objetivos técnicos tanto electrónicos como mecánicos con los requisitos correspondientes, el alcance y el contexto en las líneas de investigación y transferencia de conocimiento del Tecnocampus. Este primer bloque determina no sólo lo que se hará en todo el proyecto sino cómo se hará y por qué se hará.

En el segundo bloque donde se hace la presentación de la propuesta, se realiza un estudio de la estabilidad y flotabilidad que deberá tener la plataforma, además de un estudio de todos los tipos de comunicaciones que puede utilizar la plataforma y el control de ésta mediante todos los componentes necesarios.

En el tercer bloque es donde se realiza todo el desarrollo del proyecto, incluyendo diseños y cálculos, para el correcto funcionamiento del proyecto.

Por último, se muestra la normativa, las patentes, la planificación, la viabilidad económica, presupuesto, la bibliografía y las conclusiones del proyecto.

Abstract

The purpose of this document is the realization of the final degree project of the simultaneity of Industrial and Automatic Electronic Engineering and Mechanical Engineering for the polytechnic school of the Tecnocampus Mataró, UPF. This project consists of the design and prototyping of a floating communication and control system for swimming pool robots that can be extrapolated to aquatic drones.

The work is divided into different sections, firstly the objectives where the purpose and the object of the project are determined, the technical objectives both electronic and mechanical with the corresponding requirements, the scope and the context in the lines of research and knowledge transfer from the Tecnocampus. This first block determines not only what will be done throughout the whole project, but how it will be done and why it will be done.

In the second block where the proposal is presented, a study is made of the stability and buoyancy that the platform must have, in addition to a study of all the types of communications that the platform can use and the control of this through all the necessary components.

In the third block is where all the development of the project is done, including designs and calculations, for the correct operation of the project.

Finally, the regulations, patents, planning, economic viability, budget, bibliography and project conclusions are shown.

Índex

Índex	9
Índex de figures	13
Índex de taules	16
Glossari de termes	17
1. Objectius	1
1.1 Propòsit.....	1
1.2 Finalitat.....	1
1.3 Objecte del projecte	1
1.4 Objectius tècnics.....	2
1.4.1 Objectius electrònica	2
1.4.2 Objectius mecànica.....	2
1.4.3 Requisits d’electrònica.....	3
1.4.4 Requisits de mecànica.....	3
1.5 Abast	4
1.6 Context en les línies de recerca i transferència de coneixement del Tecnocampus.....	5
2. Presentació de la proposta	7
2.1 Punt de partida.....	7
2.2 Descripció de la tasca.....	8
2.3 Requisits funcionals	8
2.3.1 Flotabilitat	9
2.3.2 Estabilitat	11
2.3.3 Tipus de comunicació.....	14
2.3.3.1 Protocols de comunicació.....	17
2.3.3.1.1 Xarxa mallada o xarxa mesh	17
2.3.3.1.2 Zigbee.....	18
2.3.3.1.3 Z-Wave	19
2.3.3.1.4 Bluetooth.....	20
2.3.3.1.5 Wifi	21
2.3.3.1.6 Tecnologies LPWAN	21
2.3.3.1.6.1 LORA-LORAWAN.....	21
2.3.3.1.6.2 Sigfox	22

2.3.3.1.7 Xarxes Mòbils	23
2.3.3.1.7.1 3G	24
2.3.3.1.7.2 4G	24
2.3.3.1.7.3 5G	25
2.3.3.1.8 Protocols de Messaging	25
2.3.3.1.8.1 AMQP	27
2.3.3.1.8.2 MQTT	29
2.3.3.1.8.3 STOMP.....	31
2.3.4 Sistema de control.....	32
2.3.4.1 Motors	33
2.3.4.2 Drivers pels motors	39
2.3.4.3 Microcontrolador de placa única	47
2.3.4.4 Bateria	50
2.3.4.5 Connexions de tota l'electrònica	55
3. Desenvolupament del projecte	57
3.1 Metodologia.....	57
3.2 Software	61
3.3 Programació en C	61
3.3.1 Control mitjançant L298N	63
3.3.2 Web server.....	66
3.3.2.1 Configuració del ESP32 com a punt d'accés	67
3.3.2.2 Creació del Web Server.....	68
3.3.2.2.1 Encendre i Apagar el motor d'absorció de brutícia	72
3.3.2.2.2 Direcció del robot neteja piscines - Endavant	74
3.3.2.2.3 Direcció del robot neteja piscines – Endarrere.....	76
3.3.2.2.4 Direcció del robot neteja piscines – Esquerre	77
3.3.2.2.5 Direcció del robot neteja piscines – Dreta	78
3.3.2.2.6 Configuració restant del webserver	80
3.3.2.2.7 Configuració dels motors	82
3.3.2.2.7 Configuració del wifi	84
3.3.2.3 Codi HTML	88
3.3.3 Estructura	94
3.3.3.1 Estructura client-servidor	94
3.3.3.2 Estructura del programa	95

3.4	Hardware.....	97
3.4.1	Prototip funcional.....	97
4.	Pressupost.....	99
4.1	Capítol I: Elaboració del projecte	99
4.2	Capítol II: Materials.....	100
4.3	Capítol III: Amortitzacions	102
4.4	Pressupost final	103
5.	Normativa.....	105
5.1	Normativa de robots.....	105
5.2	Components electromecànics i estructures mecàniques per equips electrònics.....	106
5.3	Fabricació additiva.....	106
5.4	Terminologia elèctrica	106
5.5	Tecnologia del muntatge en superfície i electrònica impresa.....	107
5.6	Comunicacions.....	107
5.7	Materials aïllants	108
5.8	Normativa específica per la mecànica de la plataforma i seguretat.....	108
6.	Patents	109
7.	Perspectiva de gènere.....	113
8.	Impacte mediambiental	115
8.1	Accions impactants.....	117
8.2	Factors ambientals impactats	117
	Factor Ambiental.....	117
	Medi Natural.....	118
9.	Planificació del treball	119
9.2	Planificació general.....	119
9.3	Punts de control.....	123
9.4	Identificació de riscos i plans de contingència.....	125
10.	AMFE.....	127
11.	Conclusions i treball a futur	129
11.1	Introducció	129
11.2	Conclusions	129
11.3	Treball a futur	132
12.	Bibliografia.....	135

Índex de figures

Fig. 2.1. Model: Zodiac ra6500iq. Font: [2].....	8
Fig. 2.2. Ingress protection (IP) ratings guide. Font: [4]	9
Fig. 2.3. Principi d'Arquímedes. Font [7].....	10
Fig. 2.4. Il·lustració de l'alçada metacèntrica en un vaixell. Font: [11]	12
Fig. 2.5. Il·lustració d'un vaixell amb equilibri inestable. Font: [11].....	12
Fig. 2.6. Representació d'un vaixell tou a l'esquerre i un vaixell dur a la dreta. Font: [11]	13
Fig. 2.7 Esquema de distribució de la càrrega en plataforma. Font: [pròpia]	13
Fig. 2.8. Exemples de topologies de xarxa. Font: [13]	15
Fig. 2.9. Recopilació de les capes de la classificació OSI. Font: [16].....	16
Fig. 2.10. Il·lustració del router més repetidors i de la xarxa mallada. Font: [18]	18
Fig. 2.11. Diferències entre el protocol Zigbee i Z-Wave. Font: [16].....	20
Fig. 2.12. Diagrama de blocs de l'Arquitectura LoRaWAN. Font: [24].....	22
Fig. 2.13. Funcionament dels protocols de messaging. Font: [32]	26
Fig. 2.14. Topologia AMQP. Font: [32] [34]	27
Fig. 2.15. Arquitectura AMQP. Font: [32] [34]	28
Fig. 2.16. Esquema del protocol MQTT. Font:[22][36]	29
Fig. 2.17. Il·lustració dels tres nivells de qualitat de servei (QoS) Font: [32] [35].....	30
Fig. 2.18 Disseny de les parts de la plataforma (electrònica)	32
Fig. 2.19. Motor del tipus stepper. Font[Google Fotos]	33
Fig. 2.20. Servo motor. Font [Google fotos]	34
Fig. 2.21. Diferències entre el stepping motor i el servo motor. Font: [37]	34
Fig. 2.22. Brushed motor o motor d'escombretes. Font [Google fotos]	35
Fig. 2.23. Motor brushless o motor sense escombretes. Font: [39].....	36
Fig. 2.24. Taula comparativa del motor sense escombretes amb el motor amb escombretes. Font: [40]	36
Fig. 2.25. Especificacions del motor extretes del Datasheet. Font: [41].....	37
Fig. 2.26. Imatge del motor escollit per les rodes del robot, model 413-0622, RS PRO. Font: [41].....	38
Fig. 2.27. Imatge del motor escollit l'aspiració del robot, model 238-9721, RS PRO. Font: [42]	38
Fig. 2.28. Especificacions generals, elèctriques i mecàniques del motor per l'aspiració [42]	39
Fig. 2.29. Circuit H-Bridge. Font: [43]	40
Fig. 2.30. Circuit H-bridge amb Q1 i Q4 conduint. Font: [43]	40
Fig. 2.31. Circuit H-bridge amb Q3 i Q2 conduint. Font: [43].....	41
Fig. 2.32. Direcció del robot, endavant i enrere vist des de planta. Font: [Pròpia]	41
Fig. 2.33. Direcció esquerre i dreta del robot vist des de planta. Font:[pròpia]	42
Fig. 2.34. Imatge del driver L298N. Font: [Google fotos]	42
Fig. 2.35. Valors màxims del díode SBRT20U50SLPQ	44
Fig. 2.36. Característiques elèctriques del díode SBRT20U50SLPQ.....	44
Fig. 2.37. Valors màxims absoluts del transistor darlington BU931. Font: [46]	45
Fig. 2.38. Característiques elèctriques del transistor Darlington BU931. Font: [46]	45
Fig. 2.39. Circuit de control de motor d'absorció de brutícia. Font:[pròpia]	46
Fig. 2.40. Xip ESP32 Font: [48]	48
Fig. 2.41. ESP32-DevKitC V4 amb ESP32-WROOM-32 module. Font: [49]	48

Fig. 2.42. Esp32 DevkitC Pin Layout. Font: [49]	49
Fig. 2.43 Tipus d'endolls. Font: [3].....	50
Fig. 2.44. Bateria recargable 700 mAh a 2,4V Font:[Google fotos]	51
Fig. 2.45. Circuit reductor de tensió amb divisor de tensió [51]	52
Fig. 2.46. Circuit reductor de tensió mitjançant el regulador LM7805 [51]	52
Fig. 2.47. Circuit reductor de tensió mitjançant un convertidor reductor Buck [51]	53
Fig. 2.48. Convetidor Buck de 9-36V a 5V/5A [52].....	53
Fig. 2.49. Bateria escollida, 12 V 7000 mAh, Sutenai [53].....	55
Fig. 2.50. Connexionat de tota la part electrònica. Font [pròpia]	56
Fig. 51. Cicle de la metodologia Lean Start Up. Font: [54]	58
Fig. 52. Diagrama de blocs de la metodologia a seguir. Font: [pròpia]	60
Fig. 53. Il·lustració del driver L298N	63
Fig. 54. Direcció Endavant Motor (Forward) pel driver L298N	64
Fig. 55. Direcció Endarrere Motor (Reverse) pel driver L298N.....	64
Fig. 56. Il·lustració del increment de velocitat d'un motor	65
Fig. 57. Il·lustració de com apagar on encendre un motor el màxim	65
Fig. 58. Il·lustració de les connexions del driver amb l'ESP32 i els motors de direcció. Font: [pròpia].....	65
Fig. 59. Il·lustració del control del motor de brutícia. Font: [pròpia]	66
Fig. 60. Característiques webserver. Font: [pròpia]	67
Fig. 61. Punt d'accés. Font: [pròpia]	68
Fig. 64. Includes utilitzats en el projecte. Font: [pròpia]	69
Fig. 65. Defines utilitzats en el projecte. Font: [pròpia]	72
Fig. 66. Codi per apagar el motor d'absorció de brutícia. Font: [pròpia].....	73
Fig. 67. Codi per encendre el motor de brutícia. Font: [pròpia]	74
Fig. 68. Codi per moure endavant el robot neteja piscines. Font: [pròpia]	75
Fig. 69. Codi per apagar els motors quan estan funcionant cap endavant. Font: [pròpia].....	75
Fig. 70. Codi per moure endarrere el robot neteja piscines. Font: [pròpia]	76
Fig. 71. Codi per apagar els motors quan estan funcionant cap endavant. Font: [pròpia].....	77
Fig. 72. Codi per moure cap a l'esquerre el robot neteja piscines. Font: [pròpia]	78
Fig. 73. Codi per apagar els motors quan estiguin girant cap a l'esquerre. Font: [pròpia].....	78
Fig. 74. Codi per moure cap a la dreta el robot neteja piscines. Font: [pròpia]	79
Fig. 75. Codi per apagar els motors quan estiguin girant cap a dreta. Font: [pròpia]	79
Fig. 76. Funció per gestionar errors procedents del HTTP del webserver	80
Fig. 77. Funció per la inicialització del webserver. Font:[pròpia]	81
Fig. 78. Funció stop_server, disconnect_handler i connect_handler. Font:[pròpia]	82
Fig. 79. Funció configure_led, funció de configuració del motor d'absorció de brutícia. Font: [pròpia].....	82
Fig. 80. Funció de configuració del motor A. Font: [pròpia]	83
Fig. 81. Funció de configuració del motor B. Font: [pròpia]	83
Fig. 82. #Define necessaris per la configuració del wifi. Font: [pròpia].....	84
Fig. 83. Identificadors de la configuració del SDK. Font: [pròpia]	84
Fig. 84. Funció wifi_event_handler. Font: [pròpia]	85
Fig. 85. Funció wifi_init_softap .Font: [pròpia]	86
Fig. 86. Funció Main. Font: [pròpia]	88
Fig. 62. Pàgina HTML des d'un PC. Font: [pròpia].....	93

VII

Fig. 63. Pàgina HTML des d'un smartphone. Font: [pròpia]	93
Fig. 87 Estructura client-servidor. Font: [pròpia]	94
Fig. 88. Pila de protocols IOT amb la seleccionant lo utilitzat per aquest projecte. Font: [69]	95
Fig. 89. Estructura del programa. Font: [pròpia]	96
Fig. 90. Vista des de planta del primer prototip	98
Fig. 91. Vista des de alçat del primer prototip	98
Fig. 92. AMFE del Sistema flotant de comunicació i control. Font: [pròpia]	127

Índex de taules

Taula 2.1. Taula del model OSI i les seves capes corresponents. Font: [15] [17]	16
Taula 2.2 Classes de bluetooth. Font [Pròpia]	20
Taula 2.3. Taula resum dels protocols de messaging. Font:[Pròpia i [33]].....	31
Taula 2.4. Taula resum del corrent i la tensió dels components de la plataforma. Font: [Pròpia]	51
Taula 6.1. Elaboració del projecte	99
Taula 6.2. Taula dels costos de material	101
Taula 6.3 Taula d'amortitzacions	102
Taula 6.4 Taula del pressupost final	103
Taula 6.5. Normativa robots	105
Taula 6.6. Fabricació additiva	106
Taula 6.7. Terminologia elèctrica	106
Taula 6.8. Tecnologia del muntatge en superfície i electrònica impresa	107
Taula 6.9. Comunicacions.....	107
Taula 6.10. Materials aïllants	108
Taula 6.11. Normativa específica per la mecànica de la plataforma i seguretat	108
Taula 7.1. Taula de tasques del projecte	120

Glossari de termes

ESUPT Escola superior politècnica del Tecnocampus

App Abreviació de la paraula Application

IOT Internet of things

DC Direct current

AC Altern current

Kbps Kilobits per second

ISM Industrial, Scientific and Medical

M2M Machine to machine

QoS Quality of service

LPWAN Low-power- wide-area network

WAN Wide area network

ISO International Organization for Standaritzation

OSI Open Systems Interconnection

CSMA/CA Carrier Sense Multiple-acces with Collision Avoidance

UMTS Unitversal Mobile telecommunications System

CDMA Code Division Multiple Access

GSM Global System for Mobile

3G Third generation

4G Fourth generation

5G Fiveth generation

LED Light-emmiting diode

PCB Printed circuit board

RAM Random access memory

PWM Pulse width modulation

GPIO General Purpose Input/output

FEM Força electromotriu

1. Objectius

1.1 Propòsit

El propòsit d'aquest projecte és realitzar el disseny i prototipatge d'un sistema flotant de comunicació i control.

1.2 Finalitat

La finalitat del sistema flotant de comunicació i control es realitza principalment pel funcionament de robots de neteja de piscina i es pot extrapolar a *drones* aquàtics. Com a conseqüència augmentar l'autonomia d'aquests, ja que s'evita haver de tenir un cable lo suficientment llarg per poder arribar a qualsevol punt d'una piscina, estanc, mar, entre altres.

1.3 Objecte del projecte

Aquest projecte s'ha inspirat en la realització d'un anterior projecte que no es va dur a terme, aquest anterior projecte era el prototipatge d'un robot netejador de piscines. Degut a la gran dificultat de la viabilitat tècnica i econòmica dels sensors de proximitat i les comunicacions sota l'aigua, va sorgir aquest projecte actual. Al crear aquest sistema flotant, redueix la dificultat de comunicació que existeix sota l'aigua, fent que la transmissió es produeixi per l'aire.

L'orientació d'aquest projecte s'ha enfocat a una piscina, s'ha de tenir en compte que el sistema incorporarà la bateria del robot fent que les dimensions d'aquesta no limitin la mobilitat del robot, la potència dels motors o la seva estructura, això implica que aquest robot

tingui més autonomia i per tant no només s'utilitzi en piscines particulars que solen ser de petites dimensions sinó també en piscines públiques o olímpiques.

1.4 Objectius tècnics

Pel correcte plantejament del projecte i guia d'aquest, s'ha fet un estudi dels objectius tècnics, per això s'ha englobat aquest subapartat dins del apartat d'objectius. Tenint en compte les complicacions tècniques que poden suposar les condicions tèrmiques i climàtiques al estar exposat a l'aire lliure i a les condicions de l'entorn aquàtic, que en aquest cas és el d'una piscina. S'ha dividit en tres parts, els objectius de la part electrònica i els objectius de la part mecànica, on amb l'ajuda d'aquest s'han llistat uns requeriments necessaris per les dues parts pel correcte desenvolupament i funcionament de la plataforma.

1.4.1 Objectius electrònica

- Determinar la bateria del robot i tot el que engloba
- Determinar el sistema de càrrega d'energia elèctrica
- Determinar el tipus de comunicació
- Determinar els sensors pel correcte funcionament del robot i del sistema
- Dissenyar el sistema de control

1.4.2 Objectius mecànica

- Determinar el millor material pel sistema flotant
- Realitzar l'estanqueïtat en tot el sistema
- Dissenyar i optimitzar l'estructura de la plataforma
- Determinar mecanismes mecànics necessaris pel correcte funcionament

1.4.3 Requisits d'electrònica

- Endollable a qualsevol endoll Europeu
- Bateria per com a mínim 1 hora de funcionament
- Connexió i control amb la plataforma des d'una APP per smartphone o des d'un cloud per PC
- Sensors pel posicionament del robot
- Sistema de seguretat electrònic pel cas de curtcircuit
- Motors de tracció del robot i motor d'absorció de brutícia

1.4.4 Requisits de mecànica

- Disseny mecànic fàcil de manipular per part del client, que no necessiti cap tipus d'eina per utilitzar la plataforma
- La plataforma ha de flotar amb tota l'electrònica a dins.
- La plataforma ha de ser estable, és a dir no s'ha de bolcar en cas de que una persona es tiri a la piscina a prop de la plataforma
- L'aïllament ha de ser de IP68, hermètic a la pols i a la submersió continua en aigua.
- Longitud de cable amb el robot de mínim 2,7 m a més a més serà una opció modular
- Material aïllant a nivell tèrmic i inoxidable/anticorrosiu, a més a més del pH neutra apte pel bany

1.5 Abast

L'objectiu d'aquest projecte, com s'ha dit anteriorment és el disseny i prototipatge d'un sistema flotant de comunicació i control, donat això es farà el disseny, prototipatge i implementació per una possible venda posterior al mercat. Per tant es farà el disseny de la plataforma flotant, complint els objectius tècnics del apartat 1.4.

Des del punt de vista de la mecànica del projecte, s'estudiarà la flotabilitat i l'estabilitat de la plataforma determinant les dimensions i disseny d'aquesta, l'anàlisi i simulació estructural per suportar els impactes que puguin haver-hi a una piscina, per part dels usuaris. L'estudi de la estanqueïtat i aïllament per evitar possibles filtracions d'aigua i pols, a més a més de la determinació del material adequat per resistir l'oxidació que provoca l'aigua en un temps prolongat.

Per la part de l'electrònica del projecte, es determinarà el microcontrolador, la capacitat de la bateria per un temps de treball de 1 hora, endoll d'aquesta per poder carregar-la des de qualsevol endoll europeu, a més a més dels motors del robot i dels seus drivers corresponents, també es determinarà la connexió i la interfície de la plataforma amb l'usuari, igual que la programació necessària per aquesta, els sensors de posicionament del robot i altres tipus de sensors es determinaran més endavant si el abast no és lo suficientment gran.

En aquest projecte no s'inclou de cap manera el disseny del robot neteja piscines, ja que l'abast seria massa gran per un projecte com aquest, a més a més avui en dia en el mercat, els robots de piscina predominen respecte les plataformes controladores d'aquests.

1.6 Context en les línies de recerca i transferència de coneixement del Tecnocampus.

Durant el llarg dels estudis realitzats en el Tecnocampus concretament a la ESUPT, s'ha adquirit gran part del coneixement necessari per a la realització d'aquest projecte, tant per la part mecànica com la part electrònica, també s'han adquirit una sèrie d'habilitats i valors que sense aquests no es podria dur a terme aquesta transferència de coneixement, habilitats com la resolució de problemes, l'optimització del temps i valors com la professionalitat i l'excel·lència per a dur a terme qualsevol repte proposat, entre molts d'altres que no es veuen reflexats de forma directe en aquest projecte.

Però per a dur a terme aquest projecte han fet falta coneixements concrets de:

Electrònica analògica I i II pel disseny de l'electrònica analògica en general, com per exemple les connexions de tots els components electrònics entre ells o el disseny del circuit de control pel motor d'absorció del robot neteja piscines.

L'assignatura de Microprocessadors i de Informàtica Industrial són una base pel què fa a la programació i funcionament del ESP32, ja que en aquestes dues assignatures es treballen amb un microprocessador amb un funcionament similar però d'una altre marca.

En quant a Electrònica de potència, es tindrà en compte molt del coneixement adquirit sobre convertidors de corrent contínua per la reducció de tensió de la bateria pels diferents components electrònics, de igual manera amb els drivers dels motors.

Per a la planificació i gestió de tot el projecte les assignatures de Gestió de projectes, són clau per poder tirar endavant el treball amb una bona estructura i una correcte gestió del temps.

Les assignatures de Màquines i mecanismes I i II són una base molt solida pel disseny mecànic de la plataforma en Solidworks.

Pel que fa el càlcul de la flotabilitat i estabilitat de la plataforma les assignatures de Física I, Física II i Termodinàmica i mecànica de fluids són fonamentals per realitzar aquests càlculs correctament.

L'assignatura de Fabricació additiva serà molt útil per la forma en la que es fabricarà la plataforma, de la mateixa manera, l'assignatura d'enginyeria de materials i resistència de materials, tindrà gran utilitat en la presa de decisió de quins materials seran adequats per a la plataforma.

Per últim l'assignatura de comunicacions i seguretat de la informació, tot i no haver estat matriculat d'aquesta assignatures els apunts seran molt útils per la part de comunicacions de la plataforma, aquests apunts seran prestats per un company de classe o pel mateix professor de l'assignatura.

2. Presentació de la proposta

En aquest projecte es proposa el disseny i prototipatge d'un sistema flotant de comunicació i control, com s'ha mencionat anteriorment. El principal us d'aquesta plataforma és per un robot netejador de piscines, però es pot extrapolar a un drone aquàtic. Per això en aquest apartat es farà un anàlisi del projecte a nivell general de tot el que s'haurà de fer per dur a terme aquest projecte, subdividint-lo en diferents subapartats, els objectius, la presentació de la proposta, normativa, patents, anàlisi de viabilitat.

2.1 Punt de partida

Tot comença amb la realització d'un projecte de TFG previ que finalment no s'ha dut a terme, aquest projecte era un robot netejador de piscines *cordless*, és a dir sense cap tipus de cable, ni per l'alimentació ni per la comunicació.

Les dues principals raons perquè no es portés a terme van ser la viabilitat tècnica i la viabilitat econòmica, després d'un estudi profund dels sensors de proximitat, que es volien incorporar al robot per tenir major autonomia en cas de possibles obstacles imprevistos. No va ser possible trobar cap tipus de sensor lo suficientment funcional i viable a nivell econòmic, degut a la dificultat de la precisió de la proximitat dins l'aigua a causa dels reflexes d'aquesta, segons la llum incident pel cas de sensor fotosensibles i pels sensors d'ultrasons la resistència a l'aigua IP68 no es complia.

La majoria d'aquests robots tenen un rang autonomia d'entre 50 fins a 210 min amb un màxim de 80 m² de superfície netejada [1], fent que només es pugui usar aquest tipus de robots per a piscines particulars. D'aquí ve la finalitat d'aquest projecte, donar més autonomia per a què aquests tipus de robots puguin netejar piscines públiques i olímpiques, a part de poder extrapolar-ho a drones aquàtics.

El punt de partida del projecte és una plataforma flotant de comunicació i control per controlar un robot neteja piscines, aquest robot estarà compost per 2 rodes, dos motors, és a dir, es controla els dos motors amb un mateix driver i amb una bomba per succionar la brutícia del fons de la piscina. A més a més, una bateria que més tard es determinarà la

capacitat d'aquesta. Un exemple similar d'aquest robot seria el que es pot veure actualment en el mercat de la Zodiac, però aquest és de 4 rodes, tal com es mostra a la Figura 2.1 en l'apartat d'antecedents s'abasta amb més profunditat els models que hi ha i la tecnologia que apliquen.



Fig. 2.1. Model: Zodiac ra6500iq. Font: [2].

2.2 Descripció de la tasca

La plataforma flotant com s'ha mencionat amb anterioritat ha d'albergar tot el necessari pel correcta funcionament d'un robot neteja de piscines. El client, haurà de posar el robot dins de l'aigua junt amb la plataforma flotant sense cap tipus de dificultat, podent donar comunicació i energia en tot moment des de la plataforma cap el robot, aquesta es carregarà amb un endoll de tipus C, aquest és el que s'utilitza principalment a Espanya i a la majoria de països d'Europa [3], per tenir la facilitat de poder endollar-lo a qualsevol lloc. Aquesta plataforma a part de proporcionar energia el robot, a més a més proporcionarà la comunicació, aquesta comunicació serà a través d'una *App* de telèfon mòbil i un *cloud* per poder supervisar en qualsevol moment el funcionament del robot.

2.3 Requisits funcionals

La plataforma ha de ser capaç de flotar amb estanqueïtat en tot moment dins de l'aigua, ja que hi ha un risc degut els components electrònics i la bateria que equiparà a dins. Per això s'haurà de fer un anàlisi estructural i d'estanqueïtat amb un grau de protecció de IP68, aquest grau de protecció garantitza la immersió completa i continua sota l'aigua per la plataforma, tal i com es mostra a la Figura 2.2 [4]

1 st numeral - solid foreign objects			2 nd numeral - water		
0	No protection		0	No protection	
1	Protected against solid foreign objects of 50 mm Ø and greater		1	Protected against vertically falling water drops	Vertically falling drops shall have no harmful effects
2	Protected against solid foreign objects of 12.5 mm Ø and greater		2	Protected against vertically falling water drops when enclosure tilted up to 15°	Vertically falling drops shall have no harmful effects when the enclosure is tilted at any angle up to 15° on either side of the vertical
3	Protected against solid foreign objects of 2.5 mm Ø and greater		3	Protected against spraying water	Water sprayed at an angle up to 60° on either side of the vertical shall have no harmful effects
4	Protected against solid foreign objects of 1.0 mm Ø and greater		4	Protected against splashing water	Water splashed against the enclosure from any direction shall have no harmful effects
5	Dust-protected		5	Protected against water jets	Water projected in jets against the enclosure from any directions shall have no harmful effects
6	Dust-tight		6	Protected against powerful water jets	Water projected in powerful jets against the enclosure from any direction shall have no harmful effects
Example: IP 65 → Protected against water jets → Dust-tight			7	Protected against the effects of temporary immersion in water	Ingress of water in quantities causing harmful effects shall not be possible when the enclosure is temporarily immersed in water under standardized conditions of pressure and time
			8	Protected against the effects of continuous immersion in water	Ingress of water in quantities causing harmful effects shall not be possible when the enclosure is continuously immersed in water under conditions which shall be agreed between manufacturer and user but which are more severe than for numeral 7
			9	Protected against high pressure and temperature water jets	Water projected at high pressure and high temperature against the enclosure from any direction shall not have harmful effects

Fig. 2.2. Ingress protection (IP) ratings guide. Font: [4]

També s'ha de tenir en compte la longitud de cable entre el robot i la plataforma, es tindrà en compte el cas més extrem de piscina, aquest cas és el d'una piscina olímpica de 2,7 m de profunditat [5]. Per això el cable serà major d'aquesta longitud però serà una part modular, és a dir el client podrà triar diferents mesures en funció de la profunditat que es vegi submergit el robot.

2.3.1 Flotabilitat

La flotabilitat és un punt important d'aquest projecte, la flotabilitat és la capacitat d'un objecte per sostenir-se dins d'un fluid [6]. Per això s'ha de tenir en compte el principi d'Arquímedes, aquest principi diu el següent, *“Un cos total o parcialment submergit en un fluid en repòs experimenta una empenta vertical cap a dalt igual al pes del fluid desallotjat”* [7]. És a dir, si es posa un objecte dins de l'aigua, aquest pateix una força amb la mateixa direcció i sentit contrari el seu pes, aquesta força es denomina comunament com a força d'empenta d'Arquímedes o força de flotació. [8]

L'equació general és:

$$E = \rho f * g * V$$

Fórmula 2.0: Equació general del principi d'Arquímedes. Font: [7]

$E = \text{Empenta}$

$V = \text{Volum del fluid desallotjat}$

$\rho_f = \text{densitat del fluid}$

$g = \text{gravetat}$

Tenint en compte que ρ_f és la densitat del fluid i $g * V$ és la massa del fluid desallotjat, fent que el volum del fluid desallotjat sigui igual al volum del objecte introduït en el fluid.

Perquè un cos quedi totalment submergit la força de flotaci3n ha de ser menor el pes, resultant en un enfonsament del cos, però perquè un cos quedi flotant la força de flotaci3n ha de ser igual a la al pes, fent que el cos quedi dins de l'aigua sense arribar el fons. Per últim, perquè un cos floti per sobre de l'aigua, la força de flotaci3n o força d'empenta ha de ser major que el pes del cos. Aquest és el cas de la plataforma, ja que, ha de quedar flotant per sobre de l'aigua per què les comunicacions arribin amb més facilitat [8] [9] [10]. Tot això es veu reflexat a la Figura 2.3.

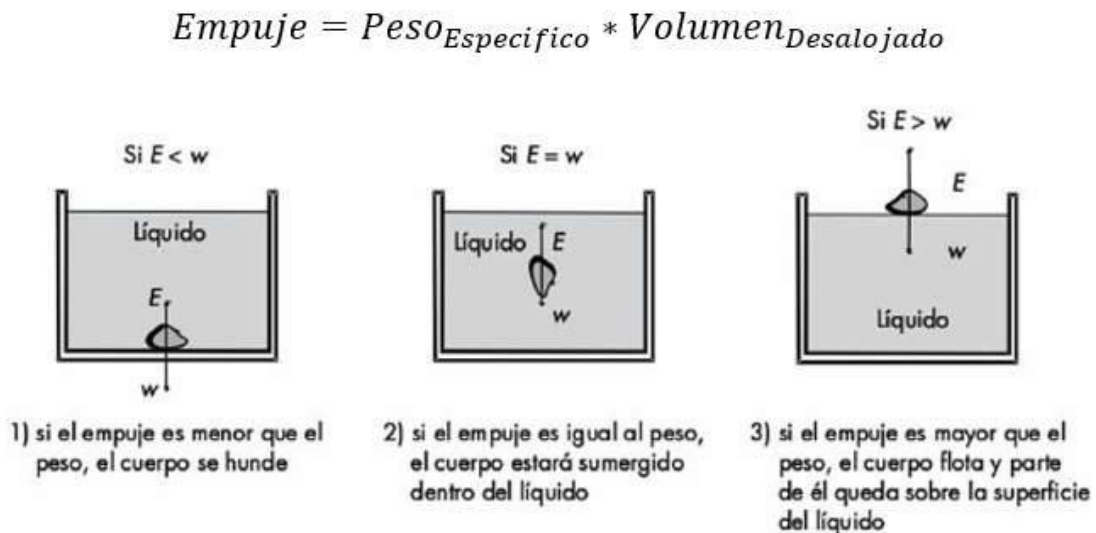


Fig. 2.3. Principi d'Arqu3medes. Font [7]

Per tant per tal de fer que floti la plataforma es far3 un estudi del pes total que pot arribar a tenir tota la part electr3nica per aix3 poder dimensionar el volum necessari i la densitat del

material que ha de tenir la plataforma per poder flotar sobre l'aigua. A més a més s'haurà de fer el càlcul per saber quin percentatge de la plataforma quedarà fora de l'aigua i quin quedarà submergit.

2.3.2 Estabilitat

L'estabilitat de la plataforma és el següent punt per el correcta funcionament sobre de l'aigua, aquesta estabilitat és el que fa que en el cas de que es produeixi una força externa no es bolqui la plataforma. Un exemple d'aquesta força externa pot ser la de persona tirant-se dins l'aigua provocant una pertorbació en l'aigua que generi una força externa cap a la plataforma.

Un cos flotant és estable si el seu centre de gravetat està per sota del metacentre [10], perquè això succeeixi el cos ha d'estar en un equilibri estable, aquest equilibri estable és quan un cos tendeix a la seva posició d'adreçament després de ser inclinat [12].

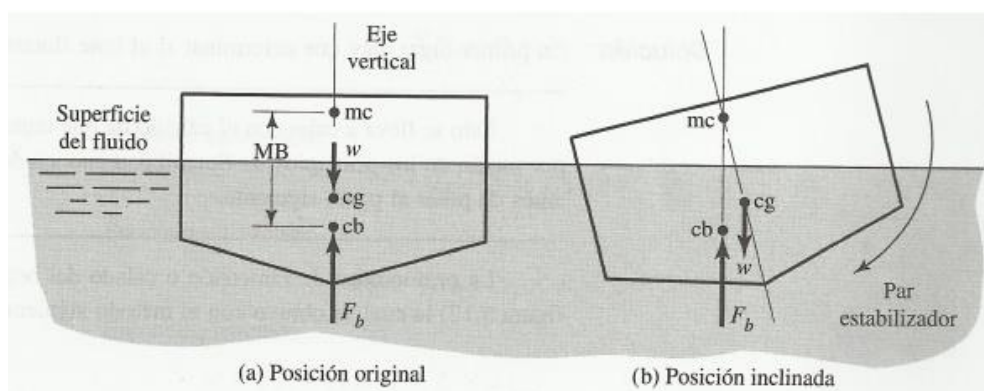


Fig. 2.4. Metacentre (mc). Font: [10]

El metacentre es defineix com la intersecció de l'eix vertical d'un cos quan està a la seva posició d'equilibri, amb una línia vertical que passa a través de la posició nova del centre de flotació quan el cos gira lleument. [10]

L'alçada metacèntrica és la distància entre G i M (GM), un cos estable en posició d'adreçament té una alçada metacèntrica (GM) positiva, és a dir, el metacentre es troba per sobre del centre de gravetat (G). En general aquesta magnitud es denomina alçada GM positiva o estabilitat inicial positiva. [11]

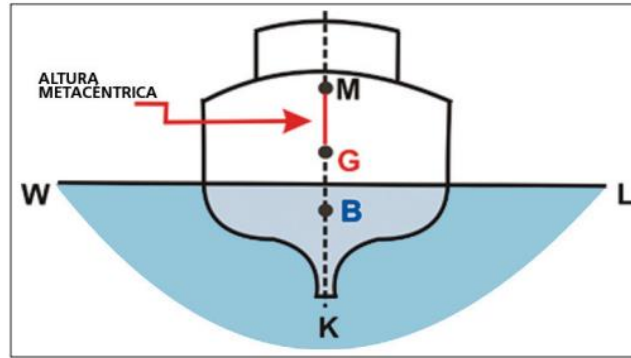


Fig. 2.4. Il·lustració de l'alçada metacèntrica en un vaixell. Font: [11]

L'equilibri és inestable si el centre de gravetat del vaixell (G) es troba per sobre del metacentre (M), es diu que es té una alçada GM negativa o una estabilitat inicial negativa. Aquest cos mostra un equilibri indiferent, és a dir, flota en un angle respecte de la seva posició d'equilibri cap a un costat o cap a un altre, estan en perill d'enfonsar-se. [11]

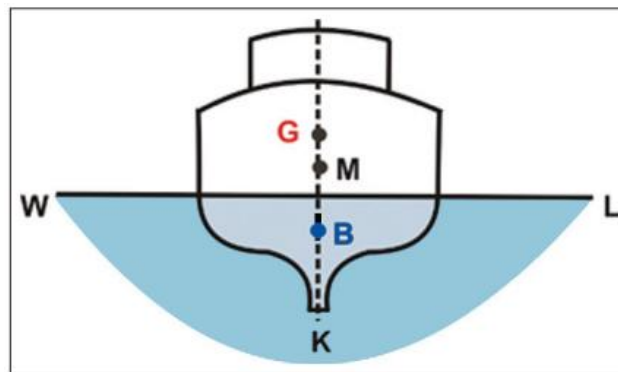


Fig. 2.5. Il·lustració d'un vaixell amb equilibri inestable. Font: [11]

L'últim tipus d'equilibri és l'equilibri neutre, donat que el centre de gravetat (G) coincideix amb el metacentre (M), el cos s'inclinarà a un angle petit d'escora i tendirà a mantenir-se en aquesta posició.

Com que es vol que aquesta plataforma tingui un equilibri estable, el metacentre haurà d'estar per sota del centre de gravetat, per això s'ha de tenir en compte el concepte de vaixell tou i vaixell dur.

Se li denomina vaixell tou, quan hi ha una disminució de la estabilitat, quan s'afegeix pes en la coberta d'un vaixell, la posició del centre de gravetat del vaixell puja, provocant una disminució de l'alçada metacèntrica (GM) per això es genera una disminució del centre de gravetat. En el cas d'un vaixell dur és el contrari, el pes s'afegeix a la part de baix, provocant un descens del centre de gravetat (G), fent que augmenti l'alçada metacèntrica i consegüentment un augment de l'estabilitat. [11]

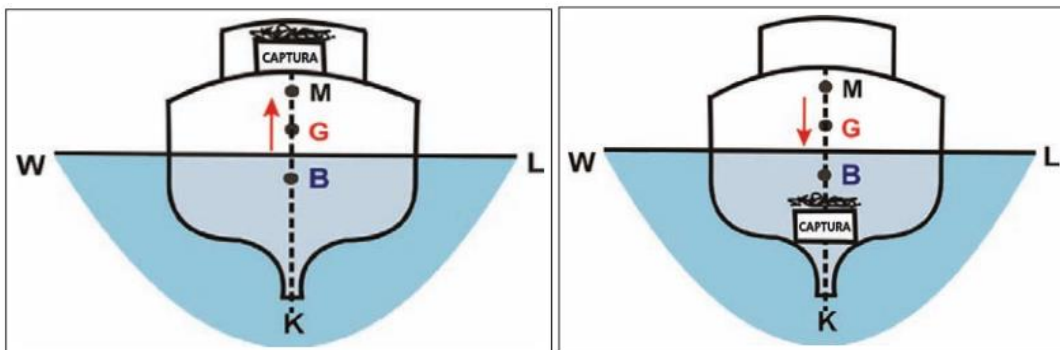
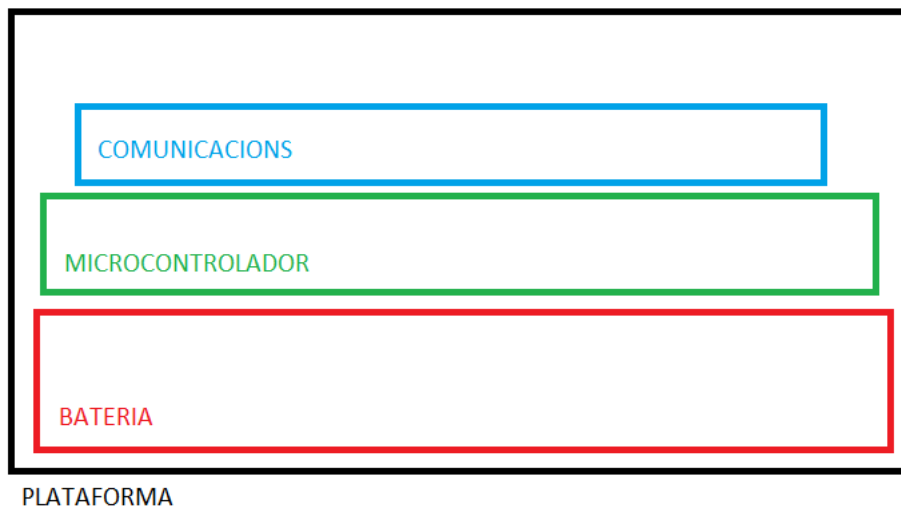


Fig. 2.6. Representació d'un vaixell tou a l'esquerre i un vaixell dur a la dreta. Font: [11]

Per tant s'arriba a la conclusió que els o el component de major pes anirà a la part més baixa de la plataforma, per crear major estabilitat utilitzant el concepte de vaixell dur, en aquest cas el component més pesat serà la bateria ja que ha de suplementar tota la part electrònica, tot seguit en la Figura 2.7, es mostra un esquema de com anirà distribuïda la càrrega de la plataforma.



PLATAFORMA

Fig. 2.7 Esquema de distribució de la càrrega en plataforma. Font: [pròpia]

Com es pot observar a la Figura 2.7 els sensors i comunicacions queden a la part de dalt ja que les comunicacions, s'enviaran per l'aire per tenir millor connectivitat. Per tant s'haurà de fer un estudi amb major profunditat de la distribució de la càrrega dins la plataforma i la forma de la plataforma per tal de tenir la major estabilitat possible. A més a més al estar la bateria submergida en l'aigua facilitarà la transmissió de calor cap a l'aigua, fent que es refrigeri sense tenir cap sistema de refrigeració addicional, tenint en compte que les temperatures a l'estiu poden arribar a ser bastant altes i més si la plataforma està exposada el sol tot el dia.

2.3.3 Tipus de comunicació

Abans de descriure els protocols de comunicació hi ha varis conceptes que s'han de tenir clars per entendre l'estudi de la comunicació del projecte, tot seguit s'aclariran aquests conceptes necessaris.

Tasa de bits o Bitrate: La tasa de bits defineix el nombre de bits que es transmeten per unitat de temps a través d'un sistema de transmissió digital o entre dos sistemes de transmissió digital. Per tant és la velocitat de transferència de dades, en el sistema ISO s'expressa en bits per segon (bit/s, b/s, bps). [12] [13]

Rang: En el cas de les comunicacions inhalàmbriques, és la distància màxima entre dos nodes intercomunicats, depèn de la potència de transmissió, la freqüència de banda i el tipus de modulació. També es pot veure afectat per les condicions meteorològiques o físiques de la posició dels nodes. [13]

Topologia de xarxa: La manera en la que es comuniquen els nodes entre sí, aquestes topologies poden ser les mateixes que les usades de forma tradicional en la Figura 2.8 es mostren els exemples de les diferents topologies. [13]

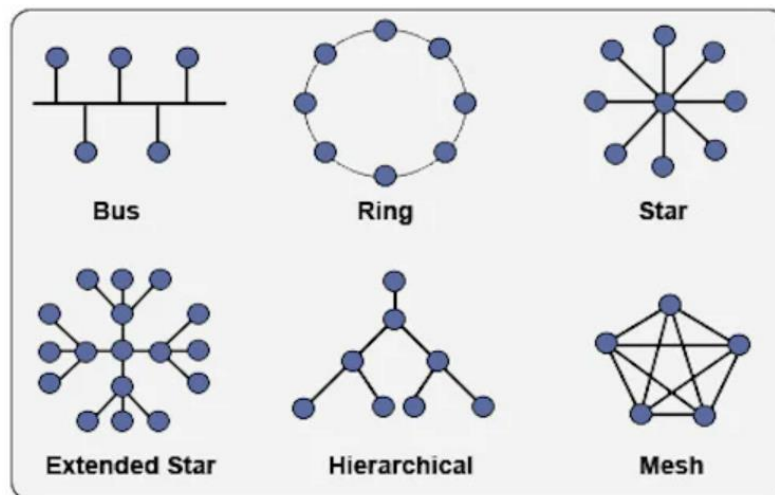


Fig. 2.8. Exemples de topologies de xarxa. Font: [13]

Tipus de xarxes: Hi ha diferents tipus de xarxes per diferents propòsits, les principals són les següents:

- LAN: Local Area Network
- WAN: Wide Area Network
- MAN: Metropolitan Area Network
- WLAN: Wireless Local Network
- WWAN: Wireless Local Area Network
- WMAN: Wireless Metropolitan Network
- SAN: Storage Area Network
- PAN: Personal Area Network
- LPWAN: Low Power Wide Area Network

Els protocols de comunicació que es descriuen més endavant fan servir alguns d'aquests tipus de xarxes per comunicar-se, les xarxes més rellevants en aquest projecte són les xarxes PAN pel cas dels protocols de comunicació de Bluetooth, Zigbee i Z-Wave . Les WLAN pel cas del protocol de comunicació Wifi i LPWAN pel cas dels protocols de comunicació LoRaWAN i Sigfox. [14]

Classificació OSI: El model de interconnexió de sistemes oberts conegut en anglès com a OSI (Open Systems Interconnection), per la ISO/IEC 7498-1, és un model de referència pels protocols de xarxa, no és una arquitectura de xarxa. Aquest és un estàndard que té com a objectiu aconseguir interconnectar sistemes de procedència diferent, dels quals aquests es poden intercanviar informació sense cap tipus de d'impediment, a conseqüència dels protocols amb els que operava de forma pròpia segons el fabricant. Aquest model es divideix en 7 capes, Capa 7, capa d'aplicació, Capa 6, capa de presentació, Capa 5, capa de sessió, Capa 4, capa de transport, Capa 3, capa de xarxa, Capa 2, capa d'enllaç de dades i Capa 1, capa física. [15]

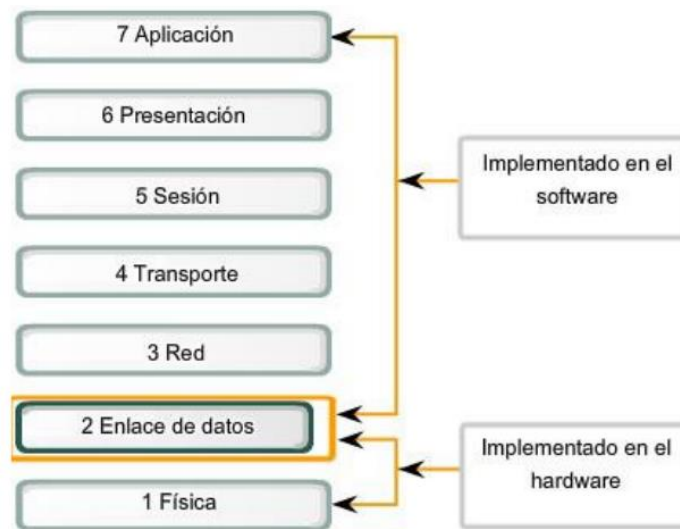


Fig. 2.9. Recopilació de les capes de la classificació OSI. Font: [16]

Taula 2.1. Taula del model OSI i les seves capes corresponents. Font: [15] [17]

Número	Nom	Responsabilitat	Exemples
Capa 7	Aplicació	Responsable dels serveis de xarxa per les aplicacions	FTP, HTTP, DNS, DHCP... Navegadors web, per exemple Firefox, Chrome
Capa 6	Presentació	Transforma el format de les dades i proporciona una interfície estàndard per la capa d'aplicació	ASCII , Unicode i EBCDIC

Capa 5	Sessió	Estableix, administra i finalitza les connexions entre les aplicacions locals i les remotes	Proporciona: Control del diàleg, agrupament i recuperació de dades
Capa 4	Transport	Proporciona transport fiable i control del flux a través de la xarxa, es coordina tot el transit i intercanvi de dades.	Protocols TCP i UDP, protocols de transmissió de dades i ports que s'utilitzaran
Capa 3	Xarxa	Responsable del direccionament físic i procediments lògic i el domini del enrutament	Routers, les direccions IP
Capa 2	Enllaç de dades	Proporciona direccionament físic i procediments d'accés a mitjans, fa que es transmetin les dades entre dos sistemes directament o entre altres sistemes a través d'una xarxa, dues subcapes, la LLC i MAC.	Els conmutadors, switch i dispositius pont, estàndard 802.3 (ethernet) i 802.11(wifi)
Capa 1	Física	Defineix totes les especificacions elèctriques i físiques dels dispositius	Cables de coure, cables de fibra, cable d'ethernet

2.3.3.1 Protocols de comunicació

2.3.3.1.1 Xarxa mallada o xarxa mesh

Una xarxa Wifi mesh o mallada és una xarxa composta per un router, una estació base i els seus satèl·lits o punts d'accés, els quals són capaços de comunicar-se entre si per conformar de cara a l'usuari una única xarxa, amb un únic identificador i una única contrasenya, a simple vista sembla que sigui el mateix que tenim en l'actualitat amb els routers i els repetidors però

no és així. Els repetidors es comuniquen només amb el router, en canvi amb la xarxa tipus mesh és aquesta capacitat per gestionar de forma avançada els elements de la pròpia mesh, com es pot observar en la Figura 2.10. Gestionant el trànsit i la situació de la pròpia xarxa de la forma més òptima possible, mirant l'estat dels altres nodes, el nombre de dispositius connectats a cada node, la potència de senyal o la pròpia distància entre ells, entre altres factors. Aquesta és la gran diferència respecte els repetidors. [18]

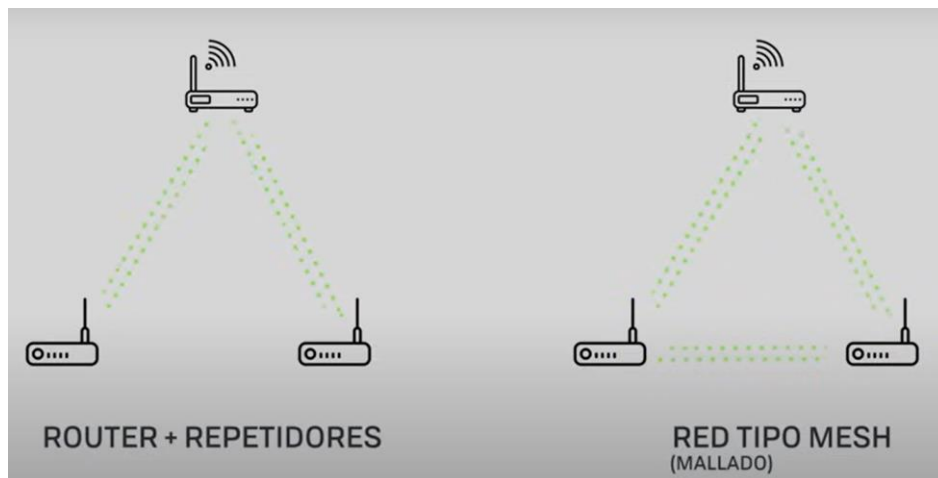


Fig. 2.10. Il·lustració del router més repetidors i de la xarxa mallada. Font: [18]

Dos dels protocols més coneguts per l'ús de xarxes mallades són el Zigbee i el Z-Wave que tot seguit s'estudiaran quina diferència hi ha entre aquests dos protocols i quins avantatges i inconvenients tenen.

2.3.3.1.2 Zigbee

Zigbee és un protocol de xarxa de malla que ha sigut dissenyat bàsicament per aplicacions com la domòtica i l'automatització d'edificis. Aquest protocol va ser aprovat el 14 de desembre del 2004, i està disponible per als membres del grup de desenvolupament de Zigbee Alliance, aquest protocol és de curta distància d'entre 10 i 20 metres i d'una baixa taxa d'enviament de dades, creant així un menor consum de la bateria dels dispositius connectats, Zigbee es pot utilitzar per per estendre la comunicació a través de múltiples dispositius. Té una capacitat de fins a uns 65000 dispositius connectats. Amb un rati de transferència de

dades d'uns 40-250 kbps i per usos industrials, científics i mèdics utilitza una banda ISM, concretament la 858 MHz a Europa, 915 MHz a Estats Units i 2,4 GHz en tot el món. Zigbee proporciona protocols, per altres usos com la digitalització de la salut i l'automatització. Aquest tipus d'escenaris dins d'un mateix estàndard no sempre funcionen bé junts. [19] [20]

2.3.3.1.3 Z-Wave

Z-Wave és un protocol de comunicació molt semblant al Zigbee, també és una xarxa mallada inhalàmbrica construït amb baixa potència de radiofreqüència, com el Bluetooth o el Wifi, Z-Wave connecta els dispositius entre si però de forma encriptada, donant un nivell de seguretat pel desplegament IoT. A diferència de Zigbee que és un estàndard obert gestionat per Zigbee Alliance, Z-Wave és un estàndard del qual el propietari és Silicon Labs. Això implica que Zigbee pugui accedir qualsevol empresa i adaptar-lo a les seves necessitats, un cas conegut seria el de Phillips per connectar les seves bombetes intel·ligents. A diferència de Zigbee amb els diferents usos dels protocols dins d'un mateix estàndard, amb Z-Wave no sorgeix aquest problema ja que funcionen en un ecosistema tancat fent que tots els dispositius funcionin correctament entre ells encara que siguin de diferents marques, ja que el fabricant ha demanat una llicència de Silicon Labs. El rang de Z-Wave és major que el de Zigbee, pot arribar a una distància de 100 metres amb la sèrie 700. Però el inconvenient de Z-Wave respecte Zigbee és el número de dispositius connectats, Z-Wave només pot connectar fins a 232 unitats en canvi Zigbee fins a 6500 aproximadament. El rang de transferència de dades de Z-Wave és d'uns 9,6-100 Kbps, les freqüències en les que treballa Z-Wave són de 868.40/ 868.42 /869.85 en Europa i de 908,4/ 908,42 / 916 en Estats Units. La possibilitat d'interferències és menor. [19] [20]

ZigBee	Z-Wave
Data Rate: 250kb/s	Data Rate: 40kb/s
Power Consumption: ~40mA	Power Consumption: ~2.5mA
Range: 10-20 meters	Range: 30-65 meters
Operates at 2.4GHz	Operates at 908MHz
Chips and modules available from multiple manufacturers	Chips only sold by Silicon Labs
Variable certification process	Strict certification process
Supports over 65,000 end nodes	Supports over 232 end nodes
More difficult to configure and set up	More user-friendly and easier to set up
More cost-effective	More expensive than Zigbee

Fig. 2.11. Diferències entre el protocol Zigbee i Z-Wave. Font: [16]

2.3.3.1.4 Bluetooth

Aquesta tecnologia utilitza un ampla de banda de 2,4 GHz i pot ser utilitzada per aplicacions de curta distància (<100 m), disposa de 79 canals, amb un ample de banda de 1MHz cada un. L'ample de banda es limita la velocitat de transmissió a 1Mbaud. Cada paquet es transmet per un canal diferent, així si la transmissió d'un paquet falla, aquest es retransmet utilitzant un altre dels canals. Les comunicacions per bluetooth es realitzen mitjançant la radiofreqüència de forma que els dispositius no tenen que estar alineats y poden inclús estar a diferents habitacions si la potència de transmissió és suficient, aquests dispositius es classifiquen segons la classe que fa referència a la potència de transmissió. [16] [21]

Taula 2.2 Classes de bluetooth. Font [Pròpia]

Classe	Potència Màxima permesa (mW)	Potència Màxima permesa (dBm)	Abast (aproximat)
Classe 1	100 mW	20 dBm	~100 metres
Classe 2	2,5mW	4dBm	~5-10 metres
Classe 3	1mW	0dBm	~1 metre
Classe 4	0,5mW	-3dBm	~0,5 metres

2.3.3.1.5 Wifi

El Wifi es defineix en els dos nivells més baixos de l'arquitectura OSI, és a dir, a la capa 2 d'enllaç de dades i la capa 1, la capa física. Apareix el 1997 i opera a la banda de 900 MHz. Dos anys després l'estàndard es modifica amb la denominació IEEE 802.11b, oferint velocitats de transferència entre 5 i 11 Mbps, treballant en la freqüència de 2,4 GHz. Posteriorment es va incorporar un estàndard a 5 GHz i compatible amb el 'b' amb el nom de 802.11g. Avui dia gran part dels productes del mercat utilitzen l'estàndard 802.11g amb la compatibilitat 802.11b. L'estàndard 802.11b i el 802.11g, amb una freqüència de 2,4 GHz, amb un ample de banda de 5MHz, divideixen aquest ample de banda en 14 canals. El mètode d'accés utilitzat és el protocol CSMA/CA. [16]

El protocol CSMA/CA, tracte de reduir el risc de col·lisió i el mateix temps introdueix un pla d'actuació en cas de que es produeixi. El protocol és especialment important en les transmissions realitzades en xarxes inhalàmbriques, ja que la circulació dels enviaments és més desorganitzada que per cable. [22]

2.3.3.1.6 Tecnologies LPWAN

Les tecnologies LPWAN, com diu les sigles, Low-power-wide-area-network, estan dissenyades per permetre una comunicació de llarga distància amb una taxa de bits o bit rate baixa, per poder-se comunicar amb sensors operats per bateries. D'aquesta manera es distingeixen de les wireless WAN, que aquestes han sigut dissenyades per connectar els usuaris amb els negocis, fent així que s'utilitzi moltes més dades. Les LPWAN solen tenir una taxa de bits d'entre 0,3 kbits/s fins a 50 Kbits/s per canal. Tot seguit es mostraran un parell de tecnologies LPWAN que s'utilitzen en el mercat.

2.3.3.1.6.1 LORA-LORAWAN

Lora és l'acrònim de long range és a dir llarg abast, és una tecnologia que permet comunicar dispositius a llarga distància, aquesta distància és de kilòmetres o centenars de kilòmetres, pertany a la família de LPWAN proposada per la Lora Alliance, és a dir és de baix consum, basada en la modulació Lora de l'empresa Semtech, la bateria d'aquests dispositius pot durar fins a anys, estar pensat per paquets petits de bytes, com per exemple les dades que recull un

sensor, una paraula, una frase, un codi tot allò que es pugui enviar amb 255 bytes, és de baixa velocitat. Usa una topologia d'estrella, els dispositius es connecten directament a la gateway (estació base), les gateways estan connectades via internet tradicional a un servidor de xarxa que coordina i controla la xarxa. Les dades entre dispositius i les gateways van xifrades a dos nivells. Les gateways desxifren part dels missatges per gestionar la xarxa, però les dades dels dispositius arriben xifrades al seu destí. Les freqüències de treball són de 868MHz (Europa), 915 MHz (Amèrica) i 433 MHz (Àsia). [23] [16]

Arquitectura de la xarxa LoRaWAN: [16]

- 1) End notes o nodes: Representen els dispositius finals o els sensors
- 2) Gateway: Recull o concentra les dades de varis nodes
- 3) Network server: Consolida les dades de les gateways per pujar-les a un servidor d'aplicació
- 4) Application server: Processa o monitoritza les dades consolidades

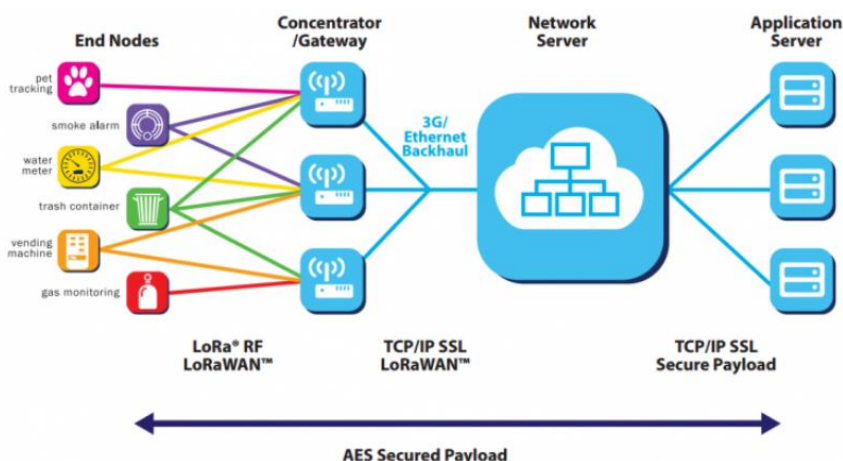


Fig. 2.12. Diagrama de blocs de l'Arquitectura LoRaWAN. Font: [24]

2.3.3.1.6.2 Sigfox

A diferència de LoRaWAN que és un estàndard tecnologia inalàmbrica, Sigfox és una companyia francesa, que aspira a convertir-se en el proveïdor de xarxes de IOT global. Aquesta tecnologia de banda estreta funciona amb freqüències sub-GHz en bandes de radio industrials, científiques i mèdiques (ISM): 868 MHz en Europa y 902 MHz els Estats Units.

En quan a la cobertura, Sigfox cobreix 23 països y més de 1,3 milions de Km². La companyia desplega les seves antenes amb l'ajuda de les empreses de telecomunicacions locals de tot el món. Per començar a integrar Sigfox serà necessari adquirir un mòdul de radio compatible així com un pla de subscripció per cada dispositiu (1\$ per any). [25]

Com a comparativa de Sigfox envers LORA, són xarxes que es posicionen de manera similar en el mercat de IoT, tenen importants diferències tecnològiques i de marketing. Sigfox aspira a convertir-se en un operador global de IoT, la aliança LoRa desitja proporcionar una tecnologia que permeti a altres empreses habilitar el Iot de forma global. [25]

	SIGFOX	LORA
Frecuencia	868/902 MHz (ISM)	433/868/780/915 MHz (ISM)
Alcance urbano	3-10 km	2-5 km
Alcance en campo	30-50 km	15-20 km
Tamaño de paquete	12 bytes	Definido por usuario
Nodos por punto	1M	100000
Topología	Estrella	Estrella

Figura. Taula de diferències de Sifox i LoRa . Font: [25]

2.3.3.1.7 Xarxes Mòbils

Tot seguit es descriuran les xarxes mòbil:

Originalment el 1G, la primera generació utilitzava el FDMA, que és l'accés múltiple per divisió per freqüència, que utilitza l'espectre de freqüències disponibles de manera ineficient, en canvi el 2G utilitza TDMA, que és l'accés múltiple per divisió de temps, la segona generació.

També va introduir un revolucionari servei de dades, SMS i navegació per internet, amb una velocitat de dades de 50Kbps. La tecnologia 3G, es centra en proporcionar una major velocitat de dades, per això utilitza una tècnica d'accés múltiple WCDMA (Wideband Code division Multiple Acces), aquesta tecnologia el que fa és que tots els usuaris transmeten a la vegada,

fent que no existeixi separació entre el temps i utilitzant el mateix ample de banda, al no existir separació en freqüència, podent ser discriminats perquè els usuaris se'ls assigna un codi que els identifica de forma unívoca.

A més a més l'ampla de banda és major, la velocitat 3G de 2Mbps, permet la transferència de dades per usos com GPS, vídeos, trucades de veu i etc. El 3G ha sigut un gran pas del telèfon bàsic a un telèfon intel·ligent després ha vingut el 4G amb velocitats de 20 a 100 Mbps això és adequat per pel·lícules i televisió d'alta resolució, aquesta major velocitat ha sigut possible gràcies a OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiple Acces) i a la tecnologia MIMO (Multiple Input Multiple Output), la tecnologia MIMO utilitza múltiples antenes transmissores/receptores tant en el interior dels telèfons mòbils com a les antenes, la tecnologia 5G utilitza tecnologia MIMO millorada i ones mil·limètriques proporciona una connectivitat sense fissures per recolzar el internet de les coses com els cotxes sense conductor i els habitatges intel·ligents. [26] Tot seguit es detallaran alguns aspectes d'aquestes tecnologies:

2.3.3.1.7.1 3G

La xarxa de telefonia mòbil 3G abreviació de la tercera generació de UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), aquesta tecnologia pot transferir informació a una tasa de bits de com a mínim 200kbps. Aquesta tecnologia obra les portes al accés a internet, dos branques importants de la tecnologia mòbil que conformen en 3G són: [27]

CDMA: (Code Division Multiple Access) Aquesta branca és un terme genèric per varis mètodes de multiplexació o control d'accés al medi, basats en la tecnologia d'espectre expandit. [28]

GSM: (Global System for Mobile Communications) Aquesta segona branca és un sistema el qual un client es pot connectar a través del seu telèfon amb el seu ordinador i enviar i rebre missatges. [29]

2.3.3.1.7.2 4G

La xarxa de telefonia mòbil 4G és l'abreviació de la quarta generació de tecnologies mòbil

4G, segons la UIT(Unió internacional de tecnologies), va crear el comitè IMT-Advanced per definir les especificacions, aquestes són les velocitats de transmissió de dades han de ser d'entre 100Mbps/s per una mobilitat alta i de 1Gbit/s pe una mobilitat baixa, inclou les tècniques avançades mencioandes anteriorment com a MIMO i OFDM. [30]

Avantatges del 4G respecte el 3G: [30]

-El 4G té major velocitat i cobertura

-A part d'augmentar la velocitat, redueix els temps de càrrega i descàrrega

-Existeix una ampla xarxa de cobertura 4G

-Els dispositius 4G també són capaços de connectar-se a xarxes 3G per garantir la cobertura a zones més remotes.

Inconvenients respecte el 3G:

-Els dispositius tenen major consum de bateria que els de 3G

-El 4G és una tecnologia més cara que la 3G

-En zones rurals amb cobertura limitada es pot connectar el xarxa 3G, però baixa la velocitat

2.3.3.1.7.3 5G

La xarxa de telefonia mòbil 4G és l'abreviació de la cinquena generació de tecnologies mòbil 5G, les velocitats del 5G són d'entre 50 Mbits fins a 4 gigabits/s, aquestes velocitats més altes són gràcies a la banda mil·limètrica, però el 5G de banda mitja proporcionarà velocitats d'entre 100 fins a 400Mbps/s. Aquest major ample de banda és l'avantatge principal, ja que proporciona una major velocitat de descàrrega, a conseqüència d'aquest increment no només s'espera que s'utilitzi per a telefonia mòbil sinó també per ordinador d'escriptori o portàtils per això es preveu un major ús en aplicacions de IOT i Machine to Machine. [31]

2.3.3.1.8 Protocols de Messaging

Avui dia es necessiten comunicacions que siguin real time, és a dir, al moment sense cap tipus de retard ni de microsegons, això és molt útil per temes de IOT, ja que molts processos són de

caràcter crític i necessitem una mínima latència i una gran velocitat, per això s'utilitzen els protocols de messaging.

Els protocols de messaging són una sèrie de sistemes de comunicació pensats per dispositius IOT tot i que a dia d'avui també s'utilitza per smartphones, es caracteritzen per ser escalables ja que es poden muntar per un nombre reduït de dispositius o per milers de dispositius, són molt segurs donat que moltes vegades, es tracta d'informació sensible o privada. A més a més són interoperables, això també és necessari ja que molts dispositius són de diferents marques i es necessiten compatibilitat entre ells.

Com funcionen?

Es poden distingir tres parts, Publisher, és qui crea la informació, Broker, és qui la gestiona i Subscriber, que és qui rep la informació. Per exemple, es fa servir un interruptor que encén i apaga un LED, aquesta informació creada, s'envia al broker, a través del publisher, el broker s'encarrega de gestionar-la i d'enviar-la a tots els subscriptors. Els subscriptors són altres dispositius que reben aquesta informació, li diuen al broker quin tipus d'informació volen rebre, és a dir els tònics i els subscriptors avisen al broker i el broker s'encarrega d'enviar-los. Figura 2.13 [32].

Hi ha diversos tipus de protocols, el MQTT, AMPQ, WAMP, CoAP, STOMP, XMPP i el WMQ, però s'analitzarà el AMPQ, MQTT i SOMP. [33]

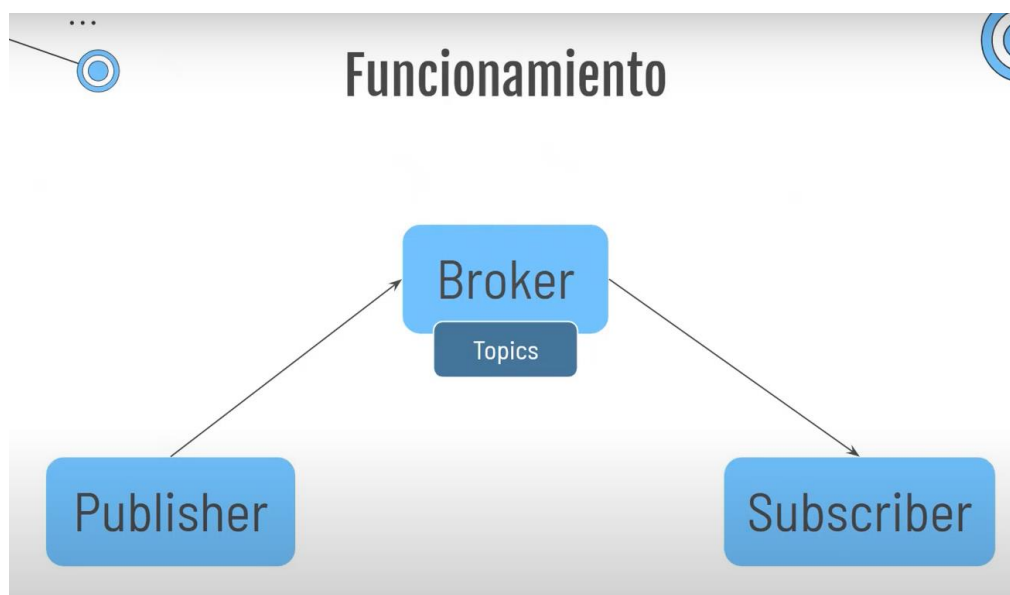


Fig. 2.13. Funcionament dels protocols de messaging. Font: [32]

2.3.3.1.8.1 AMQP

El AMQP conegut com a Advanced Message Queuing Protocol, aquest és un protocol de transmissió binaria que pot ser utilitzat amb qualsevol protocol de xarxa, que ofereixi fiabilitat com pot ser TCP, és un protocol interoperable, ja que pot utilitzar-se amb diferents protocols de xarxa i amb diferents brokers. Utilitza el patró de missatges publicador/subscriptor i afegeix cues de manera que el subscriptor consumeix els paquets quan vol, l'enruncament dels paquets està basat en tòpics i capçaleres. [32] [34]

L'arquitectura AMQP està basada en nodes i en contenidors, els nodes són les entitats responsables d'emmagatzemar i/o entregar missatges, amb el que seria un productor, un consumidor o una cua i un contenidor és l'aplicació on viuen els nodes, podria ser un client amb els seus corresponents productors i consumidors. Aquests nodes es poden organitzar en varies topologies com poden ser planes o topologies jeràrquiques. [32] [34]

AMQP – Arquitectura

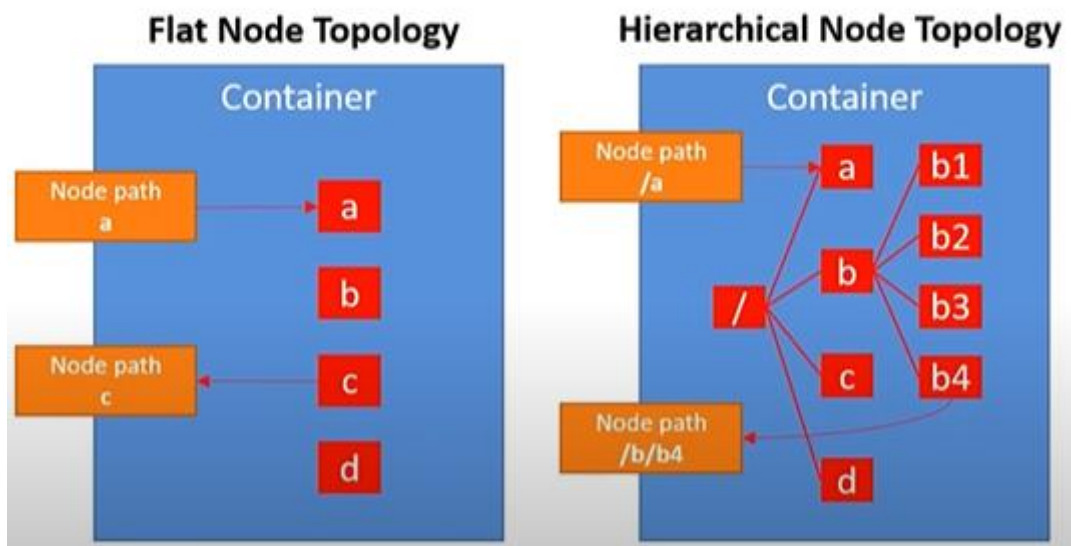


Fig. 2.14. Topologia AMQP. Font: [32] [34]

A nivell de transport, s'estableix una connexió indicant la versió del protocol el ús de seguretat o no i altres paràmetres per configurar el canal, aquesta connexió es divideix en canals unidireccionals multiplexats amb un identificador de canal per cada un i després de la

connexió s'estableix una sessió entre els dos contenidors de manera que es crea una comunicació bidireccional mitjançant l'ús de canals creats prèviament, finalment per intercanviar missatges es creen enllaços unidireccionals entre nodes que són els responsables de rastrejar l'estat d'aquest missatges. [32] [34]

El intercanvi de missatges entre el productor i el consumidor es realitza amb un broker que s'encarrega de gestionar les cues del protocol AMQP, on el broker rep missatges del productor i gràcies als enllaços, els envia a les cues corresponents pels consumidors, existeixen tres tipus d'intercanvi de missatges, els directes, mitjans l'ús de tòpics o en ventall. Els missatges directes s'envien els missatges a una cua i si la clau d'enrunament és igual a la clau de l'enllaç en aquella cua s'envia dita cua, amb el ús de tòpics es fan servir patrons com a claus d'enrunament i les cues poden utilitzar comodins per fer coincidir aquests patrons i en el ús de Fanout o ventall s'envien els missatges a totes les cues que estiguin connectades. [32] [34]

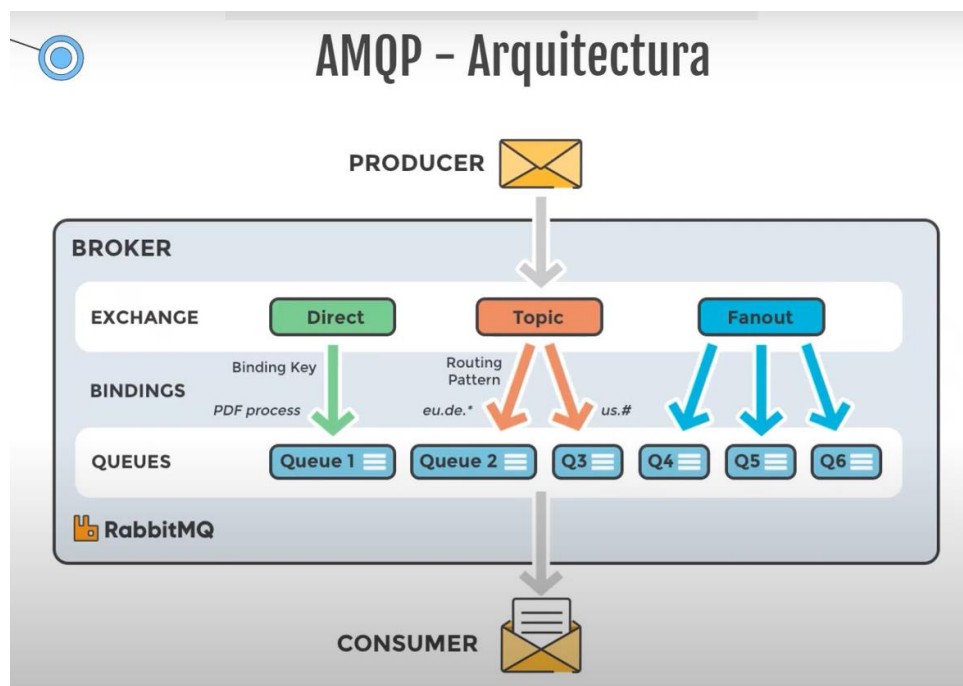


Fig. 2.15. Arquitectura AMQP. Font: [32] [34]

2.3.3.1.8.2 MQTT

MQTT conegut Message Queuing Telemetry Transport, el fet que posi queueing no implica que sigui un protocol de cua. Aquest protocol fa servir una arquitectura coneguda com a *publish-subscribe*, és un protocol de missatgeria lleuger per a casos de clients que necessiten una empremta de codi petita, que estan connectats a xarxes no fiables o amb recursos limitats d'ampla de banda. S'utilitza principalment amb comunicacions de màquina a màquina (machine to machine (M2M)) o connexions del tipus IOT.

Com a principal ús d'aquest protocol era per permetre els dispositius de monitoreig utilitzats a la indústria del petroli i el gas, enviessin les dades a servidors remots. Més tard el MQTT va ser estandarditzat com a codi obert per la *Organization for the Advancement of Structured Information Standards (OASIS)*.

MQTT s'executa sobre TCP/IP utilitzant una tipologia denominada PUSH/SUBSCRIBE, en l'arquitectura MQTT existeixen dos tipus de sistemes: els clients o subscriptors i els brokers. Un broker és el servidor amb el que es comuniquen els clients o subscriptors, rep les comunicacions de uns i els envia a uns altres. Els clients o subscriptors no es comuniquen directament entre si, sinó que es connecten amb el broker, cada subscriber pot ser suscriptor, editor o els dos. [32] [35]

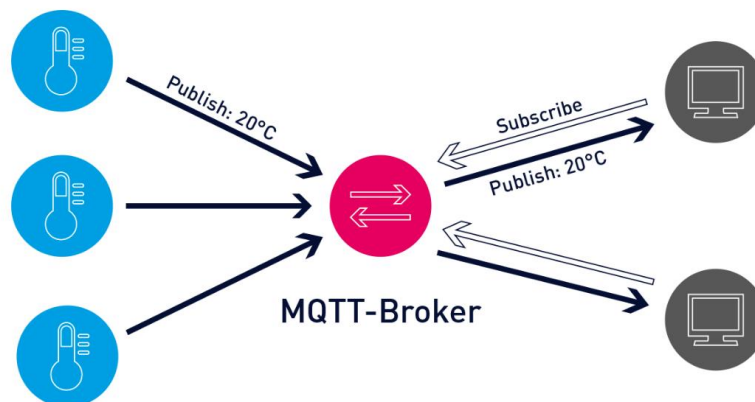


Fig. 2.16. Esquema del protocol MQTT. Font:[22][36]

Per aquest protocol existeixen tres nivells de qualitat de servei o QoS permet als dissenyadors de les xarxes escollir entre minimitzar la transmissió de dades i maximitzar la fiabilitat. Aquests nivells es divideixen en tres:

QoS nivell 0, o conegut com a *At most one*, el publisher s'encarrega d'enviar el missatge i no es preocupa si la rebut el broker o no, simplement l'envia i s'oblida. Sense cap tipus de confirmació, donat que aquest nivell assumeix que l'entrega està feta, no emmagatzema cap missatge pels publishers que estan desconectats.

QoS nivell 1, o conegut com a *At least one* el publisher envia el missatge indeterminadament fins que el broker confirma la seva recepció, el publisher envia un missatge el broker i el broker li torna un altre missatge dient-li he rebut aquest missatge, si això no passes el publisher estaria enviant indeterminadament una vegada i una altre fins a rebre una resposta del broker.

QoS nivell 2, conegut com a *Exactly once*, tot el procés es realitza una única vegada, realitzant-ho en quatre passos, per germanitzar que el missatge, ha sigut rebut una sola vegada. [32] [35]



Fig. 2.17. Il·lustració dels tres nivells de qualitat de servei (QoS) Font: [32] [35]

2.3.3.1.8.3 STOMP

El protocol STOMP o també conegut per Simple (o Streaming) Text Oriented protocol, és basat en comunicacions de text per intercanviar dades entre aplicacions i és molt més simple que MQTT, és similar a HTTP i permet comunicar-se amb qualsevol client que executi aquest protocol, per tant és interoperable, a més a més es pot utilitzar amb multitud de clients amb múltiples llenguatges com pot ser JAVA, JAVAscript, python, però tot i així és un protocol el qual no es fa un gran ús com el MQTT o el AMQP i tampoc està tant actualitzat com els altres, STOMP funciona sobre un protocol de xarxa bidireccional i fiable com pot ser TCP, no posseeix ni cues ni topics. Un client en STOMP, pot actuar com a productor o com a consumidor mitjançant diferents comandaments. [32]

Taula Resum dels protocols de messaging

Taula 2.3. Taula resum dels protocols de messaging. Font:[Pròpia i [33]]

Protocol	Descripció
MQTT	Destaca per ser lleuger i d'implementació fàcil, és apropiat per dispositius de potència baixa com els de IOT. Està optimitzat per el routing actiu d'un extens nombre de clients connectats de forma simultània
AMQP	Té un disseny amb la finalitat d'assegurar la confiabilitat i interoperabilitat. Està dissenyat per usos corporatius, amb un rendiment major en xarxes de baixa latència. No és tant adequat per aplicacions de IOT amb dispositius de recursos menors.
WAMP	És un protocol obert que executa sobre WebSockets i proveeix d'aplicacions de PubSub
CoAP	És un protocol pensat per utilitzar-se en dispositius de IOT de baixa capacitat. Fa servir el model REST de HTTP amb capçaleres limitades, afegint suport UDP, multicast i mecanismes de seguretat complementaris
STOMP	Protocol senzill que utilitza HTTP i missatges de text per esbrinar el màxim de interoperabilitat

XMPP	Protocol obert basat en XML dissenyat per aplicacions de missatgeria instantània
WMQ	Protocol de Message Queue desenvolupat per IBM

2.3.4 Sistema de control

El sistema de control és una part essencial del projecte que determinarà l'enfocament del disseny, no només per la part electrònica sinó també per la part mecànica, ja que depenent de com es distribueixi aquesta part, repercutirà el disseny i distribució de la plataforma. El sistema de control determinarà el control del robot neteja piscines, és a dir controlarà les següents parts:

- Motors (tracció de les rodes i absorció de la brutícia)
- Drivers dels motors
- Sensors (temperatura, posició, ... per determinar)
- Bateria
- Comunicació

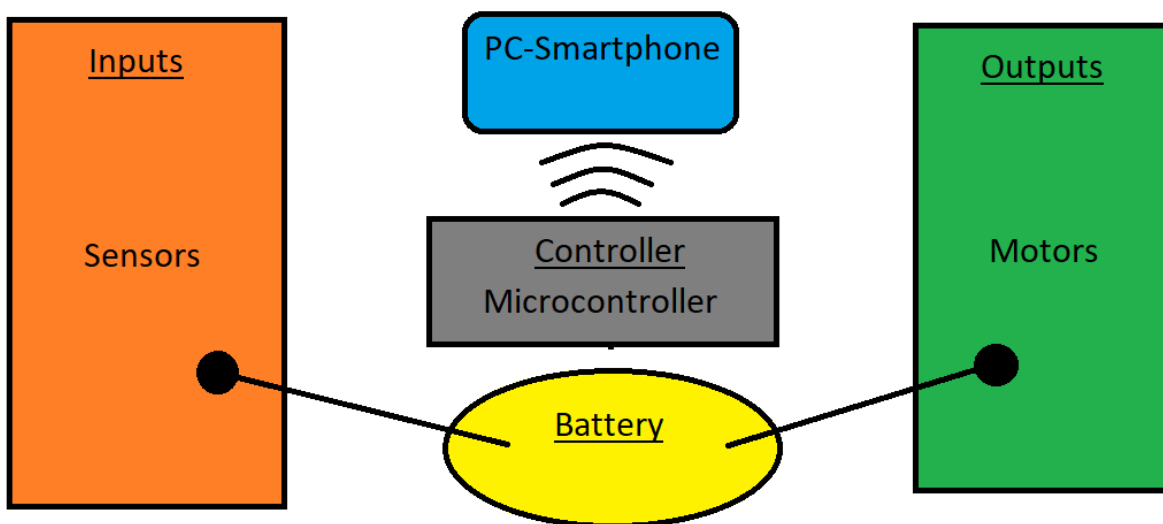


Fig. 2.18 Disseny de les parts de la plataforma (electrònica)

Donat que aquest projecte és un prototip, els motors escollits seran una aproximació del que s'utilitzaria en un robot de netejador de piscines, la bateria de les proporcions d'un robot de neteja estàndard, ja que això fa que provoqui un increment dels costos. Per això s'usaran motors i bateria més petits per la representació d'aquest prototip. La resta de components es faran a la mateixa escala per fer un prototip el més aproximat possible a la realitat.

2.3.4.1 Motors

S'ha de tenir en compte que els motors del robot de piscina necessiten un major parell degut al fregament amb l'aigua i la forta adherència que han de tenir les rodes o erugues, que solen tenir aquest tipus de robots. Molts d'aquests tenen la capacitat de no només netejar el fons de les piscines sinó també les parets d'aquestes. Els motors com han de ser controlats mitjançant una placa microcontroladora amb una bateria, han de ser motors de corrent contínua, per això tot seguit s'analitzen motors DC i no motors AC.

El motor *stepper* o també conegut com a motor pas a pas, és un motor DC *brushless* és a dir és un motor sense escobretes, aquest dispositiu electromecànic converteix els impulsos elèctrics en desplaçaments angulars discrets, aquests motors són capaços de girar una quantitat de graus depenent de les seves entrades de control. Es pot veure un exemple a la següent figura, Figura 2.19 [36]

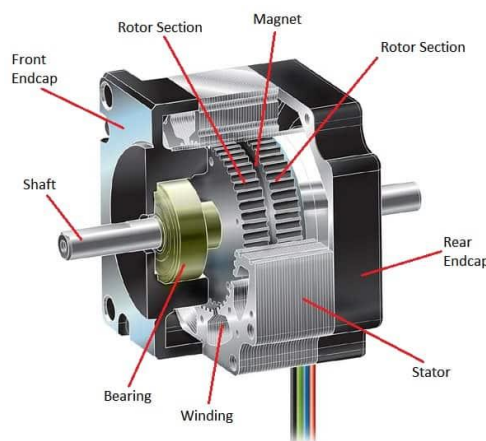


Fig. 2.19. Motor del tipus stepper. Font[Google Fotos]

El servo motor és un motor DC, que té la capacitat de ubicar-se en qualsevol posició dins del seu rang d'operació i mantenir-se estable en dita posició, aquest motor incorpora un sistema de regulació que pot ser controlat tant per velocitat com per posició. Aquesta regulació es fa

mitjançant una modulació per amplada de polsos o també conegut com a PWM. Es pot veure un exemple d'aquest motor en la següent figura, Figura 2.20 [37]

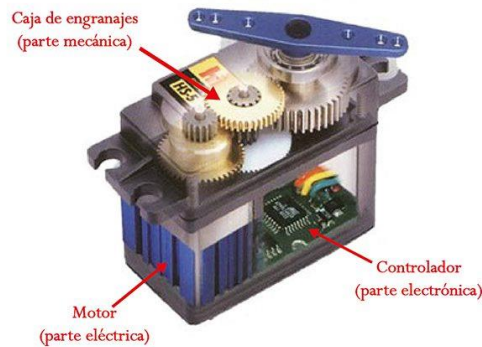


Fig. 2.20. Servo motor. Font [Google fotos]

Tot i que la forma d'ús d'aquests motors és molt similar, hi ha varies diferències, amb avantatges i inconvenients d'uns respecte l'altre, com per exemple la velocitat dels dos motors, el motor del tipus *stepping* és més lent a l'hora de moure's cap a una posició en concret, en canvi el servo motor té major velocitat, en la figura següent es recopilen les diferències entre un i l'altre, Figura 2.21.

Stepping Motor	Servo Motor
High torque in low speed	High torque in high speed
Faster positioning time during short strokes	Faster positioning time during long strokes
No hunting during stop position	hunting during stop position
High Tolerance movement of inertia	Low Tolerance movement of inertia
Suitable for low-rigidity mechanism like belt and pulley	No suitable for low-rigidity mechanism
High responsiveness (Synchronous operations easier)	Low responsiveness (Synchronous operations not easy)
Suitable for fluctuating loads	Not suitable for fluctuating loads
Tuning/Gain adjustment not required	Tuning/Gain adjustment required

Fig. 2.21. Diferències entre el stepping motor i el servo motor. Font: [37]

Després d'una breu pinzellada d'aquests dos motors cal concloure que no s'utilitzaran, ja que el robot de piscina es condueix de forma continuada, per tant com s'ha descrit anteriorment aquests motors són molt útils si és necessari una posició exacte. Donat que no és el cas queden descartats. Un cop descartats aquests dos tipus de motors, queden el brushless DC motor i el brushed DC motor.

El brushed motor o motor amb escombretes, generalment tenen un camp estacionari denominat *estator* fet de imants o electroimants i un *rotor* també denominat armadura, que rep el voltatge de la línia a través de les escombretes que toquen el commutador de forma contínua normalment amb l'ajuda de motlles, creant un electroimant, a mesura que el rotor gira per l'atracció dels pols oposats del electroimant amb els imants permanents de l'estator, es canvia de polaritat gràcies a que el commutador està dividit en diversos bobinats i les escombretes van tocant aquests fent que hi hagi un canvi de polaritat. En la següent figura es mostra un exemple d'un motor d'escombretes. Figura 2.22 [38]

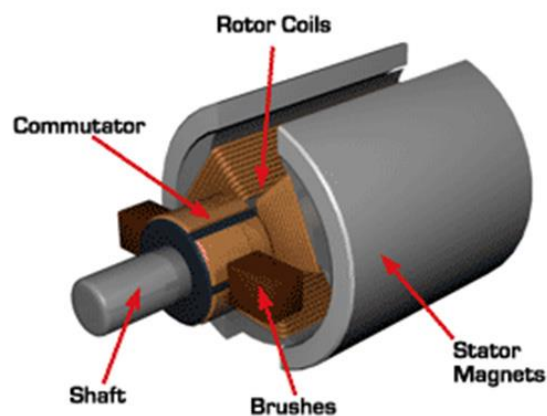


Fig. 2.22. Brushed motor o motor d'escombretes. Font [Google fotos]

El Brushless motor, el motor sense escombretes és un motor que el rotor és d'imants permanents, això ha de ser així ja que no es té cap contacte amb el rotor, en canvi el estator té electroimants energitzats mitjançant el debanat bobinat, aquesta és una diferència important, respecte els motors amb escombretes, ja que aquest pot tenir tant l'estator com el rotor, fet d'electroimants. Existeix una seqüència precisa d'excitació dels electroimants, que imposa els imants permanents a un moviment angular sempre de la mateixa direcció, lo més constant possible i amb igualtat de excitació, naturalment la seqüència és cíclica i el rotor continua mentre sigui alimentat repetint la seqüència. Per exemple, quan flueix el corrent de la bobina 1, els pols oposats del estator i del rotor, s'atrauen el un a l'altre, quan el rotor s'acosta a la bobina 1, la corrent anirà a través de la bobina 2, quan el rotor s'apropa a la bobina 2, l'electricitat fluirà per la bobina 3, aquest procés es repeteix contínuament en el interior del motor i d'aquesta manera assegura una rotació constant del rotor. En la següent figura es mostra el procés de les tres bobines, Figura 2.23 [39]

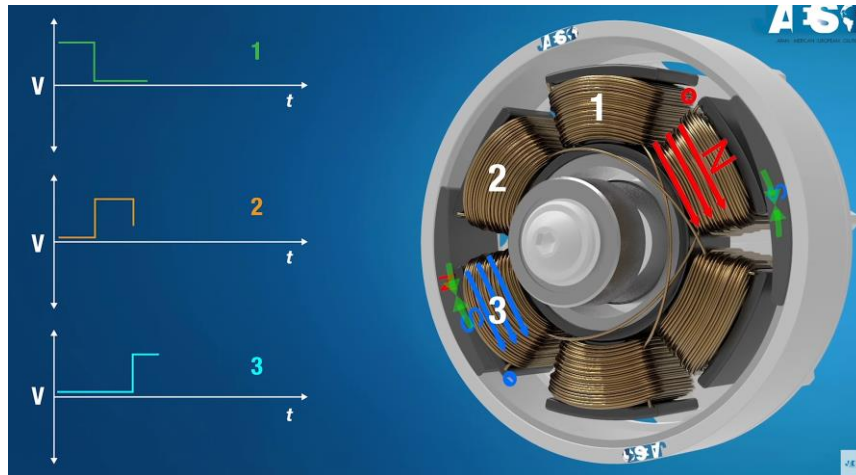


Fig. 2.23. Motor brushless o motor sense escombretes. Font: [39]

Els dos motors tenen grans prestacions, hi diferències entre ells, tal i com diu el nom dels dos un és el brushless és a dir sense escombretes i l'altre és el brushed, és a dir amb escombretes. El brushless motor és millor en molts sentits, ja que no necessita manteniment o el manteniment és irrisori comparat amb el motor d'escombretes, que s'ha de canvia periòdicament les escombretes, a conseqüència del fregament que tenen aquestes amb el commutador, fent que el motor sense escombretes tingui una alta eficiència, a més a més té menor soroll elèctric. Tot seguit es mostra una taula amb les diferències d'aquests dos motors. Figura 2.24.

Feature	Brushless DC Motor	Brushed DC Motor
Commutation	Electronic commutation based on Hall position sensors	Brushed commutation
Maintenance	Less or no maintenance	Periodic maintenance
Life	Longer	Shorter
Speed / Torque	Enable operations on all speeds with rated load	At higher speeds, brush friction increases and reduce torque
Efficiency	High	Moderate
Speed Range	Higher – No mechanical limitation due to contact	Lower – Mechanical limitations due to brushes
Electric Noise Generation	Low – because it has permanent magnets on the rotor, improves dynamic response	Arcs in the brushes will generate electric noise

Fig. 2.24. Taula comparativa del motor sense escombretes amb el motor amb escombretes. Font: [40]

Tot i que el motor brushless té moltes avantatges, també és més car i més difícil de controlar, ja que necessita un *software* més complexa, a més a més necessita electrònica addicional. Per tant queda s'escollirà un motor brushed o també conegut com a motor amb escombretes.

El motor escollit és el model 413-0622 del fabricant RS PRO [41], aquest motor tal i com diu el seu Datasheet, És de 12 V i consumeix un corrent de 190 mA sense càrrega, té un un parell de 1000 g*cm això equival a poder desplaçar 1 Kg de pes per cm, com que s'utilitzen 2 motors el pes que podrà desplaçar el robot serà de 2 Kg per centímetre, donat que el robot estarà sota l'aigua i per tant només portarà el pes dels dos motors que equival a 125 grams, el pes del motor d'aspiració que es mostra més endavant, de 69 grams i el pes dels sensors i circuit que pugui tenir aquests dos components el robot, apart del fregament amb l'aigua a l'hora de desplaçar-se, tot i així es podrà desplaçar sobradament sense cap inconvenient sota de l'aigua, a més a més tal i com es mostra en la Figura 2.25, una de les aplicacions d'aquest motor és el ús en robòtica, per tant es confirma que l'opció escollida és correcte . Tot seguit es mostren les especificacions generals i les especificacions elèctriques d'aquest motor, Figura 2.25.

General Specifications	
DC Motor Type	Brushed
Output Speed (No Load)	82 rpm
Gearhead Type	Spur
Application	Power tools, Water pumps, Camera Systems, Adjusting devices, Robotics, Fans

Electrical Specifications	
Power Rating	1.31W
Supply Voltage	12V dc
Current Rating (No Load)	190mA
Maximum Output Torque	1000 g.cm
Rated Tolerance Torque	1.0 kgf-cm Max
Max momentary Tolerance Torque	3.0 kgf-cm
Efficiency	65%

Fig. 2.25. Especificacions del motor extretes del Datasheet. Font: [41]



Fig. 2.26. Imatge del motor escollit per les rodes del robot, model 413-0622, RS PRO. Font: [41]

Pel motor de d'aspiració s'utilitzarà un motor amb menys parell donat que no cal tanta força per absorbir l'aigua, el motor escollit és el model 238-9721 del fabricant RS PRO, aquest motor té una tensió d'alimentació d'entre 3-7,2V i un corrent de 5,25 A, aquest corrent és més elevat que l'altre motor, a causa de la gran velocitat que pot arribar a girar, com diu a la Figura 2.28 les aplicacions principals d'aquest model de motor és per aspiradores, compressor d'aire, assecadors de cabell i eines de potència, és a dir el model escollit és correcte per la seva aplicació.



Fig. 2.27. Imatge del motor escollit l'aspiració del robot, model 238-9721, RS PRO. Font: [42]

General Specifications	
Output Speed	22356rpm
Maximum Output Torque	375gcm
Applications	Vacuum cleaners, Air Compressors, Hair Dryers, Power Tools

Electrical Specifications	
Supply Voltage	3V to 7.2V
Power Rating	19.68W
Current Rating	5.25A
Stall Current	Stall Current RE-380 at 7.2v = 11.2A

Mechanical Specifications	
Shaft Diameter	2.3mm
Core Construction	Iron Core
Dimensions	27.7mm (Dia.) x 38mm
Length	38mm
Width	27.7mm
Weight	69g

Fig. 2.28. Especificacions generals, elèctriques i mecàniques del motor per l'aspiració [42]

2.3.4.2 Drivers pels motors

Per controlar la velocitat i el sentit dels motors, avui dia es fan servir els drivers, aquests serveixen per variar la velocitat dels motors, pels motors de desplaçament del robot neteja piscines, s'utilitzaran 2 motors amb un circuit H-bridge cada un.

El circuit H-bridge té aquest nom per la forma del circuit que és similar a la lletra H on el mig hi ha el motor, funciona de la següent manera. Aquest circuit consisteix en 4 interruptors el Q1,Q2,Q3 i Q4 poden ser transistors BJT, PNP i NPN, amb aquest interruptors es poden crear diferents configuracions:

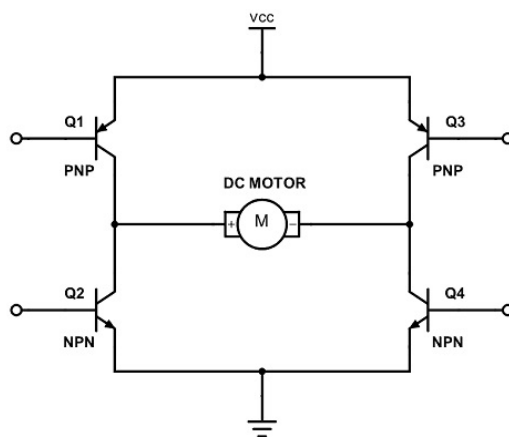


Fig. 2.29. Circuit H-Bridge. Font: [43]

Configuració Q1 ON i Q4 ON

Aquesta configuració és quan el transistor PNP Q1 està activat pel corrent de base fent que passi el corrent del emissor cap el col·lector, aquest segueix passant fins arribar el motor fent que giri en el sentit horari de les agulles del rellotge i tancant el circuit amb l'activació del transistor NPN Q4, la resta de transistors queden oberts és a dir en tall.

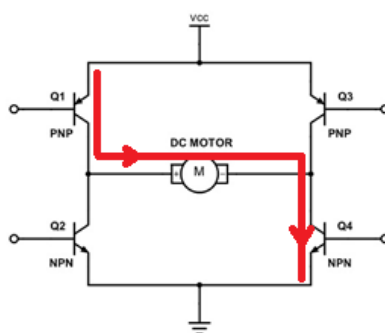


Fig. 2.30. Circuit H-bridge amb Q1 i Q4 conduint. Font: [43]

Configuració Q3 ON i Q2 ON

Aquesta configuració és la mateixa que abans però amb el transistor PNP Q3 activat i el transistor NPN Q2 activat fent que el motor giri en el sentit contrari de les agulles del rellotge.

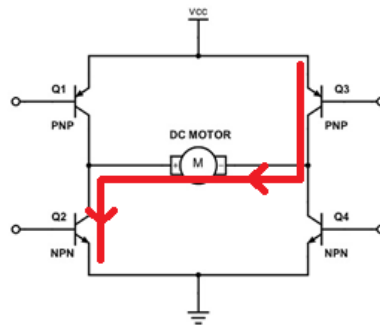


Fig. 2.31. Circuit H-bridge amb Q3 i Q2 conduït. Font: [43]

Direcció

Per a la direcció del robot neteja piscines funcionarà mitjançant els dos motors per les dues rodes, si els dos motors giren a la vegada cap endavant és a dir en sentit horari, vist des del perfil dret del robot, el robot anirà cap endavant. El mateix passa si els dos motors giren cap enrere, és a dir si giren en el sentit contrari de les agulles d'un rellotge mirant el robot des del perfil dret, el robot anirà cap enrere, en la figura següent es pot veure representat el robot des de planta. Figura 2.32.

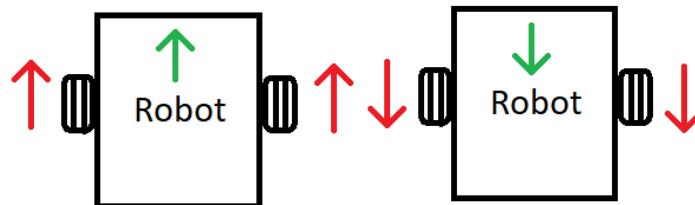


Fig. 2.32. Direcció del robot, endavant i enrere vist des de planta. Font: [Pròpia]

En canvi si el motor de l'esquerre vist des de planta, gira amb el sentit favorable a les agulles del rellotge i el motor de la dreta gira de forma contrària, el robot girarà cap a la dreta. Si el motor esquerre gira en sentit contrari a les agulles del rellotge i el motor dret gira a favor de les agulles del rellotge mirant el motor des del perfil dret, el robot girarà cap a l'esquerre veient-lo des de planta. Tal i com es veu representat a la figura següent. Figura 2.33.

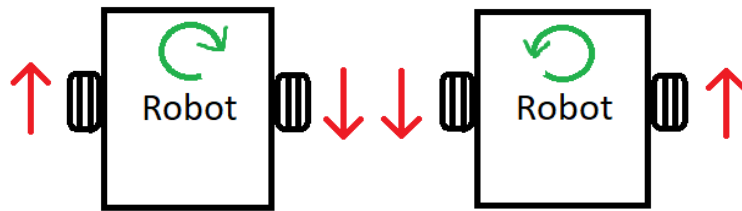


Fig. 2.33. Direcció esquerra i dreta del robot vist des de planta. Font:[pr3pia]

Pel tercer motor, el motor per aspirar la brutícia del fons de la piscina, no caldrà un circuit tant enrevessat sin3 nom3s l'encesa i apagada d'aquest quan el robot s'estigui movent.

Finalment el driver escollit pel control de motors 3s un L298N, aquest driver inclou el control de direcció del motor mitjançant dos circuits H-bridge com els explicats anteriorment, i el control de velocitat del motor amb entrades habilitades per control d'ampl de polsos o tamb3 conegut com a PWM.

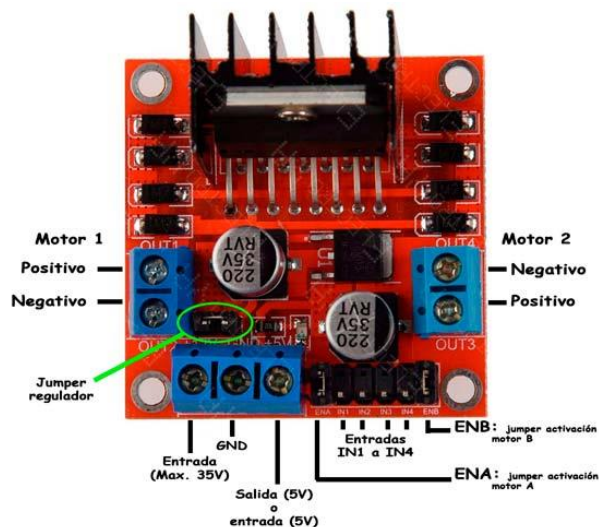


Fig. 2.34. Imatge del driver L298N. Font: [Google fotos]

Donat que els dos motors a controlar per la direcció i el desplaçament del motor, són de 12 V, s'extrauria el jumper regulador que es pot veure en la Fig.2.34, aquest jumper regulador serveix per controlar la tensió d'entrada del driver, si la tensió d'entrada 3s de 5 a 12 volts el jumper romandrà posat, si la tensió 3s de 12 – 35 volts com 3s el cas, s'haurà d'extreure el jumper, els dos motors es connectaran a les sortides OUT 1 i OUT 2 pel motor 1 i pel motor 2 en el OUT 3 i OUT 4 amb els seus positius i negatius corresponents, a m3s a m3s aquest

driver pot suportar una corrent de fins a 2A i pics de 3A, corrent de sobres per alimentar els dos motors de direcció.

Per controlar el motor d'aspiració, el que es farà és a través d'una sortida PWM, un transistor Darlington npn i una tensió de d'alimentació de 5V. Els transistors Darlington permeten un corrent de col·lector i d'emissor molt major que un transistor npn quotidià, amb això es controla l'encesa i apagada del motor d'aspiració. La corrent de base del transistor Darlington serà subministrada a través d'una sortida PWM mitjançant polsos que farà que el Darlington actuï com a commutador, el motor incorpora un díode en antiparal·lel de protecció, per evitar que la FEM que produeix el motor generi una tensió que cremi el transistor Darlington.

S'ha de tenir en compte de posar un díode en antiparal·lel, com a mesura de protecció, ja que el motor incorpora una bobina que produeix una força electromotriu. Quan el transistor darlington estigui en la zona de saturació no hi haurà cap problema ja que la corrent anirà cap a terra passant a través dels dos elements, però quan el transistor darlington està en tall, el que succeeix és que entre els terminals de motor pot augmentar la tensió i això pot ser perillós perquè el transistor darlington no té perquè poder suportar aquests nivell de tensió tant alt, pot ser que en col·lector del transistor s'estigui donant un valor excessivament gran, aquestes tensions poden arribar a ser de inclús 10 cops més grans. Per això es posa un díode en antiparal·lel permetent la circulació de corrent a través del díode. [44]

El díode escollit és SBRT20U50SLPQ del fabricant Diodes Incorporated [45], aquest díode té una tensió inversa de pic de treball (V_{rrm}) de 50V i una corrent de pic (I_{fsm}) de 200 A, a més a més d'una corrent de sortida (I_o) de 20 A, valors lo sobradament grans per suportar qualsevol pic. Aquests valors es mostren en la Figura 2.35

Maximum Ratings (@ $T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise specified.)

Single phase, half wave, 60Hz, resistive or inductive load.
For capacitance load, derate current by 20%.

Characteristic	Symbol	Value	Unit
Peak Repetitive Reverse Voltage	V_{RRM}	50	V
Working Peak Reverse Voltage	V_{RWM}		
DC Blocking Voltage	V_{RM}		
RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	35	V
Average Rectified Output Current	I_O	20	A
Non-Repetitive Peak Forward Surge Current 8.3ms Single Half Sine-Wave Superimposed on Rated Load	I_{FSM}	200	A
Non-Repetitive Avalanche Energy ($T_J = +25^\circ\text{C}$, $I_{AS} = 14.5\text{A}$, $L = 8.5\text{mH}$)	E_{AS}	640	mJ
Repetitive Peak Avalanche Energy (1 μs , $+25^\circ\text{C}$)	P_{ARM}	40000	W

Fig. 2.35. Valors màxims del díode SBRT20U50SLPQ

Electrical Characteristics (@ $T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise specified.)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Test Condition
Forward Voltage Drop (Note 7)	V_F	—	0.375 0.445	0.420 0.500	V	$I_F = 10\text{A}$, $T_J = +25^\circ\text{C}$ $I_F = 20\text{A}$, $T_J = +25^\circ\text{C}$
Leakage Current (Note 7)	I_R	—	0.144 —	0.500 100	mA	$V_R = 50\text{V}$, $T_J = +25^\circ\text{C}$ $V_R = 50\text{V}$, $T_J = +125^\circ\text{C}$
Total Capacitance	C_T	—	350	—	pF	$V_R = 50\text{V}$, $f = 1\text{MHz}$
Reverse Recovery Time	t_{rr}	—	48	—	ns	$I_F = 0.5\text{A}$, $I_R = 1.0\text{A}$, $I_{rr} = 0.25\text{A}$, RG1

Notes: 6. Device mounted on Al substrate PCB (30mm*30mm) with additional heat sink (Al 48mm*35mm*80mm)
7. Short duration pulse test used to minimize self-heating effect.

Fig. 2.36. Característiques elèctriques del díode SBRT20U50SLPQ

Donat que el motor treballa a una corrent de 5,25 A i una stall current de fins 11,2 A, que és el corrent quan el motor se li aplica alimentació, però el eix no gira, fent que es produeixi el parell màxim del motor a velocitat 0, creant aquest pic de corrent. Per això s'ha escollit un transistor Darlington capaç de suportar fins a 15 A de corrent de col·lector, aquest transistor és el BU931 del fabricant ST. [46]

Table 2. Absolute maximum ratings

Symbol	Parameter	Value			Unit
		BU931	BU931P	BU931T	
V_{CES}	Collector-emitter voltage ($V_{BE} = 0$)	500			V
V_{CEO}	Collector-emitter voltage ($I_B = 0$)	400			V
V_{EBO}	Emitter-base voltage ($I_C = 0$)	5			V
I_C	Collector current	15		10	A
I_{CM}	Collector peak current	30		20	A
I_B	Base current	1			A
I_{BM}	Base peak current	5			A
P_{TOT}	Total dissipation at $T_C = 25\text{ °C}$	175	135	125	W
T_{STG}	Storage temperature	-65 to 200	-65 to 175		°C
T_J	Max. operating junction temperature	200	175		

Fig. 2.37. Valors màxims absoluts del transistor darlington BU931. Font: [46]

Table 4. Electrical characteristics

Symbol	Parameter	Test conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{CES}	Collector cut-off current ($V_{BE} = 0$)	$V_{CE} = 500\text{ V}$ $V_{CE} = 500\text{ V}$ $T_C = 125\text{ °C}$			100 0.5	μA mA
I_{CEO}	Collector cut-off current ($I_B = 0$)	$V_{CE} = 450\text{ V}$ $V_{CE} = 450\text{ V}$ $T_C = 125\text{ °C}$			100 0.5	μA mA
I_{EBO}	Emitter cut-off current ($I_C = 0$)	$V_{EB} = 5\text{ V}$			20	mA
$V_{CEO(sus)}^{(1)}$	Collector-emitter sustaining voltage ($I_B = 0$)	$I_C = 100\text{ mA}$ $L = 10\text{ mH}$ $V_{clamp} = 400\text{ V}$ see Figure 14	400			V
$V_{CE(sat)}^{(1)}$	Collector-emitter saturation voltage	$I_C = 7\text{ A}$ $I_B = 70\text{ mA}$ $I_C = 8\text{ A}$ $I_B = 100\text{ mA}$ $I_C = 10\text{ A}$ $I_B = 250\text{ mA}$			1.6 1.8 1.8	V V V
$V_{BE(sat)}^{(1)}$	Base-emitter saturation voltage	$I_C = 7\text{ A}$ $I_B = 70\text{ mA}$ $I_C = 8\text{ A}$ $I_B = 100\text{ mA}$ $I_C = 10\text{ A}$ $I_B = 250\text{ mA}$			2.2 2.4 2.5	V V V
$h_{FE}^{(1)}$	DC current gain	$I_C = 5\text{ A}$ $V_{CE} = 10\text{ V}$	300			
V_F	Diode forward voltage	$I_F = 10\text{ A}$			2.5	V
	Functional test	$V_{CC} = 24\text{ V}$ $L = 7\text{ mH}$ $V_{clamp} = 400\text{ V}$ see Figure 11	8			A
t_s t_f	Inductive Load Storage time Fall time	$I_C = 7\text{ A}$ $V_{clamp} = 300\text{ V}$ $I_B = 70\text{ mA}$ $L = 7\text{ mH}$ $V_{BE} = 0$ $R_{BE} = 47\text{ }\Omega$ $V_{CC} = 12\text{ V}$ see Figure 13		15 0.5		μs μs

1. Pulse test: pulse duration $\leq 300\text{ }\mu\text{s}$, duty cycle $\leq 2\%$

Fig. 2.38. Característiques elèctriques del transistor Darlington BU931. Font: [46]

Donat que la sortida del PWM és de fins a 3,3V i el transistor de darlington entre en saturació amb una corrent base de 70 mA, quan hi passa una corrent de col·lector de 7A que correspondria el cas del motor, s'haurà d'ajustar aquesta corrent tant petita d'entrada, amb una resistència en sèrie, el valor d'aquesta es calcula de la següent manera:

$$V = I * R \rightarrow R = \frac{V}{I} = \frac{3,3 V}{0,07 A} = 47,14 \text{ ohms}$$

$I = I_b = \text{Intensitat de base} = 70 \text{ mA} = 0,07 \text{ A}$

$V = 3,3 \text{ V} = \text{tensió de sortida del PWM}$

Tot seguit a la següent Figura, Figura 2.39, es mostra el esquema de tot el circuit amb la tensió d'alimentació de 5 Volts a dalt de tot, en sèrie amb el motor d'absorció de brutícia, tenint en antiparal·lel el díode de protecció. En sèrie el motor es troba el transistor darlington amb la resistència calculada anteriorment en sèrie a la base del transistor, que també estarà en sèrie a l'entrada PWM i el col·lector del transistor es troba a terra.

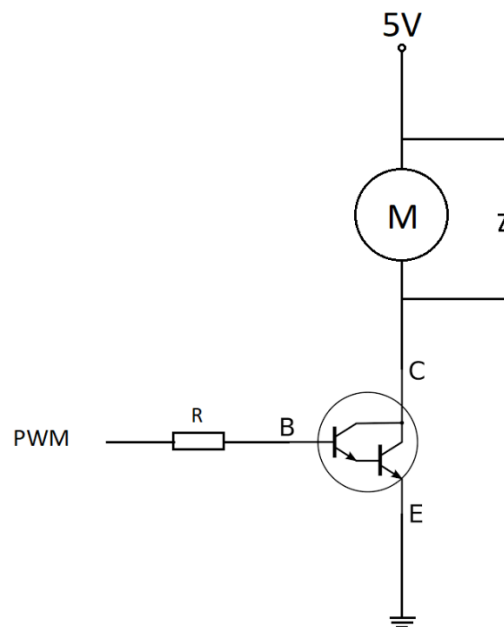


Fig. 2.39. Circuit de control de motor d'absorció de brutícia. Font:[pròpia]

Per realitzar el control de la plataforma s'usarà un microcontrolador amb connexió Wifi per la transmissió de dades a una plataforma IOT, en aquesta plataforma l'usuari serà capaç de rebre les dades proporcionades pels sensors de la plataforma i del robot per saber l'estat d'aquests. A més a més es realitzarà un App per smartphone d'on poder controlar el robot a través de la plataforma.

Per la realització d'això s'utilitzarà una placa microcontroladora i es dissenyarà una PCB per tota la part complementària i/o necessària pel funcionament de la plataforma, en el següent subapartat s'aprofundeix molt més en quin tipus de microcontrolador és necessari escollir per els requeriments electrònics.

2.3.4.3 Microcontrolador de placa única

Un single-board microcontroller o microcontrolador de placa única, és un microcontrolador construït sobre una PCB (printed circuit board). La intenció d'aquesta placa és la utilitat immediata per un desenvolupador d'aplicacions, sense la necessitat de gastar temps en i esforç pel desenvolupament d'un hardware de control. La creació d'aquesta placa proveeix amb tot el necessari per una útil tasca de control com un microprocessador, circuits I/O, un generador de rellotge, RAM, programa d'emmagatzematge de memòria i qualsevol suport necessari per un circuit integrat. [47]

Hi ha diverses marques de plaques microcontroladors amb diferents models per diferents usos, com per exemple Arduino UNO, Raspberry Pi, STM32, Texas Instruments, tal i com diu l'apartat de requisits, la plataforma haurà de tenir connectivitat a un Smartphone o a un PC, per això ha de disposar d'un mòdul Wifi, l'opció escollida és la ESP32 DevKit.

El ESP32 és un xip de la família SoC, que és un acrònim que prové de l'anglès *System on a Chip* i que significa sistema en un chip, de la marca Espressif aquest chip inclou Wifi, bluetooth i altres característiques que es mostraran més endavant.



Fig. 2.40. Xip ESP32 Font: [48]

El xip ESP32 es pot utilitzar de dues formes diferents, en una PCB o ja muntat en un kit de desenvolupament, la segona opció és la utilitzada en aquest projecte, ja que el kit de desenvolupament porta tot el necessari per la realització del projecte, el model del kit és la ESP32-DevKitC V4 board.

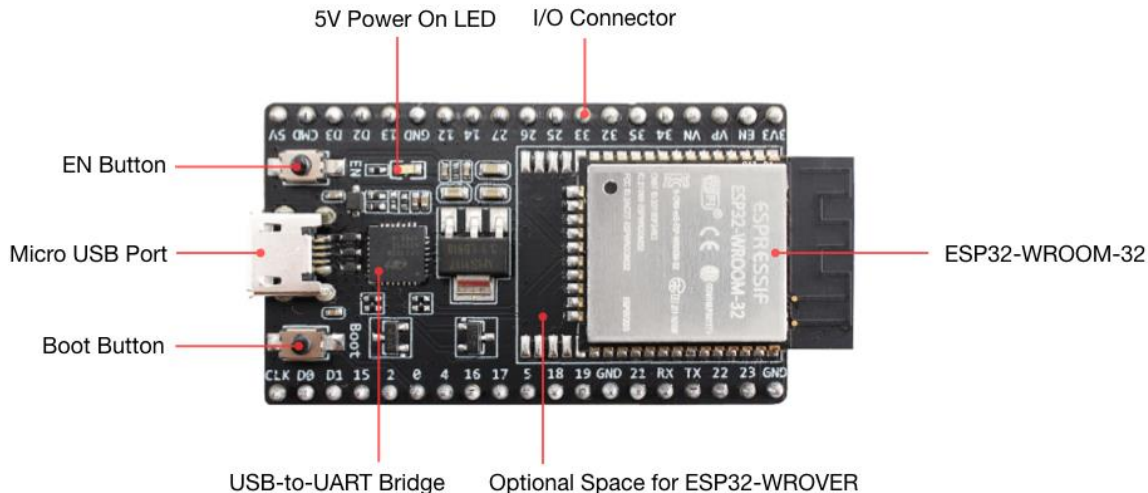


Fig. 2.41. ESP32-DevKitC V4 amb ESP32-WROOM-32 module. Font: [49]

Aquesta placa disposa d'un port Micro USB per programar-la o subministrar-li energia, el voltatge d'alimentació és de 5V , el processador és Xtensa dual-core 32-bit a una freqüència d'operació de 240Mhz, també té un co-processador Deep sleep, és a dir pot realitzar operacions d'ultra baix consum. Disposada d'una memòria ROM de 448 Kb, és a dir la memòria de lectura/escriptura, no la podem reprogramar, destinada principalment a l'arrencada del

Wifi i el bluetooth, també té una memòria interna de SRAM interna de 520 Kb, aquesta memòria és utilitzada pel processador per emmagatzemar tant dades com instruccions. Conté una memòria SRAM RTC de 16 Kb aquesta memòria és utilitzada per co-processador quan el dispositiu es troba en mode Deep Sleep i una memòria flash, aquesta memòria és on s'emmagatzema el codi de l'aplicació a realitzar, aquesta és de 4 Mb. Disposa de 25 pins digitals i 34 GPIO, 4 SPI, 3 UART, 2 I2C un ADC de 12 bits a part del Wifi IEEE 802.11 de 2.4 GHz i un bluetooth de 4.2 i BLE. Tot això està resumit a la següent figura. Figura 2.24 [49] [50]

ESP32-DevKitC

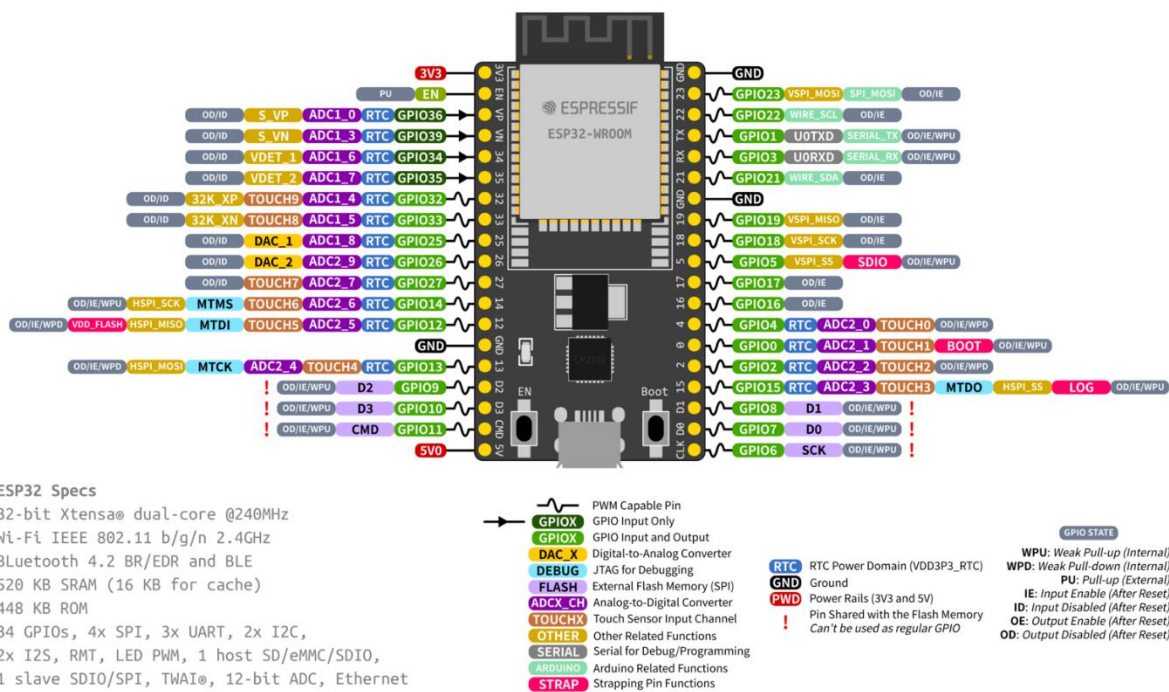


Fig. 2.42. Esp32 DevkitC Pin Layout. Font: [49]

2.3.4.4 Bateria

La bateria és un element important en el disseny tant per l'electrònica i sobretot per la mecànica, ja que gran part del pes de l'electrònica és a causa d'aquest component, fent que influeixi molt en la flotabilitat i la estabilitat de la plataforma. En els requisits, s'ha estipulat perquè la plataforma pugui funcionar 1 hora sense interrupcions, per això s'ha de tenir en compte tots els apartats anteriors, el consum dels tres motors, el consum de la placa microcontroladora, els drivers i possibles sensors que es puguin afegir en el robot.

Un altre dels requisits és que la plataforma sigui endollable a un endoll Europeu, és a dir a un endoll tipus C.

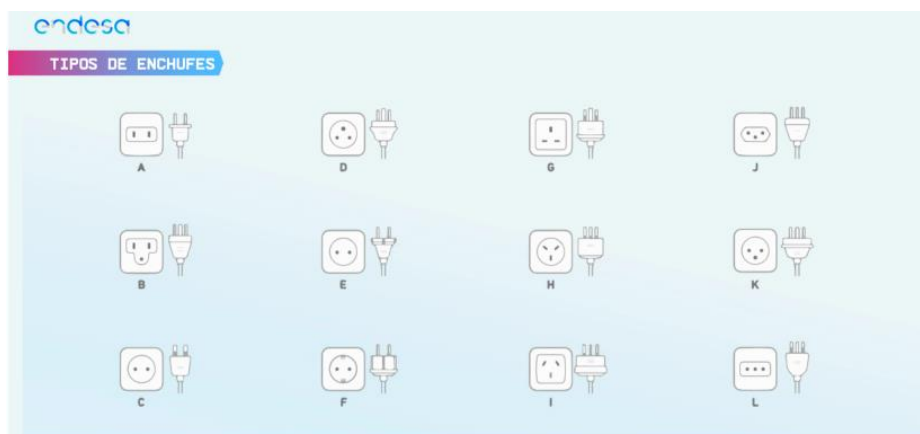


Fig. 2.43 Tipus d'endolls. Font: [3]

Primer de tot s'ha d'entendre les especificacions d'una bateria, per poder escollir la més adient. En una bateria hi ha diversos paràmetres que s'han de tenir en compte, aquests són la tensió en Volts i la càrrega elèctrica en coulombs segons el sistema internacional, però es sol utilitzar els Ah, els ampers hora o inclús els Mil·liampere hora (mAh).



Fig. 2.44. Bateria recargable 700 mAh a 2,4V Font.[Google fotos]

Un exemple seria el cas de la Figura 2.44 la bateria és de 700 mAh això equival a 700 Ma en 1 hora o 1400 Ma durant 30 minuts.

Tot seguit es mostra el consum dels components de la plataforma. Taula 2.4

Taula 2.4. Taula resum del corrent i la tensió dels components de la plataforma. Font: [Pròpia]

Component	Corrent	Tensió
Placa Microcontroladora ESP32	Mode: -Deep sleep: 7 μ A -LightSleep: 1 Ma -Normal (240 MHz): 50 Ma -Relloige processador reduït (3 MHz): 3,8 Ma -Funcionament WIFI: 80-180 Ma (cas més desfavorable)	5V o 3.3V [49]
Motors (direcció) x2	190 Ma (no load), 500 Ma (corrent de càrrega aproximat)	12 V [51]
Motor (aspirador)	5,25 A	3V fins a 7,2V [52]
Drivers		
Sensors	Exemple: Ultrasonic sensor 10 Ma	5V
Total	180 Ma + (500 Ma*2)+ 5,25 A + 10 Ma = 6.44 A ~ 7A	

Per tant la tensió total és de 7 A tal i com s'ha calculat en la Taula 2.4. donat que un dels requisits és que el robot neteja piscines funcioni durant el temps de 1 hora, seria necessari obtenir una bateria de 7Ah o 7000 mAh amb una tensió de 12 V per com a mínim alimentar els motors de direcció, que es faran a través del driver.

Per alimentar el Esp32 es necessita una tensió d'entrada de 5 V, com que la bateria serà de 12 V, ja que el motor de direcció necessita 12 V per funcionar, s'haurà de reduir aquesta tensió de 12 V a 5V, per això es pot fer de 3 formes diferents, la primera és fent un divisor de tensió amb dues resistències i utilitzant un díode schottky per evitar corrents inverses cap a la bateria. Aquest mètode no és eficient ja que les resistències consumeixen part de l'energia de la bateria.

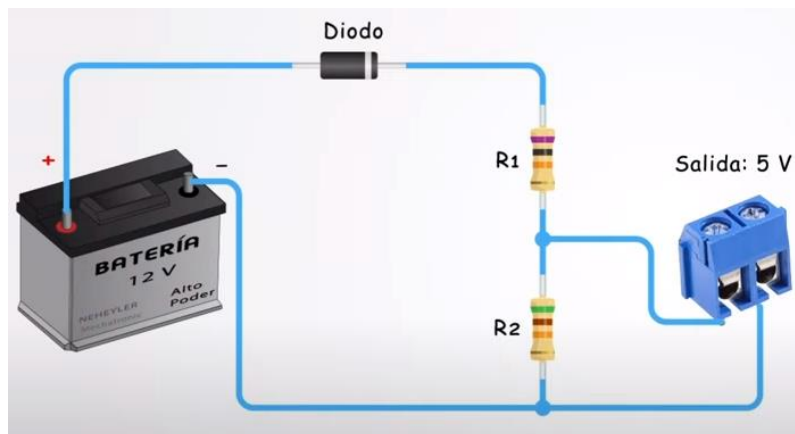


Fig. 2.45. Circuit reductor de tensió amb divisor de tensió [51]

La segona opció és utilitzar un regulador LM7805, junt amb un parell de condensadors proporcionant 5V a la sortida, aquesta opció és més eficient que l'anterior.

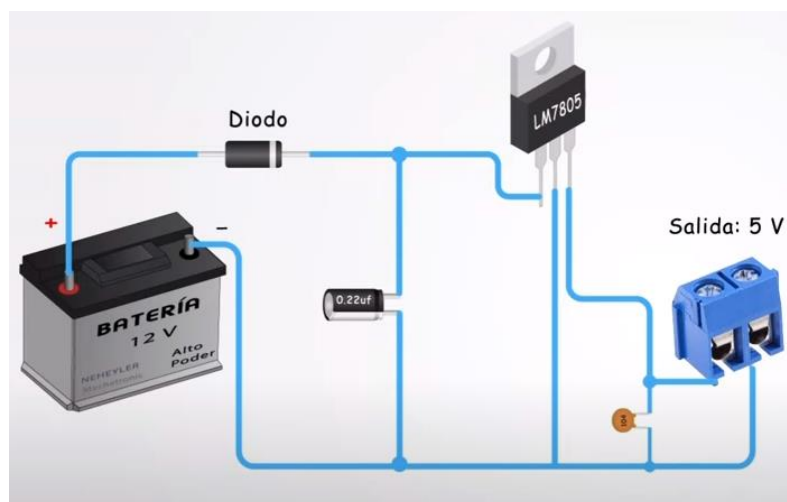


Fig. 2.46. Circuit reductor de tensió mitjançant el regulador LM7805 [51]

La tercera opció és utilitzar un convertidor reductor buck, és molt útil per circuit de potència i és l'opció més eficient, a més a més proporciona una tensió de sortida que es pot regular amb un potenciòmetre.

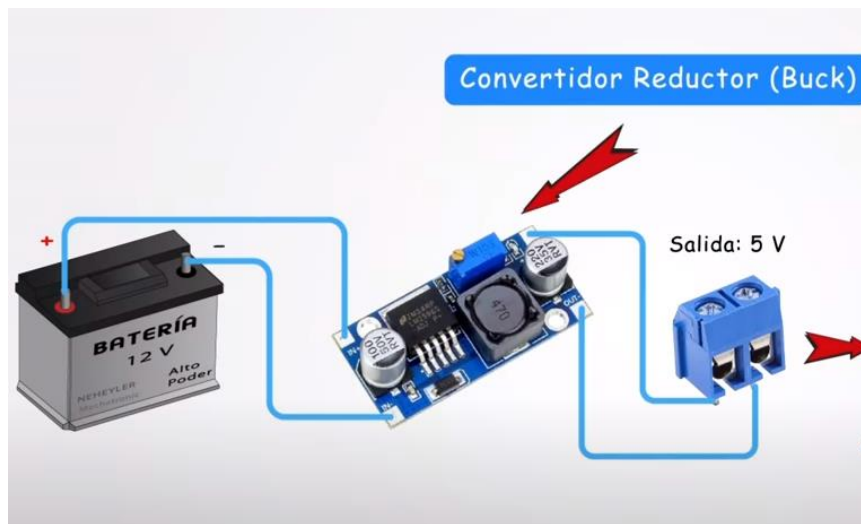


Fig. 2.47. Circuit reductor de tensió mitjançant un convertidor reductor Buck [51]

Finalment l'opció escollida és la tercera, el convertidor reductor buck per la seva flexibilitat en quant a la regulació de tensió i la seva eficiència.

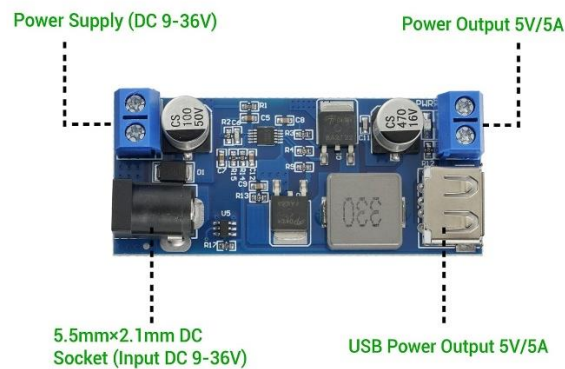


Fig. 2.48. Convetidor Buck de 9-36V a 5V/5A [52]

Un cop tenim les especificacions de la bateria que són 12V a 7000 mAh i recarregable, tot seguit es detallen els tipus de bateria que hi ha i quina és la més convenient, sense explicar el funcionament d'aquestes ja que no és l'objecte d'aquest apartat. Avui dia hi ha molts tipus

de bateries recarregables, la més utilitzades amb més freqüència són: Plom-àcid, Níquel-cadmi,

Níquel-metall hidrur, Ions de liti i polímer de ions de liti.

Bateria de Níquel-cadmi (NiCd)

Aquesta bateria ha sigut prohibida en la unió europea des de l'any 2004, ja que el cadmi és un element tòxic.

Bateria de Níquel-metall hidrur (NiMH)

Funciona com la bateria de Níquel-cadmi però donat que el cadmi és tòxic, se substitueix per un aliatge de hidrur metàl·lic, a més a més té una major capacitat de càrrega entre dos i tres vegades més que la bateria feta de NiCd

Bateria de Ions de liti

També nomenada com a bateria Li-ion, és la predominant en el mercat per l'ús de dispositius electrònics portables, les propietats d'aquest tipus de bateria són la lleugeresa dels seus components, l'elevada capacitat energètica i l'elevada resistència a la descàrrega. Tot i així té una ràpida degradació i sensibilitat a altes temperatures, que pot provocar la inflamació o explosió d'aquesta, fent que sigui un perill per l'ús, per això s'han d'incorporar mecanismes addicionals de seguretat.

Bateria de Polímer de liti

La bateria de Polímer de liti també coneguda com a LiPo, aquest tipus de bateria emmagatzema molta energia en molt poc espai és a dir tenen molta densitat d'energia, a més a més poden tenir moltes formes fent que sigui fàcil de incorporar en qualsevol disseny mecànic. Tot així són bastant delicades igual que les bateries d'Ions de liti, aquesta també pot inflamar

Finalment la bateria escollida és una bateria feta d'Ió de liti, tal i com es mostra en la Figura 2.49, s'ha escollit aquesta bateria perquè compleix amb els dos requisits que s'han descrit a l'apartat de requisits electrònics amb els 12V i 7000mAh fent que la plataforma estigui operativa durant 1 hora de funcionament. A més a més incorpora un carregador Europeu, complint l'altre requisit de la bateria, aquesta és de la marca és Sutenai d'origen Xinès.



Fig. 2.49. Bateria escollida, 12 V 7000 mAh, Sutenai [53]

2.3.4.5 Connexions de tota l'electrònica

En aquest apartat s'analitza com es connectaran tots els components electrònics de la plataforma per tal de funcionar de manera correcta. Primerament, els motors aniran connectats de direcció aniran connectats en el driver LN298, en el OUT1 i el OUT2 per un motor i en el OUT3 i OUT4 pel segon motor, la bateria que alimentará tota l'electrònica es connectará directament en el driver LN298 per alimentar els dos motors de direcció, connectant-la en el pin de 12V i GND del driver, a més a més s'haurà de desconnectar el jumper que hi ha perquè puguin haver-hi 12V. D'aquests dos cables mateixos s'extreu en paral·lel dos cables positiu i negatiu que aniran connectats en el convertidor reductor buck, aquest reduirà la tensió de 12V de la bateria, a 5V per poder alimentar el ESP32.

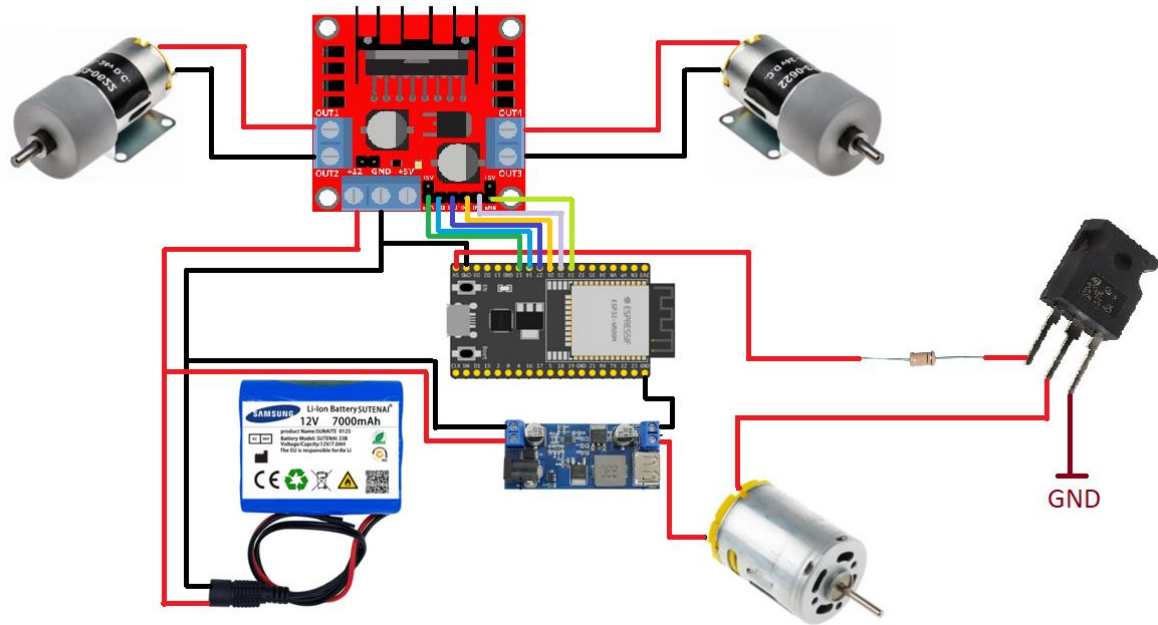


Fig. 2.50. Connexionat de tota la part electrònica. Font [pròpia]

3. Desenvolupament del projecte

En aquest bloc es desenvolupa tot el projecte d'electrònica què és el “cervell” del projecte, on es controla el funcionament del robot netejador de piscines, per això és clau tan el software com el hardware per un bon desenvolupament de tot el projecte. Els requisits llistats en el avantprojecte es veuen reflectits en aquest bloc, per això es llisten tot seguit amb una numeració:

- Requeriment 1: Endollable a qualsevol endoll Europeu
- Requeriment 2: Bateria per com a mínim 1 hora de funcionament
- Requeriment 3: Connexió i control amb la plataforma des d'una APP per smartphone o des d'un cloud per PC
- Requeriment 4: Sensors pel posicionament del robot
- Requeriment 5: Sistema de seguretat electrònic pel cas de curtcircuit
- Requeriment 6: Motors de tracció del robot i motor d'absorció de brutícia

3.1 Metodologia

La metodologia és com i de quina forma es desenvoluparà el projecte, per això, s'ha de tenir en compte tot el que s'ha fet fins ara i tot el que es farà descrit en el apartat de planificació del treball, fet durant el avantprojecte.

S'ha agafat com a inspiració el mètode Lean Start Up de Eric Ries, tot i ser un mètode de creat per la creació i desenvolupament d'idees on a partir d'aquestes es creen start ups que més tard acabaran sent empreses. Pot ser de gran ajuda pel desenvolupament del projecte, aquesta metodologia es descriu en la següent figura:

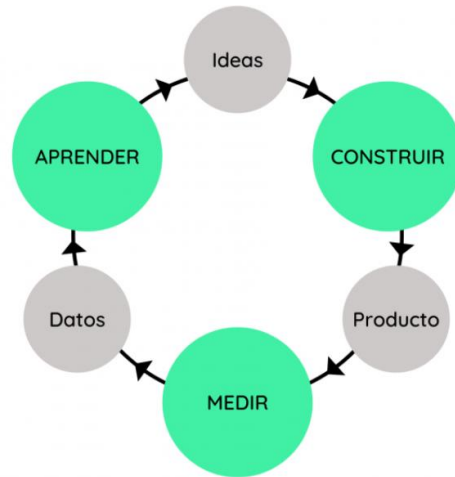


Fig. 51. Cicle de la metodologia Lean Start Up. Font: [54]

Seguint aquest cicle, es pot observar que tot comença amb una idea, en aquest cas, la idea és el sistema flotant de comunicació i control. Aquesta idea sorgeix com s'ha mencionat en el objecte del projecte, a partir del problema sorgit per la gran dificultat de la viabilitat tècnica i econòmica dels sensors de proximitat i les comunicacions sota l'aigua. Per això s'ha fet aquest projecte, el desenvolupament del projecte seria la part de construcció i producte del cicle de la figura anterior, que un cop realitzats es medeix és a dir es comprova que es compleixi amb el estipulat en els requeriments, s'obtenen dades i d'aquestes dades s'aprèn per tornar a iterar en el procés i millorar.

Els apartats s'han dividit en:

- **Identificar el problema a solucionar:** Aquest apartat serveix per no només la primera identificació del problema general, sinó també pels problemes que sorgeixin més endavant.
- **Dividir el problema en petits objectius a solucionar:** Aquest bloc és el propòsit del apartat 1.4 Objectius tècnics, si s'assoleixen aquests objectius, es resoldrà el problema.
- **Passar aquests objectius a requisits:** Aquest bloc es situa en els apartats 1.4.3 i 1.4.4, on es passen els objectius a requeriments
- **Fase de disseny:** Aquesta fase es situa en l'apartat 2 presentació de la primera proposta, on es fa una primera proposta de què ha de tenir el projecte.
- **Fase de desenvolupament:** Aquesta és l'apartat actual, l'apartat 3, on es desenvolupa el projecte.

- **Fase de prototipatge:** En aquesta fase crea a petita escala i/o amb un baix pressupost es crea un prototip, en el cas de que es trobin errors a solucionar o possibles millores, es tornarà el bloc on s'hagi de modificar per evitar l'error o desenvolupar una millora. Un cop s'hagi iterat les suficients vegades fins que el prototip sigui vàlid, es passarà a la següent i última fase.
- **Construcció i producció del projecte real:** Aquest és el últim bloc, on cop es tingui el prototip validat es construirà el projecte o producte final per poder produir-lo per una posterior venda en el mercat.

Tot seguit es mostra l'esquema de tots aquests apartats en una sola figura, en la figura següent també es mostra un claudàtor que posa aprenentatge, que engloba la fase de disseny, fase de desenvolupament i fase de prototipatge. Aquestes tres fases són crucials per anar aprenent dels possibles errors o millores que es trobin, per així en pròxims projectes tenir més experiència i agilitzar millor tot aquest cicle.

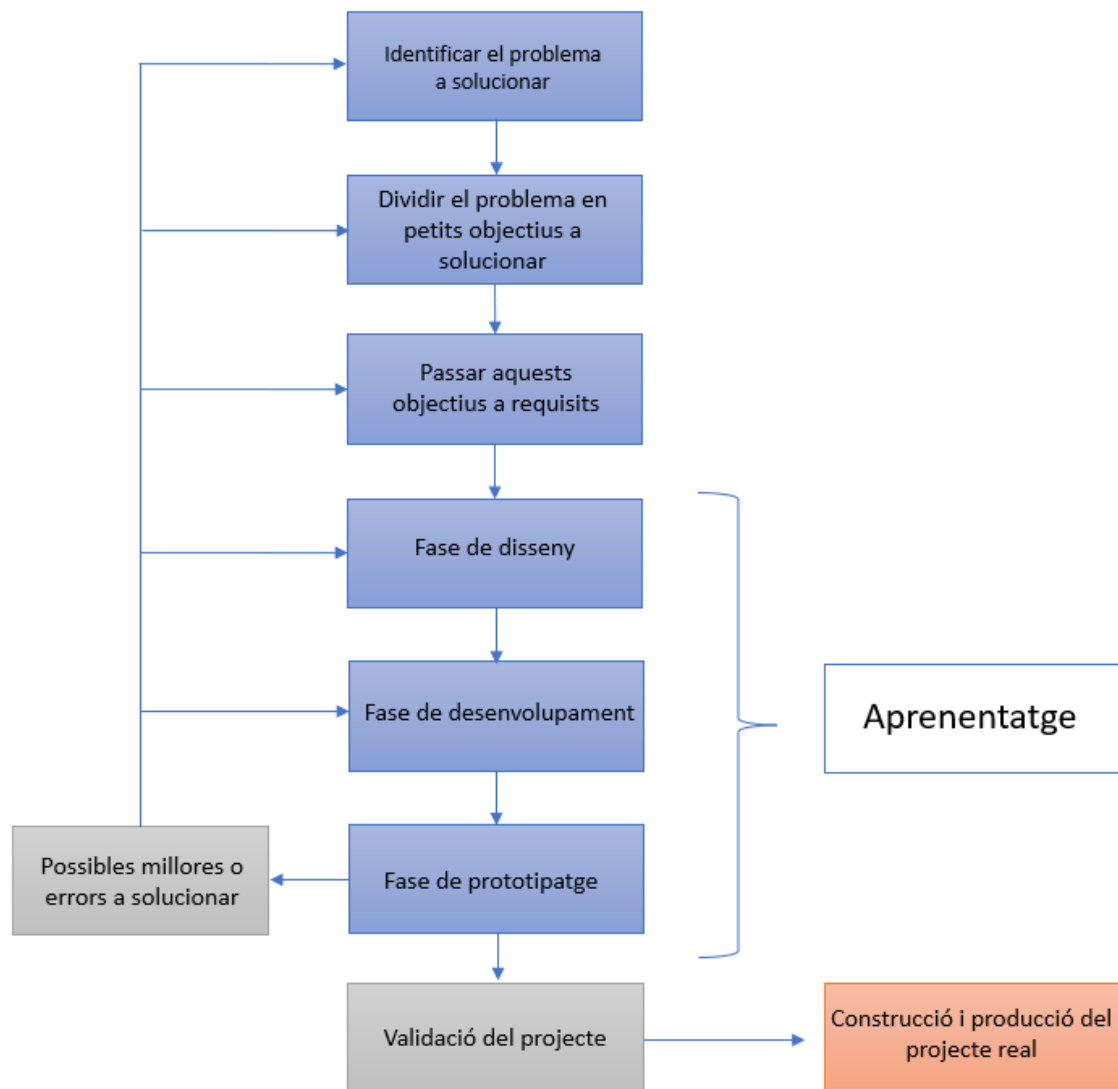


Fig. 52. Diagrama de blocs de la metodologia a seguir. Font: [pròpia]

3.2 Software

Aquest apartat serà molt important per tota l'electrònica en general, el software, que serà a través de la ESP32, aquest s'utilitzarà per controlar els motors del robot i possibles sensors. Per controlar els motors, les sortides GPIO que ja incorpora l'ESP32, amb aquestes es controlarà l'encesa i apagada del motor d'absorció, igual que el control del dos motors de direcció. A més a més, aquests control es farà a través de Wifi, tot seguit es mostra tot el procés realitzat.

3.3 Programació en C

Hi ha molts tipus de llenguatge avui dia, es poden classificar en 3 grans grups, el llenguatge de baix nivell, el llenguatge de nivell mig i el llenguatge d'alt nivell. [55]

El **llenguatge de baix nivell**, és el llenguatge més antic que existeix, aquest és llenguatge màquina és l'únic llenguatge que comprenen els ordinadors. Fent que qualsevol codi escrit per llenguatges alternatius, hagi de se convertit a llenguatge a màquina perquè així un ordinador el pugui llegir. Aquest llenguatge es basa en el codi binari, és a dir, s'escriu en 0 i 1.

Degut a la complexitat d'aquest llenguatge es va crear el **llenguatge assemblador**, aquest llenguatge també té com a objectiu ser comprès per un ordinador, amb la diferència que aquest tipus de llenguatge està fet perquè pugui ser escrit per un humà de manera senzilla.

Els **llenguatges de mig nivell**, tendeixen a ser classificats com a llenguatges de baix nivell perquè segueixen depenent d'assembladors. Tot i això, permeten fer tasques molt més complexes, que els llenguatges de baix nivell, com per exemple el ús de funcions. Aquests llenguatges estan orientats cap a la programació de sistemes, els llenguatges més coneguts són el C i el C++.

Els **llenguatges d'alt nivell** són els més adaptats el llenguatges humà, pel que fan que siguin més fàcils d'aprendre. Igual que els llenguatges de mig nivell, aquest han de ser traduïts a llenguatge màquina per poder ser executats per un ordinador. Actualment la majoria de llenguatges són d'alt nivell exceptuant C i C++.

Per el cas d'aquest projecte, que és programar un ESP32, el propi IDE del ESP32 ofereix diferents tipus de llenguatge de programació, com per exemple micropython, javascript, C, C++ i Arduino. Tots aquests llenguatges són molt coneguts en el món de la programació, però per programar un sistema embedded segons la universitat internacional de valència [56] i altres entitats es recomana el llenguatge C.

Tot i que en la ESP32, és habitual utilitzar el codi de programació Arduino i tenint en compte la gran comunitat que hi ha el darrere amb multitud d'exemples i solucions similars, el llenguatge C ha sigut el escollit per desenvolupar la programació d'aquest projecte. Donat que és el llenguatge de programació més utilitzat en empreses per aquest tipus de casos i en la universitat Tecnocampus, les assignatures de microprocessadors, informàtica industrial i desenvolupament de sistemes de computació en temps real, el llenguatge utilitzat és C.

3.3.1 Control mitjançant L298N

Pel driver escollit que és el L298N, les connexions funcionen de la següent manera:

Per controlar la velocitat dels motors, utilitzarem el PWM, en el pin enable de cada motor, el enable A (ENA) pel motor A i el enable B (ENB) pel motor B com es pot veure a la següent figura:

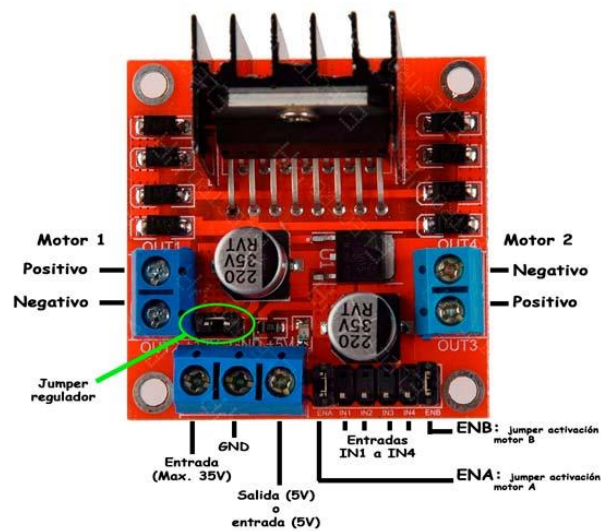


Fig. 53. Il·lustració del driver L298N

Per habilitar el motor A cal posar 5 volts en el enable A (ENA) i per deshabilitar-lo s'ha de posar a terra. Si es vol que el motor avanci cap endavant, el pin Input 1 (IN1) ha d'estar connectat a 5 volts i el Input 2 (IN2) ha d'estar connectat a terra. El mateix passa pel motor B però amb el enable B (ENB) i els pins Input 3 (IN3) i Input 4 (IN4), es mostra amb més claredat a la següent figura.

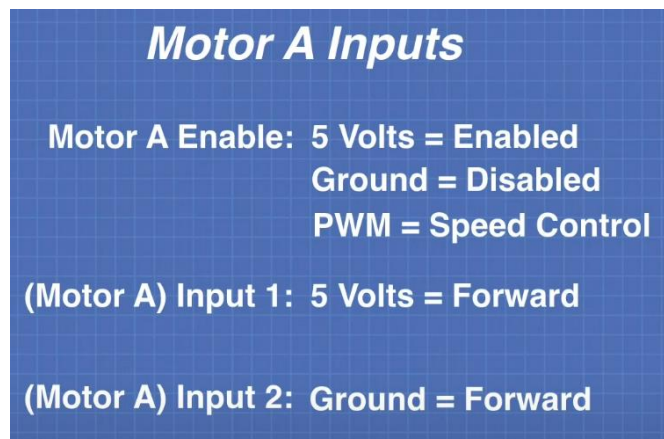


Fig. 54. Direcció Endavant Motor (Forward) pel driver L298N

En canvi si es vol que retrocedeixi, és a dir que vagi cap endarrere el pin enable funciona de la mateixa manera però el pin input 1 (IN1) ha d'estar connectat a terra i el pin input 2 (IN2), ha d'estar connectat a 5 volts. El mateix passa amb el motor B, amb el enable B (ENB) i els pins Input 3 (IN3) i Input 4 (IN4), a la següent figura es mostra amb més claredat.

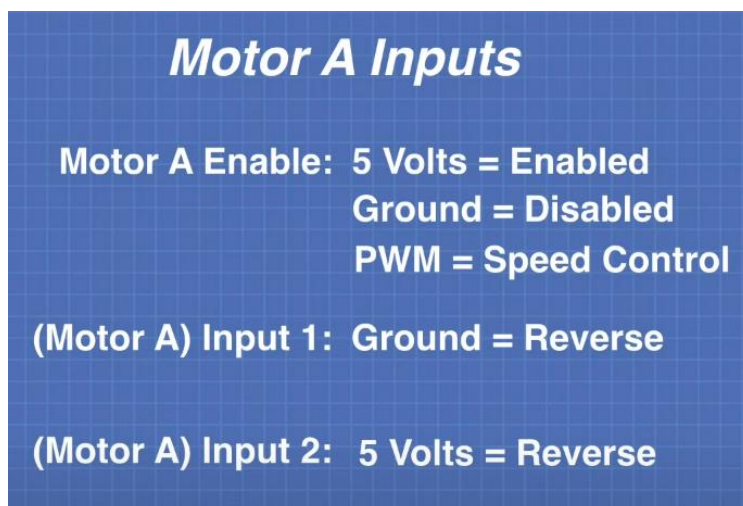


Fig. 55. Direcció Endarrere Motor (Reverse) pel driver L298N

Si es vol que els motors vagin més ràpid s'han d'allargar els polsos, per tal que el cicle de treball sigui major. Aquests polsos s'han de produir en el pin enable de cada motor.

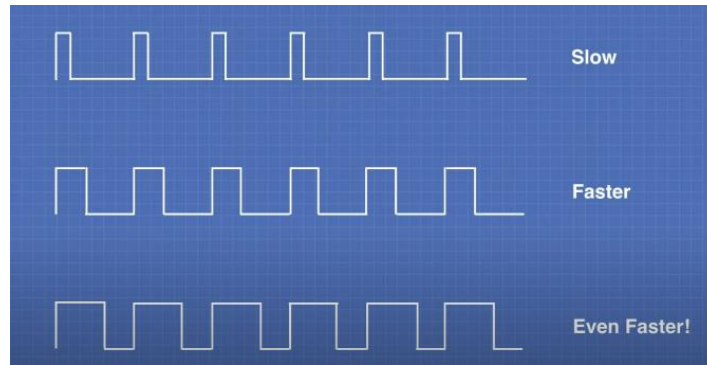


Fig. 56. Il·lustració del increment de velocitat d'un motor

En canvi si es vol que el motor s'apagui s'ha de baixar el cicle de treball a 0% i a l'inrevés si es vol que el motor funcioni a màxima velocitat. Tal i com es mostra en la següent figura.

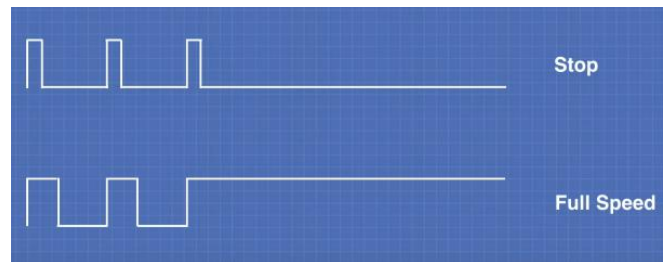


Fig. 57. Il·lustració de com apagar on encendre un motor el màxim

Tot seguit es mostra les connexions del driver L298N amb els motors i l'ESP32, la figura és un retall del plànol general el qual es mostra en els plànols del projecte

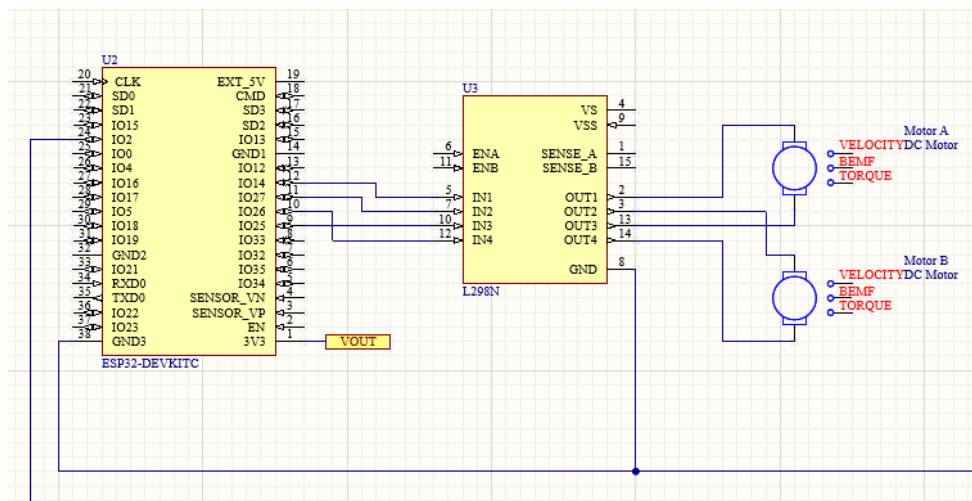


Fig. 58. Il·lustració de les connexions del driver amb l'ESP32 i els motors de direcció. Font: [pròpia]

Tal i com s'ha explicat en el apartat dels drivers dels motors, tot seguit es mostra com va connectat el motor d'absorció de brutícia, mitjançant un transistor darlington i un díode en antiparal·lel. Tots els càlculs s'han fet en el apartat dels drivers dels motors.

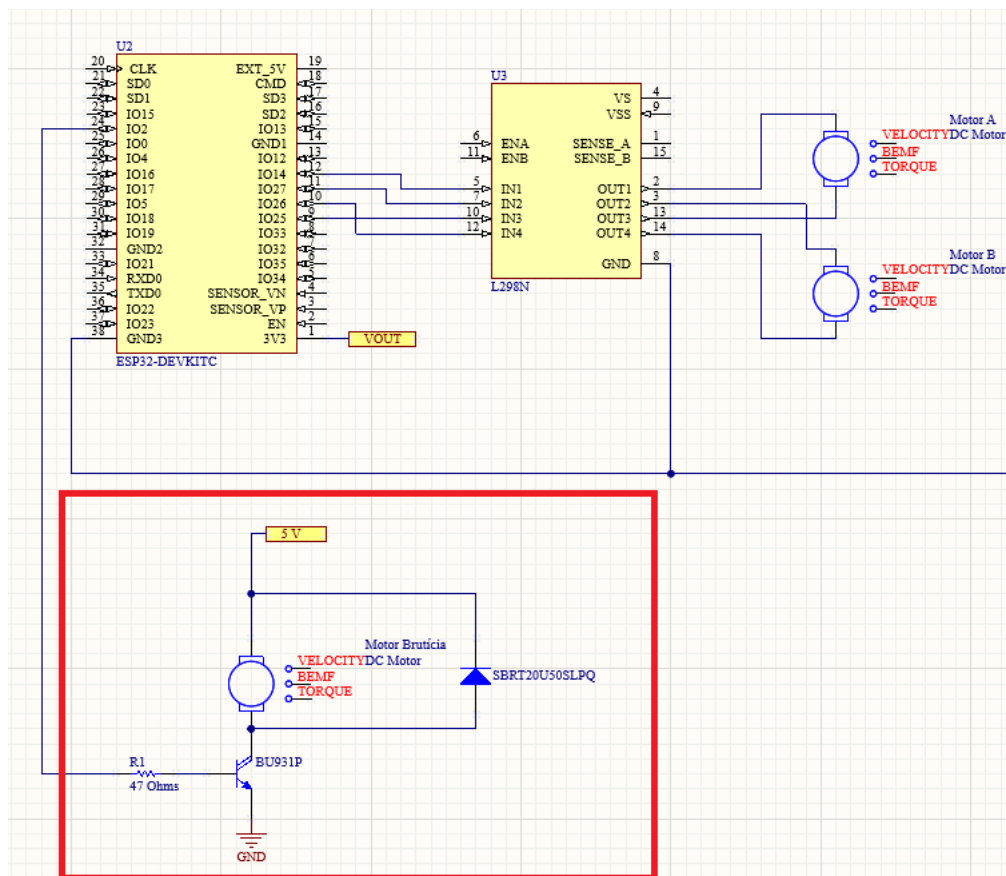


Fig. 59. Il·lustració del control del motor de brutícia. Font: [pròpia]

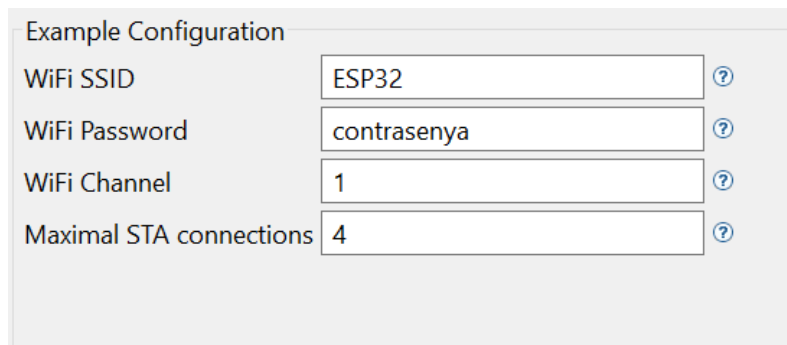
3.3.2 Web server

Per dur a terme el control del robot de forma remota utilitzant Wifi, s'ha fet servir SoftAp que és l'abreviació de punt d'accés habilitat per software, és un software que habilita a un dispositiu que no està creat específicament per ser un router sinó un punt d'accés inalàmbric.

S'utilitza el ESP32 com un punt d'accés, perquè així altres dispositius es puguin connectar a través d'aquest i controlar el robot a través de la plataforma. Tot seguit es mostra el procés dut a terme per la creació i configuració del webserver.

3.3.2.1 Configuració del ESP32 com a punt d'accés

Per configurar la ESP32 s'utilitza una plantilla que ja incorpora el propi Espressif IDE, anant a wifi → getting_started → softap. Un cop creat el projecte s'utilitza el sdkconfig on es farà la configuració del wifi, en la casella de WiFi SSID és on es posa el nom del wifi, en aquest cas 'ESP32'. En la casella de WiFi Password es posa la contrasenya que aquest cas serà 'contrasenya' i per defecte 4 estacions es poden connectar en el punt d'accés. Tal i com es mostra en la següent figura:



Example Configuration	
WiFi SSID	ESP32
WiFi Password	contrasenya
WiFi Channel	1
Maximal STA connections	4

Fig. 60. Característiques webserver. Font: [pròpia]

Un cop això creem el punt d'accés i es “debugueji” (depuri) i es carregui a la placa, s'ha de connectar en el punt d'accés tal i com es mostra en la següent figura:



Fig. 61. Punt d'accés. Font: [pròpia]

3.3.2.2 Creació del Web Server

Tot seguit s'explica amb profunditat com s'ha realitzat el codi per controlar el primer prototip amb la creació d'un web server.

Primer de tot s'han de definir els `#include`, aquesta directiva el que fa és forçar el compilador que inclogui un altre arxiu font i a compilar-lo. El nom del arxiu font pot anar inclòs de dues formes, entre cometes dobles o entre parèntesis d'angle. [59]

Exemple:

```
#include <stdio.h>
#include "stdio.h"
```

La diferència entre tancar l'arxiu entre parèntesis d'angle o cometes dobles, és que en el parèntesis es busca el arxiu en els directoris de la línia d'ordres de compilació i després en els directoris del Standard de C, però mai en el directori de treball. En canvi en les cometes dobles el primer lloc on es busca el arxiu és en el directori actual de treball i sinó es troba passa a buscar en els mateixos llocs que en el cas dels parèntesis.

Tot seguit es mostren els `#include` que s'han utilitzat en el projecte.

```
#include <string.h>
#include "freertos/FreeRTOS.h"
#include "freertos/task.h"
#include "esp_mac.h"
#include "esp_wifi.h"
#include "esp_event.h"
#include "esp_log.h"
#include "nvs_flash.h"

#include "lwip/err.h"
#include "lwip/sys.h"

#include <sys/param.h>
#include "nvs_flash.h"
#include "esp_netif.h"

#include <esp_http_server.h>

#include <driver/gpio.h>
#include "driver/ledc.h"

static const char *TAG = "webservice";
```

Fig. 62. Includes utilitzats en el projecte. Font: [pròpia]

Definició dels #includes utilitzats:

- **#include <string.h>**: És un conjunt de funcions que serveix per manipular cadenes, com copiar-les, canviar caràcters o comparar cadenes, entre altres. [60]
- **#include "freertos/FreeRTOS.h"**: RTOS vol dir Real Time Operating System, és un component de software que canvia ràpidament entre tasques, donant la impressió de que varis programes s'executen al mateix temps amb un o més nuclis de processament, és bàsicament un mini sistema operatiu dissenyat per microcontroladors. [61]
- **#include "freertos/task.h"**: En RTOS un programa es divideix en diferents funcions independents que es denominen task o tasca. Aquestes funcions no es criden en ninguna part del programa, simplement es creen. Cada tasca s'executa contínuament, és a dir, en bucle infinit. Fent que puguem fer varies tasques en paral·lel. [61]
- **#include "esp_mac.h"**: Aquesta llibreria inclou funcions per poder obtenir la direcció de MAC d'un dispositiu Espressif, per això es diu *esp*=Espressif. La direcció MAC és un identificador únic que s'assigna a cada dispositiu de xarxa, però no són conegudes com les IPs. [62]

- **#include “esp_wifi.h”:** Aquesta llibreria inclou suport per configurar i monitorar la funcionalitat de xarxa WIFI de la ESP32. Per exemple, el STA mode o el Wi-Fi client mode, que serveix per connectar la Esp32 a un punt d'accés, varis modes de seguretat com (WPA, WPA2,WEP, etc) entre altres. [63]
- **#include “esp_event.h”:** És la llibreria d'esdeveniments en bucle, permet que components declarin esdeveniments que altres components poden registrar com a codi handler, el qual executarà quan l'esdeveniment succeeixi. [64]
- **#include “esp_log.h”:** Aquesta llibreria serveix per proporcionar funcions per registrar i mostrar informació d'advertències, de depuració i errors en la consola de depuració, permet imprimir missatges de registre en la consola de depuració durant l'execució del programa. En cada document de C que utilitza la funcionalitat logging, has defineix la variable TAG tal i com surt en la figura anterior. Serveix com es mostrarà més endavant per fer. [65]

```
ESP_LOGI(TAG, "Motor absorcio de bruticia APAGAT"); /* enviem el log que el LED està apagat*/
```

En la consola de depuració mostrarà el que hi ha entre cometes.

- **#include “nvs_flash.h”:** NVS, vol dir Non-volatile aquesta llibreria és designada per emmagatzemar valors clau a la memòria flash, que no és volàtil, és a dir, que tot el que quedi emmagatzemat en aquesta memòria seguirà tot i que s'apagui el dispositiu, a diferència de la memòria RAM que s'esborraran les dades un cop s'apagui el dispositiu, ja que és volàtil. [66]
- **#include “lwip/err.h”:** Aquesta llibreria és l'abreviatura de Lightweight IP, aquesta és un conjunt de protocols de xarxa TCP/IP de baix consum i codi obert, és per a recursos que s'utilitzen en sistemes embedded. El que fa és proporcionar definicions i funcions per gestionar excepcions i errors que puguin aparèixer al utilitzar el stack de xarxa lwIP, per convertir-los en un codi d'error en una cadena llegible per humans i per comprovar si un codi d'error és vàlid.

- **#include "lwip/sys.h"**: Aquesta llibreria el que fa és sincronitzar processos, com per exemple gestionar cues i altres funcions relacionades amb la gestió del sistema operatiu, fent que hi hagi una major coordinació i control dels processos de xarxa.
- **#include <sys/param.h>**: Aquesta llibreria s'utilitza per descriure paràmetres del sistema, un exemple seria utilitzar la directiva #Define, certs paràmetres varien depenent del hardware i del sistema operatiu que s'utilitzi. [67]
- **#include "esp_netif.h"**: El propòsit d'aquesta llibreria és doble, proveeix una capa d'abstracció per aplicacions en la part més alta de les capes de TCP/IP. Això permet que aplicacions en el futur puguin decidir entre les diferents piles de IP. El segon propòsit és que les APIs que proveeix són segures de possibles amenaces, inclús si les APIs de sota de la pila de TCP/IP no ho són. [68]

Una API són mecanismes que permeten a dos components de software comunicar-se entre si mitjançant un conjunt de definicions i protocols

- **#include <esp_http_server.h>**: El component de HTTP Server proveeix l'habilitat de fer funcionar un web server lleuger en la ESP32 [69]
- **#include <driver/gpio.h>**: Aquesta llibreria habilita el ús i gestió de GPIO, els GPIO són general purpose I/O pins això vol dir que es pot gestionar els pins GPIO com entrada Input o sortida Output a través d'una simple API. [70]

La directiva #Define, s'utilitza per definir un identificador i una cadena que el compilador substituirà per l'identificador cada cop que es trobi l'arxiu font. El Standard ANSI crida el identificador "nom del macro" i el procés de substitució "substitució del macro". [59]

Per exemple:

```
#Define True 1
#Define False 0
```

El compilador cada cop que vegi el identificador TRUE, el substituirà pel valor de 1 i el mateix passa amb el FALSE. El ús més comú de la directiva #Define és la definició de valors constants en el programa, mida de matrius, etc. [59]

Els #Define que s'han definit en el projecte, es mostren a la figura següent:

```
#define LED GPIO_NUM_2 //On posa led, és pel control del motor d'absorció
#define IN1 GPIO_NUM_14 // El IN1 (input 1), és pel control del motor A i correspon el pin 14
#define IN2 GPIO_NUM_27 // El IN2 (input 2), és pel control del motor A i correspon el pin 27
#define IN3 GPIO_NUM_25 // El IN3 (input 3), és pel control del motor B i correspon el pin 25
#define IN4 GPIO_NUM_26 // El IN4 (input 4), és pel control del motor B i correspon el pin 26

#define ENA GPIO_NUM_12 // el ENA (enable A), és pel control del l'habilitació del motor A i correspon el pin 12
#define ENB GPIO_NUM_33 // el ENB (enable B), és pel control del l'habilitació del motor A i correspon el pin 33
```

Fig. 63. Defines utilitzats en el projecte. Font: [pròpia]

Els números dels pins GPIO explicats a la figura, s'han explicat en més profunditat en el apartat de anterior de Control mitjançant L298N.

3.3.2.2.1 Encendre i Apagar el motor d'absorció de brutícia

Tot seguit es mostra el funcionament del handler del motor d'absorció de brutícia, tot i que tingui el nom de ledOFF, és perquè també serveix per encendre un led, però amb un petit circuit es pot utilitzar per un motor.

```

54=static esp_err_t ledOFF_handler(httpd_req_t *req)
55 {
56     esp_err_t error;
57     ESP_LOGI(TAG, "Motor absorcio de bruticia APAGAT"); /* enviem el log que el LED està apagat*/
58     gpio_set_level(LED, 0); /*Apaguem el LED*/
59     const char *response = (const char *) req->user_ctx; /* copiarem el valor o el que hi hagi en el user_ctx en la response*/
60     error = httpd_resp_send(req, response, strlen(response)); /*el servidor enviarà la resposta (response)*/
61     if (error != ESP_OK) /* si la resposta no és enviada correctament registrarà un error*/
62     {
63         ESP_LOGI(TAG, "Error %d while sendin Response", error);
64     }
65     else ESP_LOGI(TAG, "Response sent Succesfully"); /* si la resposta és enviada correctament la registrarà*/
66     return error;
67 }
68
69
70 static const httpd_uri_t ledoff = { /*ESTRUCTURA URI*/
71     .uri       = "/ledoff", /*AIXÒ ÉS EL QUE MIRA EL URI*/
72     .method    = HTTP_GET,
73     .handler   = ledOFF_handler, /*AQUEST ÉS HANDLER QUE FA LA CRIDA*/
74= /* Let's pass response string in user
75     * context to demonstrate it's usage */
76     .user_ctx  = "<!DOCTYPE html>\
77 <html>\
78 <head>\
79 <style>\

```

Fig. 64. Codi per apagar el motor d'absorció de brutícia. Font: [pròpia]

Primerament es crea la funció `esp_err_t` amb el nom de `ledOFF_handler`, davant de la funció es posa la paraula `static`, aquest modificador, fa que la funció sobre la que s'aplica sigui local en el mòdul on es troba i no pugui ser coneguda pels mòduls restants del programa.

El que fa aquesta funció és apagar el motor d'absorció de brutícia, fent-ho de la següent forma:

Posa en la consola de depuració que el motor està apagat a través del `ESP_LOGI`,

```
ESP_LOGI(TAG, "Motor absorcio de bruticia APAGAT"); /* enviem el log que el LED està apagat*/
```

Després el motor el posem a 0 amb el `gpio_set_level`,

```
gpio_set_level(LED, 0); /*Apaguem el LED*/
```

Tot seguit en la línia 59 es posa a la `response` el que hi hagi en el `user_ctx`, el que hi ha en el `user_ctx` és el codi `html`, a la següent línia, la 60 el servidor enviarà la `response`, amb un condicionant, si la resposta no és enviada correctament en la consola de depuració es mostrarà el que hi ha entre cometes.

```
ESP_LOGI(TAG, "Error %d while sendin Response", error);
```

En canvi si la `response` s'envia correctament es mostrarà en la consola de depuració el que hi ha entre cometes.

```
else ESP_LOGI(TAG, "Response sent Succesfully");
```

El que fa la segona funció que es mostra en la figura, la `static const httpd_uri_t ledoff`, és l'estructura `URI`, fent que cridant la funció `handler` (`ledON_handler`) que s'ha descrit

anteriorment a través de l'estructura URI (ledon) i el codi HTML del user_ctx. Fent que el motor d'absorció s'apagui.

```
static const httpd_uri_t ledon = { /*ESTRUCTURA URI*/
    .uri      = "/ledon", /*AIXÒ ÉS EL QUE MIRA EL URI*/
    .method   = HTTP_GET,
    .handler  = ledON_handler, /*AQUEST ÉS HANDLER QUE FA LA CRIDA*/
```

En resum, aquesta última funció és perquè des del webserver creat amb HTML quan es premi el botó del motor d'absorció, s'apagui si aquest està encès fent la crida de la primera funció, la funció Handler.

El mateix passa amb la funció de la figura següent però per encendre el motor d'absorció de brutícia. Posant a 1 el valor del GPIO tal i com es mostra tot seguit:

```
static esp_err_t ledON_handler(httpd_req_t *req)
{
    esp_err_t error;
    ESP_LOGI(TAG, "Motor absorcio de bruticia ENCES"); /* enviem el log que el LED està apagat*/
    gpio_set_level(LED, 1); /*Encenem el LED*/
    const char *response = (const char *) req->user_ctx; /* copiarem el valor o el que hi hagi en el user_ctx en la response*/
    error = httpd_resp_send(req, response, strlen(response)); /*el servidor enviarà la resposta (response)*/
    if (error != ESP_OK) /* si la resposta no és enviada correctament registrarà un error*/
    {
        ESP_LOGI(TAG, "Error %d while sendin Response", error);
    }
    else ESP_LOGI(TAG, "Response sent Succesfully"); /* si la resposta és enviada correctament la registrarà*/
    return error;
}

static const httpd_uri_t ledon = { /*ESTRUCTURA URI*/
    .uri      = "/ledon", /*AIXÒ ÉS EL QUE MIRA EL URI*/
    .method   = HTTP_GET,
    .handler  = ledON_handler, /*AQUEST ÉS HANDLER QUE FA LA CRIDA*/
    /* Let's pass response string in user
    * context to demonstrate it's usage */
    .user_ctx = "<!DOCTYPE html>\\"
```

Fig. 65. Codi per encendre el motor de brutícia. Font: [pròpia]

3.3.2.2.2 Direcció del robot neteja piscines - Endavant

En aquest subapartat es mostra com es programa perquè el robot neteja piscines es mogui cap endavant.

Igual que en el anterior subapartat, hi ha un handler i una estructura URI, el handler es diu EndavantON_handler, ha diferència de l'anterior es pot veure que hi ha molts més gpio_set_level, aquest és per la configuració dels motors perquè es moguin cap endavant, com s'ha descrit en el apartat de *Control mitjançant L298N*, on es posa el IN1 i el IN3 a 1 i el IN2 i IN4 a 0.

```

static esp_err_t EndavantON_handler(httpd_req_t *req)
{
    esp_err_t error;
    ESP_LOGI(TAG, "Endavant ON"); /* enviem el log que el LED està apagat*/
    gpio_set_level(ENA, 1); // Habilitem el motor A
    gpio_set_level(ENB, 1); // Habilitem el motor B
    gpio_set_level(IN1, 1); /*Encenem el LED*/
    gpio_set_level(IN2, 0);
    gpio_set_level(IN3, 1);
    gpio_set_level(IN4, 0);
    const char *response = (const char *) req->user_ctx; /* copiarem el valor o el que hi hagi en el user_ctx en la response*/
    error = httpd_resp_send(req, response, strlen(response)); /*el servidor enviarà la resposta (response)*/
    if (error != ESP_OK) /* si la resposta no és enviada correctament registrarà un error*/
    {
        ESP_LOGI(TAG, "Error %d while sendin Response", error);
    }
    else ESP_LOGI(TAG, "Response sent Succesfully"); /* si la resposta és enviada correctament la registrarà*/
    return error;
}

static const httpd_uri_t endavantON = { /*ESTRUCTURA URI*/
    .uri = "/endavantON", /*AIXÒ ÉS EL QUE MIRA EL URI*/
    .method = HTTP_GET,
    .handler = EndavantON_handler, /*AQUEST ÉS HANDLER QUE FA LA CRIDA*/
    /* Let's pass response string in user
    * context to demonstrate it's usage */
    .user_ctx = "<!DOCTYPE html>\\"
};

```

Fig. 66. Codi per moure endavant el robot neteja piscines. Font: [pròpia]

En canvi si es vol parar el robot i que deixi de moure's endavant, el que s'ha de fer és deshabilitar els motors, posant a 0 tots els `gpio_set_level`, que estaven a 1 anteriorment. L'estructura és la mateixa, una funció handler: `EndavantOFF_handler` on s'executa el procés que hi ha programat en la funció, a través de la crida que s'ha fet amb l'estructura URI. Tot seguit es mostra el codi:

```

static esp_err_t EndavantOFF_handler(httpd_req_t *req)
{
    esp_err_t error;
    ESP_LOGI(TAG, "Endavant off"); /* enviem el log que el LED està apagat*/
    gpio_set_level(ENA, 0); // deshabilitem el motor A
    gpio_set_level(ENB, 0); // deshabilitem el motor B
    gpio_set_level(IN1, 0); /*Motors van endarrere*/
    gpio_set_level(IN2, 0);
    gpio_set_level(IN3, 0);
    gpio_set_level(IN4, 0);
    const char *response = (const char *) req->user_ctx; /* copiarem el valor o el que hi hagi en el user_ctx en la response*/
    error = httpd_resp_send(req, response, strlen(response)); /*el servidor enviarà la resposta (response)*/
    if (error != ESP_OK) /* si la resposta no és enviada correctament registrarà un error*/
    {
        ESP_LOGI(TAG, "Error %d while sendin Response", error);
    }
    else ESP_LOGI(TAG, "Response sent Succesfully"); /* si la resposta és enviada correctament la registrarà*/
    return error;
}

static const httpd_uri_t endavantOFF = { /*ESTRUCTURA URI*/
    .uri = "/endavantOFF", /*AIXÒ ÉS EL QUE MIRA EL URI*/
    .method = HTTP_GET,
    .handler = EndavantOFF_handler, /*AQUEST ÉS HANDLER QUE FA LA CRIDA*/
    /* Let's pass response string in user
    * context to demonstrate it's usage */
    .user_ctx = "<!DOCTYPE html>\\"
};

```

Fig. 67. Codi per apagar els motors quan estan funcionant cap endavant. Font: [pròpia]

3.3.2.2.3 Direcció del robot neteja piscines – Endarrere

Tot seguit es mostra com es programa el codi perquè el robot neteja piscines es mogui cap endarrere.

El mètode és sempre el mateix, funció handler: EndarrereON_handler i l'estructura URI: endarrereON, però lo únic que s'ha de canviar és la configuració dels gpio_set_level, tal i com es mostra en el apartat *Control mitjançant L298N*. En aquest cas s'habilita el IN2 i el IN4, perquè els motors girin en sentit invers i el robot netejador de piscines es mogui cap endarrere.

```

7=static esp_err_t EndarrereON_handler(httpd_req_t *req)
8 {
9     esp_err_t error;
10    ESP_LOGI(TAG, "Endarrere ON"); /* enviem el log que el LED està apagat*/
11    gpio_set_level(ENA, 1); // Habilitem el motor A
12    gpio_set_level(ENB, 1); // Habilitem el motor B
13    gpio_set_level(IN1, 0); /*Motors van endarrere*/
14    gpio_set_level(IN2, 1);
15    gpio_set_level(IN3, 0);
16    gpio_set_level(IN4, 1);
17    const char *response = (const char *) req->user_ctx; /* copiarem el valor o el que hi hagi en el user_ctx en la response*/
18    error = httpd_resp_send(req, response, strlen(response)); /*el servidor enviarà la resposta (response)*/
19    if (error != ESP_OK) /* si la resposta no és enviada correctament registrarà un error*/
20    {
21        ESP_LOGI(TAG, "Error %d while sendin Response", error);
22    }
23    else ESP_LOGI(TAG, "Response sent Succesfully"); /* si la resposta és enviada correctament la registrarà*/
24    return error;
25 }
26
27 static const httpd_uri_t endarrereON = { /*ESTRUCTURA URI*/
28     .uri       = "/endarrereON", /*AIXÒ ÉS EL QUE MIRA EL URI*/
29     .method    = HTTP_GET,
30     .handler   = EndarrereON_handler, /*AQUEST ÉS HANDLER QUE FA LA CRIDA*/
31 }
32 /* Let's pass response string in user
33 * context to demonstrate it's usage */
34 .user_ctx = "<!DOCTYPE html>\

```

Fig. 68. Codi per moure endarrere el robot neteja piscines. Font: [pròpia]

Per deixar que el robot es mogui cap endarrere, el codi és el mateix però els gpio_set_level es posen tots a 0 per apagar els motors. En la funció: EndarrereOFF_handler i l'estructura URI: endarrereOFF.

```

static esp_err_t EndarrereOFF_handler(httpd_req_t *req)
{
    esp_err_t error;
    ESP_LOGI(TAG, "Endarrere off"); /* enviem el log que el LED està apagat*/
    gpio_set_level(ENA, 0); // deshabilitem el motor A
    gpio_set_level(ENB, 0); // deshabilitem el motor B
    gpio_set_level(IN1, 0); /*Motors van endarrere*/
    gpio_set_level(IN2, 0);
    gpio_set_level(IN3, 0);
    gpio_set_level(IN4, 0);
    const char *response = (const char *) req->user_ctx; /* copiarem el valor o el que hi hagi en el user_ctx en la response*/
    error = httpd_resp_send(req, response, strlen(response)); /*el servidor enviarà la resposta (response)*/
    if (error != ESP_OK) /* si la resposta no és enviada correctament registrarà un error*/
    {
        ESP_LOGI(TAG, "Error %d while sendin Response", error);
    }
    else ESP_LOGI(TAG, "Response sent Succesfully"); /* si la resposta és enviada correctament la registrarà*/
    return error;
}

static const httpd_uri_t endarrereOFF = { /*ESTRUCTURA URI*/
    .uri = "/endarrereOFF", /*AIXÒ ÉS EL QUE MIRA EL URI*/
    .method = HTTP_GET,
    .handler = EndarrereOFF_handler, /*AQUEST ÉS HANDLER QUE FA LA CRIDA*/
    /* Let's pass response string in user
    * context to demonstrate it's usage */
    .user_ctx = "<DOCTYPE html>\

```

Fig. 69. Codi per apagar els motors quan estan funcionant cap endavant. Font: [pròpia]

3.3.2.2.4 Direcció del robot neteja piscines – Esquerre

El funcionament de la direcció per què el robot es dirigeixi cap a l'esquerre, és utilitzant la funció handler: EsquerreON_handler i l'estructura URI: esquerreON, però lo únic que s'ha de canviar és la configuració dels gpio_set_level, tal i com es mostra en el apartat Control mitjançant L298N. En aquest cas s'habilita el IN3 i el IN2, perquè el motor de l'esquerre giri cap endarrere i el motor de la dreta giri cap endavant, creant una rotació cap a l'esquerre. Tal i com es mostra en la següent figura:

```

5 static esp_err_t EsquerreON_handler(httpd_req_t *req)
7 {
8     esp_err_t error;
9     ESP_LOGI(TAG, "Esquerre ON"); /* enviem el log que el LED està apagat*/
10    gpio_set_level(ENA, 1); // Habilitem el motor A
11    gpio_set_level(ENB, 1); // Habilitem el motor B
12    gpio_set_level(IN1, 0); /*Motors van endarrere*/
13    gpio_set_level(IN2, 1);
14    gpio_set_level(IN3, 1);
15    gpio_set_level(IN4, 0);
16    const char *response = (const char *) req->user_ctx; /* copiarem el valor o el que hi hagi en el user_ctx en la response*/
17    error = httpd_resp_send(req, response, strlen(response)); /*el servidor enviarà la resposta (response)*/
18    if (error != ESP_OK) /* si la resposta no és enviada correctament registrarà un error*/
19    {
20        ESP_LOGI(TAG, "Error %d while sendin Response", error);
21    }
22    else ESP_LOGI(TAG, "Response sent Succesfully"); /* si la resposta és enviada correctament la registrarà*/
23    return error;
24 }
25
26 static const httpd_uri_t esquerreON = { /*ESTRUCTURA URI*/
27     .uri       = "/esquerreON", /*AIXÒ ÉS EL QUE MIRA EL URI*/
28     .method    = HTTP_GET,
29     .handler   = EsquerreON_handler, /*AQUEST ÉS HANDLER QUE FA LA CRIDA*/
30 } /* Let's pass response string in user
31    * context to demonstrate it's usage */
32 .user_ctx = "<!DOCTYPE html>\
33 <html>\

```

Fig. 70. Codi per moure cap a l'esquerre el robot neteja piscines. Font: [pròpia]

Per apagar els motors i que no segueixi cap a l'esquerre el que es fa és posar a 0 tots el gpio_set_level amb la funció: EsquerreOFF_handler i l'estructura URI: esquerreOFF, tal i com es mostra en la següent figura:

```

static esp_err_t EsquerreOFF_handler(httpd_req_t *req)
{
    esp_err_t error;
    ESP_LOGI(TAG, "Esquerre off"); /* enviem el log que el LED està apagat*/
    gpio_set_level(ENA, 0); // deshabilitem el motor A
    gpio_set_level(ENB, 0); // deshabilitem el motor B
    gpio_set_level(IN1, 0); /*Motors van endarrere*/
    gpio_set_level(IN2, 0);
    gpio_set_level(IN3, 0);
    gpio_set_level(IN4, 0);
    const char *response = (const char *) req->user_ctx; /* copiarem el valor o el que hi hagi en el user_ctx en la response*/
    error = httpd_resp_send(req, response, strlen(response)); /*el servidor enviarà la resposta (response)*/
    if (error != ESP_OK) /* si la resposta no és enviada correctament registrarà un error*/
    {
        ESP_LOGI(TAG, "Error %d while sendin Response", error);
    }
    else ESP_LOGI(TAG, "Response sent Succesfully"); /* si la resposta és enviada correctament la registrarà*/
    return error;
}

static const httpd_uri_t esquerreOFF = { /*ESTRUCTURA URI*/
    .uri       = "/esquerreOFF", /*AIXÒ ÉS EL QUE MIRA EL URI*/
    .method    = HTTP_GET,
    .handler   = EsquerreOFF_handler, /*AQUEST ÉS HANDLER QUE FA LA CRIDA*/
}

```

Fig. 71. Codi per apagar els motors quan estiguin girant cap a l'esquerre. Font: [pròpia]

3.3.2.2.5 Direcció del robot neteja piscines – Dreta

Perquè el robot es dirigeixi cap a la dreta, la funció handler: DretaON_handler i l'estructura URI: dreton, però lo únic que s'ha de canviar és la configuració dels gpio_set_level, tal i

com es mostra en el apartat Control mitjançant L298N. En aquest cas s'habilita el IN1 i el IN4, perquè el motor de la dreta del robot giri cap endarrere i el motor de l'esquerra del motor giri cap endavant, creant una rotació cap a la dreta.

```
static esp_err_t DretaON_handler(httpd_req_t *req)
{
    esp_err_t error;
    ESP_LOGI(TAG, "Dreta ON"); /* enviem el log que el LED està apagat*/
    gpio_set_level(ENA, 1); // Habilitem el motor A
    gpio_set_level(ENB, 1); // Habilitem el motor B
    gpio_set_level(IN1, 1); /*Motors van endarrere*/
    gpio_set_level(IN2, 0);
    gpio_set_level(IN3, 0);
    gpio_set_level(IN4, 1);
    const char *response = (const char *) req->user_ctx; /* copiarem el valor o el que hi hagi en el user_ctx en la response*/
    error = httpd_resp_send(req, response, strlen(response)); /*el servidor enviarà la resposta (response)*/
    if (error != ESP_OK) /* si la resposta no és enviada correctament registrarà un error*/
    {
        ESP_LOGI(TAG, "Error %d while sendin Response", error);
    }
    else ESP_LOGI(TAG, "Response sent Succesfully"); /* si la resposta és enviada correctament la registrarà*/
    return error;
}

static const httpd_uri_t dretaON = { /*ESTRUCTURA URI*/
    .uri = "/dretaON", /*AIXÒ ÉS EL QUE MIRA EL URI*/
    .method = HTTP_GET,
    .handler = DretaON_handler, /*AQUEST ÉS HANDLER QUE FA LA CRIDA*/
    /* Let's pass response string in user
    * context to demonstrate it's usage */
    .user_ctx = "<!DOCTYPE html>\\"
};
```

Fig. 72. Codi per moure cap a la dreta el robot neteja piscines. Font: [pròpia]

Per apagar els motors i que no segueixi cap a la dreta el que es fa és posar a 0 tots el gpio_set_level amb la funció: DretaOFF_handler i l'estructura URI: dretaOFF, tal i com es mostra en la següent figura:

```
static esp_err_t DretaOFF_handler(httpd_req_t *req)
{
    esp_err_t error;
    ESP_LOGI(TAG, "Dreta off"); /* enviem el log que el LED està apagat*/
    gpio_set_level(ENA, 0); // deshabilitem el motor A
    gpio_set_level(ENB, 0); // deshabilitem el motor B
    gpio_set_level(IN1, 0); /*Motors van endarrere*/
    gpio_set_level(IN2, 0);
    gpio_set_level(IN3, 0);
    gpio_set_level(IN4, 0);
    const char *response = (const char *) req->user_ctx; /* copiarem el valor o el que hi hagi en el user_ctx en la response*/
    error = httpd_resp_send(req, response, strlen(response)); /*el servidor enviarà la resposta (response)*/
    if (error != ESP_OK) /* si la resposta no és enviada correctament registrarà un error*/
    {
        ESP_LOGI(TAG, "Error %d while sendin Response", error);
    }
    else ESP_LOGI(TAG, "Response sent Succesfully"); /* si la resposta és enviada correctament la registrarà*/
    return error;
}

static const httpd_uri_t dretaOFF = { /*ESTRUCTURA URI*/
    .uri = "/dretaOFF", /*AIXÒ ÉS EL QUE MIRA EL URI*/
    .method = HTTP_GET,
    .handler = DretaOFF_handler, /*AQUEST ÉS HANDLER QUE FA LA CRIDA*/
    /* Let's pass response string in user
    * context to demonstrate it's usage */
    .user_ctx = "<!DOCTYPE html>\\"
};
```

Fig. 73. Codi per apagar els motors quan estiguin girant cap a dreta. Font: [pròpia]

3.3.2.2.6 Configuració restant del webserver

Un cop desenvolupada tota la direcció es passa a configurar la resta del webserver.

Primer de tot es configura la funció `http_404_error_handler`, aquesta funció fa que quan detecta un error amb el punter `*req`, va a una estructura `httpd_req_t` que és la sol·licitud HTTP que rep el servidor. El `httpd_err_code_t`, és una funció que s'executa quan es generen errors HTTP durant el procés intern de la sol·licitud HTTP.

Aquesta funció és del tipus `esp_err_t` que és un tipus de funció de Espressif que el que fa és indicar diferents tipus d'errors i resultats d'una operació, indicant amb la return `ESP_OK` quan s'ha executat una operació correctament i `ESP_FAIL` per indicar que hi hagut un error en l'execució de l'operació.

Bàsicament el que fa la funció `http_404_error_handler` és indicar si hi hagut un error en la sol·licitud HTTP. En la següent figura es mostra aquesta funció:

```

esp_err_t http_404_error_handler(httpd_req_t *req, httpd_err_code_t err)
{ /* simplement enviem el missatge d'error*/

    /* For any other URI send 404 and close socket */
    httpd_resp_send_err(req, HTTPD_404_NOT_FOUND, "Some 404 error message");
    return ESP_FAIL;
}

```

Fig. 74. Funció per gestionar errors procedents del HTTP del webserver

Tot seguit s'han de registrar totes les estructures URI que s'han creat anteriorment, això es fa a la funció `start_webserver`. És important tenir en compte la modificació de la línia de codi `config.max_uri_handlers = 10`; ja que per defecte són 8 els slots que podem omplir d'estructures URI, com que en aquest cas són 10, s'igual a la línia a 10, per poder encabir totes les estructures. Si aquesta línia de codi no es modifica el webserver no funcionarà, fent que les dues últimes estructures URI no es registrin i per tant no siguin funcionals.

En la següent figura es mostra tot el codi, on es registre cada estructura a través de la funció `httpd_register_uri_handler`:

```
static httpd_handle_t start_webserver(void)
{
    httpd_handle_t server = NULL;
    httpd_config_t config = HTTPD_DEFAULT_CONFIG();
    config.lru_purge_enable = true;
    config.max_uri_handlers = 10; /*Ampliem els slots del registering handler a 10, ja que per defecte es donen 8*/

    // Start the httpd server
    ESP_LOGI(TAG, "Starting server on port: '%d'", config.server_port);
    if (httpd_start(&server, &config) == ESP_OK) {
        // Set URI handlers
        ESP_LOGI(TAG, "Registering URI handlers");
        httpd_register_uri_handler(server, &ledoff); /*registrem la estructura URI que hem creat, en aquest cas és ledoff */
        httpd_register_uri_handler(server, &ledon); /*registrem la estructura URI que hem creat, en aquest cas és ledon */
        httpd_register_uri_handler(server, &endavantON);
        httpd_register_uri_handler(server, &endavantOFF);
        httpd_register_uri_handler(server, &endarrereON);
        httpd_register_uri_handler(server, &endarrereOFF);
        httpd_register_uri_handler(server, &esquerreON);
        httpd_register_uri_handler(server, &esquerreOFF);
        httpd_register_uri_handler(server, &dretaON);
        httpd_register_uri_handler(server, &dretaOFF);
        return server;
    }

    ESP_LOGI(TAG, "Error starting server!");
    return NULL;
}
```

Fig. 75. Funció per la inicialització del webserver. Font:[pròpia]

Per acabar de configurar el webserver, queden tres últimes funcions per implementar. La primera és la `stop_webserver`, aquesta funció que és cridada per la funció `disconnect_handler` i el que fa és parar el webserver.

La funció `disconnect_handler` el que fa és comprovar si el webserver està en funcionament, si és el cas, es para mitjançant la funció `stop_server`, mostrant a la consola de depuració la frase “stopping webserver”. Si la parada del servidor ha sigut un èxit, la variable del punter `*server` s’estableix com a `NULL`, indicant que el webserver ja no està funcionant, en el cas de que no es produeixi la parada es mostraria en la consola de depuració el següent: “Failed to stop http server”.

Per últim la funció `connect_handler` el que fa és molt similar a la funció `disconnect_handler`, utilitzant la següent condició, si el punter `*server = NULL`, és a dir, si el webserver està funcionant, la funció no fa res. Però si el webserver no està en funcionament, és a dir, és igual a `NULL`, llavors en la consola de depuració mostra el següent: “starting webserver” i el punter `*server` és igual a `start_webserver()`, fent que el webserver s’inicialitzi i la instància `http_handle_t` a la variable del punter `server`. Tal i com es mostra en la següent figura:

```

static esp_err_t stop_webserver(httpd_handle_t server)
{
    // Stop the httpd server
    return httpd_stop(server);
}

static void disconnect_handler(void* arg, esp_event_base_t event_base,
                              int32_t event_id, void* event_data)
{
    httpd_handle_t* server = (httpd_handle_t*) arg;
    if (*server) {
        ESP_LOGI(TAG, "Stopping webserver");
        if (stop_webserver(*server) == ESP_OK) {
            *server = NULL;
        } else {
            ESP_LOGE(TAG, "Failed to stop http server");
        }
    }
}

static void connect_handler(void* arg, esp_event_base_t event_base,
                            int32_t event_id, void* event_data)
{
    httpd_handle_t* server = (httpd_handle_t*) arg;
    if (*server == NULL) {
        ESP_LOGI(TAG, "Starting webserver");
        *server = start_webserver();
    }
}

```

Fig. 76. Funció stop_server, disconnect_handler i connect_handler. Font:[pròpia]

3.3.2.2.7 Configuració dels motors

En aquest apartat es mostra la configuració dels tres motors utilitzats, el motor esquerre, el motor dret i el motor de brutícia. La funció de configuració del motor de brutícia, com s'ha explicat en el apartat, 3.3.2.3.1 Encendre i Apagar el motor d'absorció de brutícia, també serveix per encendre i apagar un led, per això es diu configure_led, però fent un petit circuit que s'explicarà en el apartat de hardware, també serveix per un petit motor, que en aquest cas és el motor d'absorció de brutícia. Tot seguit es mostra la funció configure_led :

```

static void configure_led (void){
    /*Funció per configurar el LED*/

    gpio_reset_pin(LED);
    gpio_set_direction (LED, GPIO_MODE_OUTPUT);
}

```

Fig. 77. Funció configure_led, funció de configuració del motor d'absorció de brutícia. Font: [pròpia]

En aquesta funció el que es fa és posar el identificador LED dins de gpio_reset_pin, el identificador LED s'ha associat anteriorment a la cadena GPIO_NUM_2 utilitzant un #define. Quan es posa dins de gpio_reset_pin, el que fa és reiniciar l'estat del pin LED que en aquest cas és el gpio_num_2, un cop fet això, el s'utilitza el gpio_set_direction posant el pin LED en mode sortida, això es fa posant el GPIO_MODE_OUTPUT.

Per la funció de configuració del motor A, s'utilitza també les dues funcions `gpio_reset_pin` i `gpio_set_direction` tal i com es mostra en la següent figura:

```
static void configure_MotorA (void){
    /*Funció per configurar el MotorA*/

    gpio_reset_pin(IN1);
    gpio_reset_pin(IN2);
    gpio_reset_pin(ENA);
    gpio_set_direction (IN1, GPIO_MODE_OUTPUT);
    gpio_set_direction (IN2, GPIO_MODE_OUTPUT);
    gpio_set_direction (ENA, GPIO_MODE_OUTPUT);
}
```

Fig. 78. Funció de configuració del motor A. Font: [pròpia]

En aquest cas els identificadors que es posen com a pins de sortida són els del motor A, és a dir els del motor de l'esquerre, que són el IN1: Input 1, el IN2: Input 2 i el ENA: Enable A.

El mateix passa pel motor B, el motor de la dreta, però amb els pins de sortida IN3: Input 3, IN2: Input 2, ENB: Enable B, tal i com es mostra en la figura següent:

```
static void configure_MotorB (void){
    /*Funció per configurar el MotorB*/

    gpio_reset_pin(IN3);
    gpio_reset_pin(IN4);
    gpio_reset_pin(ENB);
    gpio_set_direction (IN3, GPIO_MODE_OUTPUT);
    gpio_set_direction (IN4, GPIO_MODE_OUTPUT);
    gpio_set_direction (ENB, GPIO_MODE_OUTPUT);
}
```

Fig. 79. Funció de configuració del motor B. Font: [pròpia]

3.3.2.2.7 Configuració del wifi

Per la configuració del wifi s'han creat els següents #define:

```
#define EXAMPLE_ESP_WIFI_SSID          CONFIG_ESP_WIFI_SSID
#define EXAMPLE_ESP_WIFI_PASS          CONFIG_ESP_WIFI_PASSWORD
#define EXAMPLE_ESP_WIFI_CHANNEL       CONFIG_ESP_WIFI_CHANNEL
#define EXAMPLE_MAX_STA_CONN           CONFIG_ESP_MAX_STA_CONN
```

Fig. 80. #Define necessaris per la configuració del wifi. Font: [pròpia]

Les cadenes d'aquests #define porten en la configuració del SDK, que aquests es fan de forma automàtica quan s'ha realitzat l'apartat "3.3.2.1 Configuració del ESP32 com a punt d'accés" tal i com es mostra en la següent figura:

```
#define CONFIG_ESP_WIFI_SSID "ESP32"
#define CONFIG_ESP_WIFI_PASSWORD "contrasenya"
#define CONFIG_ESP_WIFI_CHANNEL 1
#define CONFIG_ESP_MAX_STA_CONN 4
```

Fig. 81. Identificadors de la configuració del SDK. Font: [pròpia]

El SDK, són les sigles de Software development kit, recopila un grup d'eines que serveixen que permeten la programació d'aplicacions per un dispositiu en concret o plataforma, aquestes eines que sol incorporar solen ser exemples de codi, documentació específica per la plataforma o aplicació, entre altres.

El següent pas és configurar la funció wifi_event_handler, aquesta funció el que fa és que quan li arriba un esdeveniment (event_id) i aquest verifica la igualació del WIFI_EVENT_AP_STACONNECTED, que vol dir que l'esdeveniment s'ha connectat en el punt d'accés, es compleix la condició. Quan aquesta condició es compleix la variable event, passa a ser el punter de wifi_event_ap_staconnected_t, tot seguit passa agafar les dades del punter event_data en el punter event, per finalitzar la condició utilitza la funció ESP_LOGI, per imprimir un missatge a la consola de depuració.

Aquest missatge comença amb el TAG, que s'ha assignat en el principi del codi com a webserver i mostra finalment el registre que mostra la direcció MAC de la estació i el seu identificador associat.

En resum, si l'esdeveniment actual és l'esdeveniment de connexió d'una estació en el punt d'accés Wifi, la condició que es compleixi i es registre un missatge informatiu que mostra la direcció MAC i el identificador d'associació de la estació recent connectada.

La segona condició d'aquesta funció és molt similar però, en el cas de desconnexió d'una estació en el punt d'accés Wifi, si la condició es compleix i es registra un missatge informatiu que mostra la direcció MAC i el identificador d'associació de l'estació que s'ha desconnectat. A continuació es mostra tot lo explicat en la següent figura.

```
static void wifi_event_handler(void* arg, esp_event_base_t event_base,
                               int32_t event_id, void* event_data)
{
    if (event_id == WIFI_EVENT_AP_STACONNECTED) {
        wifi_event_ap_staconnected_t* event = (wifi_event_ap_staconnected_t*) event_data;
        ESP_LOGI(TAG, "station \"MACSTR\" join, AID=%d",
                 MAC2STR(event->mac), event->aid);
    } else if (event_id == WIFI_EVENT_AP_STADISCONNECTED) {
        wifi_event_ap_stadisconnected_t* event = (wifi_event_ap_stadisconnected_t*) event_data;
        ESP_LOGI(TAG, "station \"MACSTR\" leave, AID=%d",
                 MAC2STR(event->mac), event->aid);
    }
}
```

Fig. 82. Funció wifi_event_handler. Font: [pròpia]

Un cop realitzat la connexió i desconnexió d'un esdeveniment en el punt d'accés Wifi, s'ha d'inicialitzar i configurar el punt d'accés. Tal i com es mostra en la següent figura.

```

void wifi_init_softap(void)
{ /*Funció per inicialitzar el SoftAp, és a dir el punt d'accés*/

    ESP_ERROR_CHECK(esp_netif_init());
    ESP_ERROR_CHECK(esp_event_loop_create_default());
    esp_netif_create_default_wifi_ap();

    wifi_init_config_t cfg = WIFI_INIT_CONFIG_DEFAULT();
    ESP_ERROR_CHECK(esp_wifi_init(&cfg));

    ESP_ERROR_CHECK(esp_event_handler_instance_register(WIFI_EVENT,
                                                       ESP_EVENT_ANY_ID,
                                                       &wifi_event_handler,
                                                       NULL,
                                                       NULL));

    wifi_config_t wifi_config = {
        .ap = {
            .ssid = EXAMPLE_ESP_WIFI_SSID,
            .ssid_len = strlen(EXAMPLE_ESP_WIFI_SSID),
            .channel = EXAMPLE_ESP_WIFI_CHANNEL,
            .password = EXAMPLE_ESP_WIFI_PASS,
            .max_connection = EXAMPLE_MAX_STA_CONN,
            .authmode = WIFI_AUTH_WPA_WPA2_PSK,
            .pmf_cfg = {
                .required = false,
            },
        },
    };

    if (strlen(EXAMPLE_ESP_WIFI_PASS) == 0) {
        wifi_config.ap.authmode = WIFI_AUTH_OPEN;
    }

    ESP_ERROR_CHECK(esp_wifi_set_mode(WIFI_MODE_AP));
    ESP_ERROR_CHECK(esp_wifi_set_config(WIFI_IF_AP, &wifi_config));
    ESP_ERROR_CHECK(esp_wifi_start());

    ESP_LOGI(TAG, "wifi_init_softap finished. SSID:%s password:%s channel:%d",
             EXAMPLE_ESP_WIFI_SSID, EXAMPLE_ESP_WIFI_PASS, EXAMPLE_ESP_WIFI_CHANNEL);
}

```

Fig. 83. Funció wifi_init_softap .Font: [pròpia]

En resum, aquesta funció el que realitza és la inicialització i la configuració d'un punt d'accés Wifi en un dispositiu ESP32. Configura els paràmetres del punt d'accés, registra un controlador d'esdeveniments, estableix el mode i la configuració del Wifi i finalment inicia el punt d'accés.

Per finalitzar es mostra la funció més important de tot el programa, la funció app_main, en aquesta funció es realitza la configuració inicial i s'inicia el punt d'entrada al programa. Aquesta funció si que s'explica més en detall degut a la importància que té en el programa.

Comença declarant la variable estàtica *server* de tipus *http_handle_t* i s'inicialitza com a valor nul.

Tot seguit es crida la funció *configure_led()*, com ve s'ha dit en el inici, és la funció de configuració del motor d'absorció de brutícia, utilitzant el circuit que es mostra en el apartat 2.3.4.2 Drivers pels motors, sense utilitzar aquet circuit, serviria per encendre i apagar un led. També es crida la funció de *configure_MotorA()* aquesta s'encarrega de configurar el motor A, el mateix passa amb el motor B i la funció *configure_MotorB()*.

Un cop inicialitzades les funcions de configuració dels motors, es passa a la següent línia de codi, *esp_err_t ret = nvs_flash_init()*, aquesta línia de codi el que fa és emmagatzemar les dades en la NVS (Non-volatile storage) de forma persistent en la flash, el valor de retorn s'emmagatzema en la variable *ret*.

Seguidament es mostra la condició: *if (ret == ESP_ERR_NVS_NO_FREE_PAGES || ret == ESP_ERR_NVS_NEW_VERSION_FOUND)*, aquesta condició verifica si hi hagut errors específics durant la inicialització del subsistema NVS, si troba errors de pàgines no disponibles o es detecta una nova versió, s'executa el bloc del codi dins de les claus.

En el bloc es crida la funció *nvs_flash_erase()*, per borrar la memòria flash i després es torna a intentar la inicialització amb la funció *nvs_flash_init()*.

La següent línia *ESP_ERROR_CHECK(ret)*, aquesta línia verifica si s'ha produït algun registre durant la inicialització del subsistema NVS, si es detecta un error, es generarà un registre d'error i es s'aturarà l'execució. Després es fa un *ESP_LOGI(TAG, "ESP_WIFI_MODE_AP")*, per registrar un missatge conforme el mode Wifi del punt d'accés (AP), està activat.

Es crida la funció *wifi_init_softap()*, que com s'ha explicat anteriorment, s'encarrega de inicialitza i configurar el punt d'accés Wifi.

ESP_ERROR_CHECK(esp_netif_init()), inicialitza el subsistema de interfície de zarza, *esp_netif*.

Per últim *ESP_ERROR_CHECK(esp_event_handler_register(IP_EVENT, IP_EVENT_AP_STAIPASSIGNED, &connect_handler, &server))*, aquesta línia registre un

controlador d'esdeveniments (connect_handler) per l'esdeveniment d'assignació d'una direcció IP a un dispositiu en el punt d'accés Wifi (IP-EVENT_AP_STAIPASSIGNED), el controlador d'esdeveniments s'associarà amb la instància d'un servidor HTTP (server) per manejar els esdeveniments relacionats amb la connexió. Tot seguit es mostra una imatge del codi explicat.

```
void app_main(void)
{
    static httpd_handle_t server = NULL;

    configure_led(); /*cridem la funció de la configuració del led en el main*/
    configure_MotorA(); /*cridem la funció de la configuració del motor A en el main*/
    configure_MotorB(); /*cridem la funció de la configuració del motor B en el main*/
    //Initialize NVS
    esp_err_t ret = nvs_flash_init();
    if (ret == ESP_ERR_NVS_NO_FREE_PAGES || ret == ESP_ERR_NVS_NEW_VERSION_FOUND) {
        ESP_ERROR_CHECK(nvs_flash_erase());
        ret = nvs_flash_init();
    }
    ESP_ERROR_CHECK(ret);

    ESP_LOGI(TAG, "ESP_WIFI_MODE_AP");
    wifi_init_softap();

    ESP_ERROR_CHECK(esp_netif_init());

    ESP_ERROR_CHECK(esp_event_handler_register(IP_EVENT, IP_EVENT_AP_STAIPASSIGNED, &connect_handler, &server));/*registrem un event
    // ESP_ERROR_CHECK(esp_event_handler_register(WIFI_EVENT, WIFI_EVENT_STA_DISCONNECTED, &disconnect_handler, &server));

    /* Quan la IP està assignada en el punt d'accés, el event serà triggered i el connect handler serà cridat,
    * dins del connect handler inicialitzarem el webservice*/
}
}
```

Fig. 84. Funció Main. Font: [pròpia]

En resum, la funció app_main s'encarrega de realitzar la configuració inicial del programa, incloent la inicialització de subsistemes, la configuració del Wifi en mode punt d'accés, la configuració de dispositius com LED i motors i el registre de controladors d'esdeveniments per manejar els esdeveniments relacionats amb la connexió i desconnexió de dispositius en el punt d'accés Wifi.

<https://www.youtube.com/watch?v=w4r2wMeHJuo>

3.3.2.3 Codi HTML

El codi HTML (HyperText Markup Language), és el llenguatge de marcatge d'hipertext, aquest codi s'utilitza per estructurar i desplegar una pàgina web i els seus continguts, en aquest cas els botons de control del robot neteja piscines.

Un cop creat el punt d'accés, es realitza la construcció del codi HTML, aquest codi servirà per mostrar el botons en la pàgina del webserver un cop posada la IP i el URI. Per entendre bé el funcionament del codi HTML és important conèixer alguns conceptes que s'expliquen tot seguit.

Conceptes:

- **URI:** És l'abreviació de Uniform Resource Identifier, serveix per accedir a un recurs físic o abstracte per internet.
- **Handler:** És un mètode controlador d'esdeveniments en el receptor d'esdeveniments, és a dir, un cop rep un senyal que és una interrupció, el sistema operatiu busca la funció handler registrada per aquell esdeveniment=interruptió=senyal en el procés i l'executa.

S'han realitzat dos codis HTML, el codi pels botons de control estan en ON i un codi per quan estan en OFF, és a dir, inicialment tots els botons estan apagats, per tant estan en OFF fent que, quan l'usuari premi el botó passi a estar en ON. Quan això passa el botó està "linkejat" a

ON

```
<!DOCTYPE html>\
<html>\
<head>\
<style>\
.button {\
  border: none;\
  color: white;\
  padding: 15px 32px;\
  text-align: center;\
  text-decoration: none;\
  display: inline-block;\
  font-size: 16px;\
  margin: 4px 2px;\
  cursor: pointer;\
}\
\
.button1 {background-color: #4CAF50;} /* Green */\
.button2 {background-color: #008CBA;} /* Blue */\
.button3 {background-color: #FF7F50;} /* Orange */\
.button4 {background-color: #7FFF00;} /* Light Green */\
```

```

.button5 {background-color: #000000;} /* Black */\
\
</style>\
</head>\
<body>\
\
<h1>Control plataforma flotant - Pol Bassons</h1>\
\
<p>Aquest és el control dels motors del robot neteja piscines a través de la
plataforma mitjançant un punt d'accés Wifi</p>\
<p><strong>Tip:</strong> Prem un dels quatre botons (Endavant, Endarrere,
Esquerre, Dreta) per controlar la direcció del robot i prem el botó brutícia, per
encendre el motor de absorvidor de brutícia.</p>\
\
<button class="button button1" onclick= "window.location.href=
'/endavantOFF'">Endavant</button>\
<button class="button button2" onclick= "window.location.href=
'/endarrereOFF'">Endarrere</button>\
<button class="button button3" onclick= "window.location.href=
'/esquerreOFF'">Esquerre</button>\
<button class="button button4" onclick= "window.location.href=
'/dretaOFF'">Dreta</button>\
<button class="button button5" onclick= "window.location.href=
'/ledoff'">Brutícia</button>\
\
\
</body>\
</html>

```

OFF

```

<!DOCTYPE html>\
<html>\
<head>\
<style>\
.button {\
  border: none;\
  color: white;\
  padding: 15px 32px;\
  text-align: center;\
  text-decoration: none;\
  display: inline-block;\
  font-size: 16px;\
  margin: 4px 2px;\
  cursor: pointer;\
}\
\
.button1 {background-color: #4CAF50;} /* Green */\
.button2 {background-color: #008CBA;} /* Blue */\
.button3 {background-color: #FF7F50;} /* Orange */\
.button4 {background-color: #7FFF00;} /* Light Green */\
.button5 {background-color: #000000;} /* Black */\
\

```

```

</style>\
</head>\
<body>\
\
<h1>Control plataforma flotant - Pol Bassons</h1>\
\
<p>Aquest és el control dels motors del robot neteja piscines a través de la plataforma mitjançant un punt d'accés Wifi</p>\
<p><strong>Tip:</strong> Prem un dels quatre botons (Endavant, Endarrere, Esquerre, Dreta) per controlar la direcció del robot i prem el botó brutícia, per encendre el motor de absorvidor de brutícia.</p>\
\
<button class="button button1" onclick= \"window.location.href=
'/endavantON'\">Endavant</button>\
<button class="button button2" onclick= \"window.location.href=
'/endarrereON'\">Endarrere</button>\
<button class="button button3" onclick= \"window.location.href=
'/esquerreON'\">Esquerre</button>\
<button class="button button4" onclick= \"window.location.href=
'/dretaON'\">Dreta</button>\
<button class="button button5" onclick= \"window.location.href=
'/ledon'\">Brutícia</button>\
\
\
</body>\
</html>

```

```

<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
<style>
.button {
border: none;
color: white;
padding: 15px 32px;
text-align: center;
text-decoration: none;
display: inline-block;
font-size: 16px;
margin: 4px 2px;
cursor: pointer;
}

.button1 {background-color: #4CAF50;} /* Green */
.button2 {background-color: #008CBA;} /* Blue */
.button3 {background-color: #FF7F50;} /* Orange */
.button4 {background-color: #7FFF00;} /* Light Green */
.button5 {background-color: #000000;} /* Black */

</style>

```

```
</head>
<body>

<h1>Control plataforma flotant - Pol Bassons</h1>

<p>Aquest és el control dels motors del robot neteja piscines a través de la plataforma
mitjançant un punt d'accés Wifi</p>
<p><strong>Tip:</strong> Prem un dels quatre botons (Endavant, Endarrere, Esquerre,
Dreta) per controlar la direcció del robot i prem el botó brutícia, per encendre el motor de
absorvidor de brutícia.</p>

<button class="button button1" onclick= "window.location.href=
'/endavantON'">Endavant</button>
<button class="button button2" onclick= "window.location.href=
'/endarrereON'">Endarrere</button>
<button class="button button3" onclick= "window.location.href=
'/esquerreON'">Esquerre</button>
<button class="button button4" onclick= "window.location.href= '/dretaON'">Dreta</button>
<button class="button button5" onclick= "window.location.href= '/ledon'">Brutícia</button>

</body>
</html>
```

Tot seguit es mostra com quedaria el webserver des d'un ordinador i des d'un smartphone.



Fig. 85. Pàgina HTML des d'un PC. Font: [pròpia]



Fig. 86. Pàgina HTML des d'un smartphone. Font: [pròpia]

3.3.3 Estructura

3.3.3.1 Estructura client-servidor

Tot seguit es mostra l'estructura client-servidor, on comença el client (usuari), connectant-se a qualsevol dispositiu amb accés a internet. Aquest introdueix el URL amb la URI corresponent, un cop connectat el servidor web, pot prémer qualsevol botó per accionar els motors del robot neteja piscines, l'accionament es fa a través del punt d'accés Wifi de la ESP32.

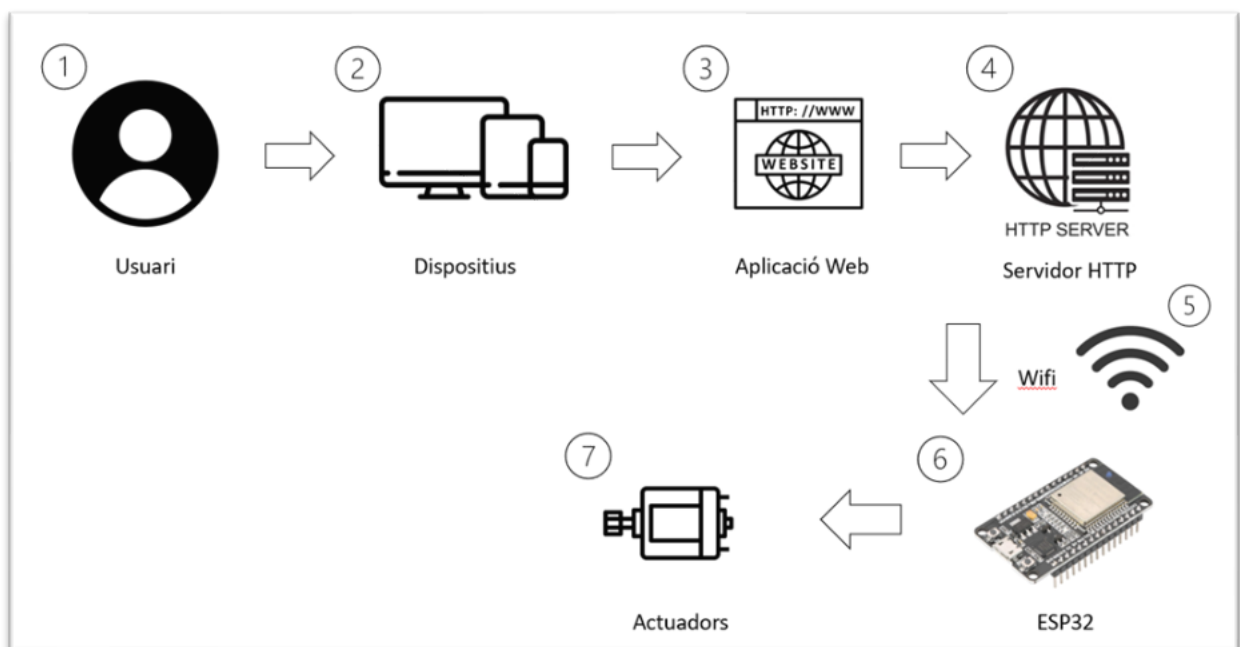


Fig. 87 Estructura client-servidor. Font: [pròpia]

Seguidament es mostra la pila de protocols que s'ha utilitzat pel funcionament d'aquest projecte.

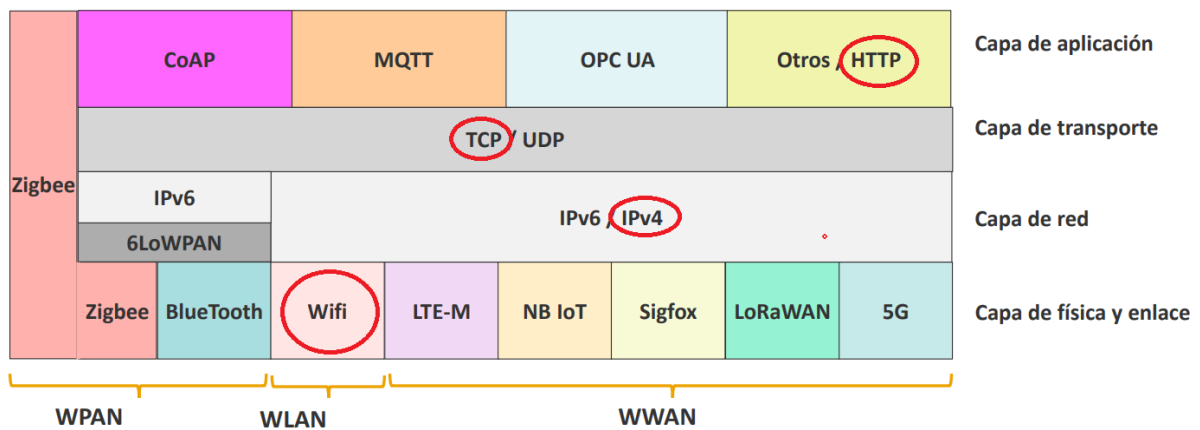


Fig. 88. Pila de protocols IOT amb la selecció de protocols utilitzats per aquest projecte. Font: [69]

Com a capa física i enllaç s'ha decidit utilitzar Wifi, ja que on s'utilitza la plataforma flotant de comunicació i control és en una piscina recreativa, aquesta sol ser d'un propietari que té una casa amb Wifi. A més a més de la gran velocitat de transferència de les dades fent que sigui perfecte per poder controlar motors a diferència d'altres com per exemple LoRaWAN.

La capa de xarxa és una IPv4, és versió més utilitzada avui dia i utilitza una direcció de 32 bits com seria aquest cas, per la capa de transport és la TCP. Per últim la capa d'aplicació, la qual s'ha utilitzat el HTTP, per així crear el webserver.

3.3.3.2 Estructura del programa

En aquest subapartat es mostra l'estructura del programa, aquest es fa a través de interrupcions les quals les provoca el client/usuari depenent del botó que premi el usuari, s'executarà un procés o un altre. En el cas del motor d'absorció de brutícia un cop es premi el botó, el motor romandrà activat fins que no es torni a prémer el motor. En canvi pels altres el motor estarà activat quan el botó romanguí premés.

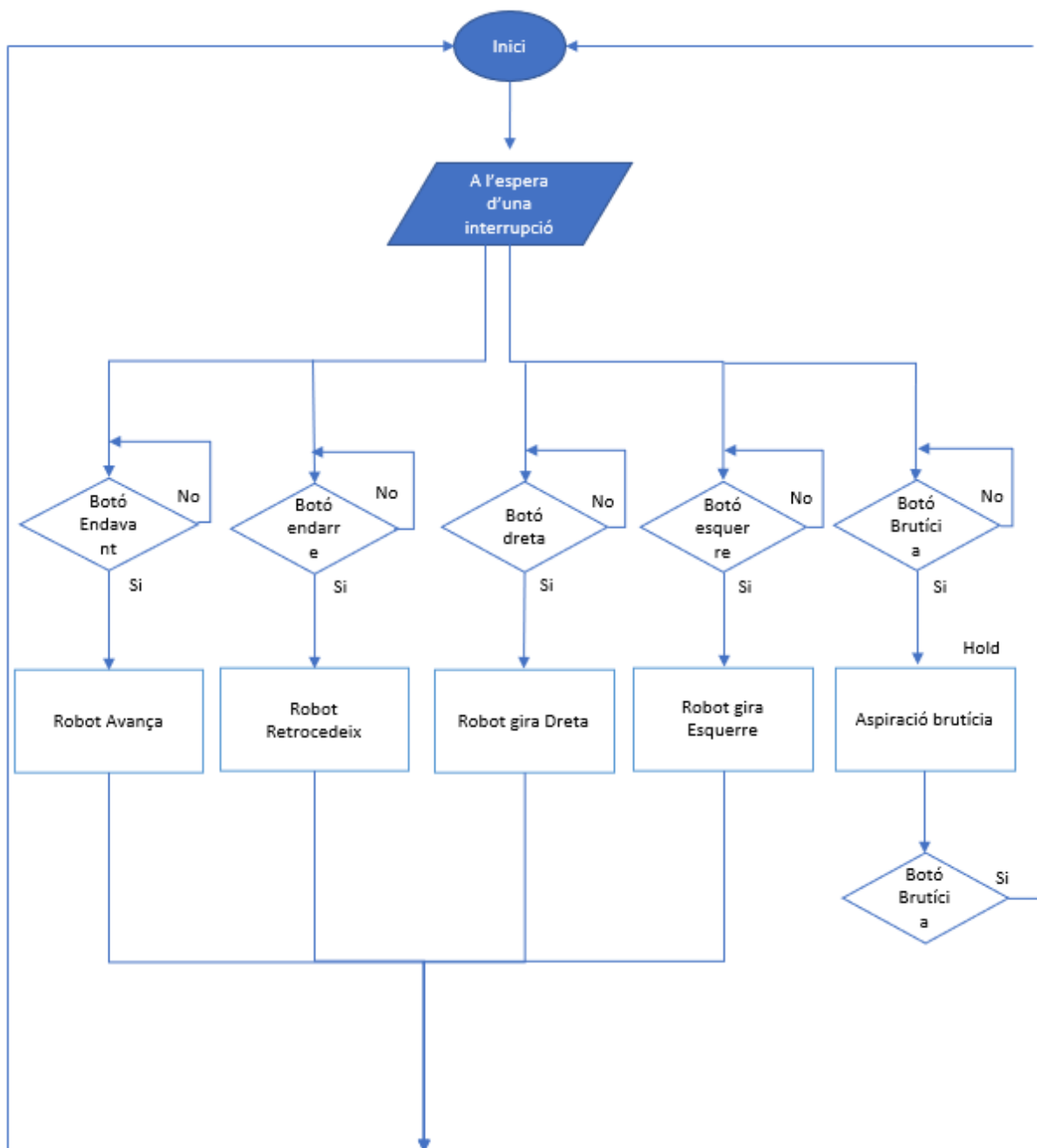


Fig. 89. Estructura del programa. Font: [pròpia]

3.4 Hardware

En aquest apartat es desenvolupa tota la part del hardware de l'electrònica, per comprovar el seu correcte funcionament.

En el apartat 2.3.4 Sistema de control, s'ha fet un estudi bastant complet del hardware que es necessita per desenvolupar la sistema flotant de comunicació i control, però en aquest apartat es mostra el desenvolupament real del hardware. No obstant pel desenvolupament d'aquest hardware s'ha fet el més assequible econòmicament possible, ja que gran part del hardware mencionat en el apartat 2.3.4 no entra dins del pressupost de desenvolupament, per l'alt cost d'aquest.

3.4.1 Prototip funcional

El prototip funcional ha sigut el més senzill possible, aquest ha servit per comprovar el correcte funcionament del control manual del robot neteja piscines. Aquest s'ha fet mitjançant els següents components:

- 2 Motors reductors DC de 3-12V
- 2 Rodes de joguina
- 1 ESP32 + Cable USB
- 1 Driver L298N
- 1 Font d'alimentació de 10 V
- 1 Mini protoboard

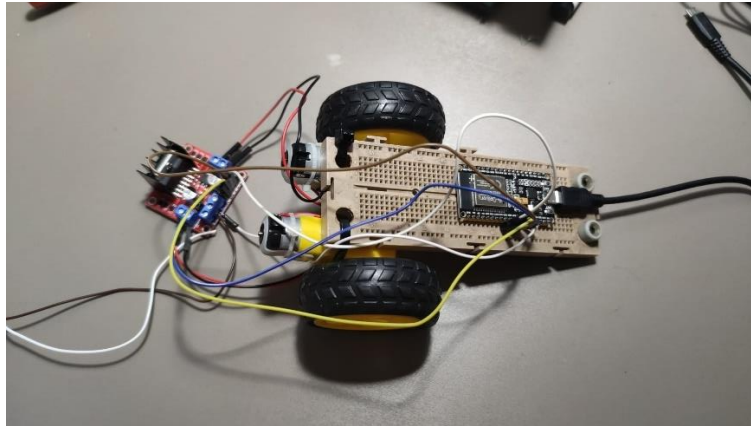


Fig. 90. Vista des de planta del primer prototip

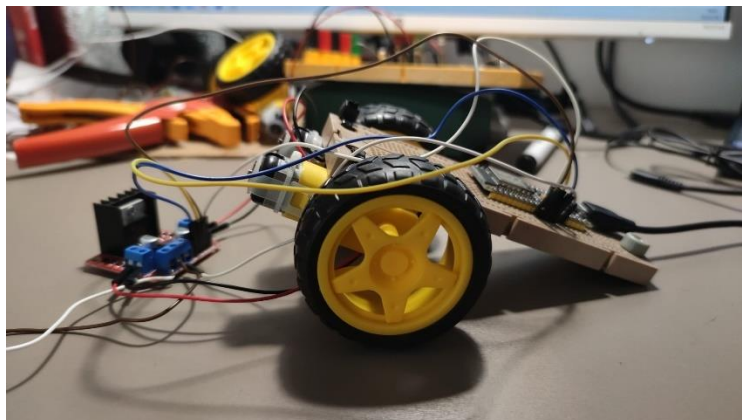


Fig. 91. Vista des de alçat del primer prototip

Amb aquest prototip funcional s'han fer diverses proves de control, hi han sigut satisfactòries és a dir el control dels motors funciona perfectament, tal i com s'havia previst.

4. Pressupost

Tot seguit es mostra el pressupost, amb els seus corresponents capítols, el capítol I : Elaboració del projecte, el capítol II: Materials, el capítol III: Amortitzacions i el total del pressupost amb el IVA inclòs.

4.1 Capítol I: Elaboració del projecte

Per l'elaboració del projecte s'han tingut en compte la feina feta per part del projectista amb les hores corresponents de cada aspecte de l'elaboració del projecte amb el seu preu unitari i el import total de cada tot es recopila en la següent taula.

Capítol I: Elaboració del projecte				
Codi	Descripció[1]	Parts iguals	Preu unitari (€)	Import (€)
1.1	Hores de projectista destinades a la cerca d'antecedents i informació prèvia diversa	98	30	2.940
1.2	Hores de projectista destinades a la definició i plantejament de la solució	128	50	6.400
1.3	Hores de projectista destinades al desenvolupament i disseny de la solució (H/S)	375	50	18.750
1.4	Hores de projectista destinades a la realització i posada en marxa del prototip	75	40	3.000
1.5	Hores de projectista destinades a l'elaboració escrita i edició dels documents del projecte	225	20	4.500
COSTOS INDIRECTES				
1.6	Costos indirectes de ma d'obra			3.000

Taula 4.1. Elaboració del projecte

[1] Els conceptes indicats corresponen a agrupacions de les activitats considerades en la planificació del projecte

Total del capítol I	38.590 €
Total del capítol I (25% de marge)	48.237,5 €

4.2 Capítol II: Materials

En aquest capítol es recopilen els costos de materials del prototip, amb el número d'unitats de cada material, el preu unitari per material i el import total, tot això es mostra en la taula següent:

Capítol II: Material				
COSTOS MATERIAL PROTOTIP				
COMPONENTS ACTIUS				
Codi	Descripció	Unitats totals	Preu unitari (€)	Import (€)
2.1	Transistor Darlington BU391	1	5,53	5,53
COMPONENTS PASSIUS				
Codi	Descripció	Unitats totals	Preu unitari (€)	Import (€)
2.2	Resistència de 47 ohms: Mouser, 603-CFR-25JT-52-47K	1	0,65	0,65
2.3	Díode SBRT20U50SLPQ	1	1,02	1,02
CONNECTORS				
Codi	Descripció	Unitats totals	Preu unitari (€)	Import (€)
2.4	Cables Jumper: Per connectar ESP32 al driver L298N	6	3,41	20,46
2.5	Cables de connexió: Alpha Wire 3077 RD005 (7m)	1	7,91	7,91
PCBs				

Codi	Descripció	Unitats totals	Preu unitari (€)	Import (€)
2.6	Convertidor Buck DC-DC 12v a 5V	1	7,69	7,69
2.7	ESP32-DevKitC V4	1	11,37	11,37
2.8	Driver L298N	1	3,99	3,99
ACTUADORS				
Codi	Descripció	Unitats totals	Preu unitari (€)	Import (€)
2.9	Motor direcció: RS-PRO model 413-0622	2	18	36
2.10	Motor absorció brutícia: RS-PRO model 238-9721	1	5,32	5,32
COMPONENTS DISSENYATS MECÀNICA				
Codi	Descripció	Unitats totals	Preu unitari (€)	Import (€)
2.11	Base plataforma: Disseny 3D polipropilè homopolímer	1	16,39	16,39
2.12	Tapa plataforma: Disseny 3D polipropilè homopolímer	1	8,69	8,69
2.13	Flotador plataforma: Disseny 3D escuma de poliuretà	1	7,33	7,33
2.14	Base electrònica: Disseny 3D polipropilè homopolímer	1	2,32	2,32
COMPONENTS MECÀNICA COMPRATS				
Codi	Descripció	Unitats totals	Preu unitari (€)	Import (€)
2.15	Tap carregador: RS-PRO 865-9770	1	0,319	0,319
2.16	Prensa estopa: RS-PRO 444-3035	1	4,88	4,88
2.17	Cargols: Allen M7	4	0,4615	1,846
2.18	Femelles: Festo NPQH-BK-M7-P10	4	0,15	0,6
2.19	Junta tòrica: M50 gruix 2mm	1	8,25	8,25
Costos indirectes				
2.20	Costos indirectes de material			30

Taula 4.2. Taula dels costos de material

Total del capítol II	180,56 €
Total del capítol II (15% imprevistos)	207,64 €

4.3 Capítol III: Amortitzacions

Tot seguit es mostra el capítol III amb la taula d'amortitzacions on es descriu els actius a amortitzar el cost d'inversió, el nombre d'anys a amortitzar i el cost per any.

Capítol III: Amortitzacions[1]				
EQUIPS INFORMÀTICS I SOFTWARE				
Codi	Descripció	Cos Inv.	N (anys)	€/any
3.1	Ordinador	1000	3	166,67
3.2	Software ORCAD	1000	3	166,67
3.3	Software MS-Project	200	3	33,33
3.4	Solidworks	300	3	50,00
3,5	Pack office	50	3	8,33
3.6	Espressif-IDE	0	0	0,00
EQUIPS LABORATORI				
3.7	Impressora 3D	5000	5	500
3.7	Equip de soldadura	2000	5	200
3.8	Eines de treball	1000	5	100

Taula 4.3 Taula d'amortitzacions

[1] Les amortitzacions es calculen en el supòsit de la realització de 2 projectes per any

Total	1.225,00 €
-------	------------

4.4 Pressupost final

Pel que fa el pressupost final, és la suma dels tres capítols anteriors més l'aplicació del IVA d'un 21 %, fent així que el total del pressupost sigui de 60.100,88 €, tot seguit es mostra la taula amb el càlcul realitzat.

Total Capítol I (€)	48.237,5
Total Capítol II (€)	207,64
Total Capítol III (€)	1.225,00
Total (€)	49.670,14
IVA 21%	10.430,73
Total pressupost (€)	60.100,88

Taula 4.4 Taula del pressupost final

5. Normativa

En aquest punt es mostraran les normatives necessàries pel correcte funcionament i compliment de totes les característiques i requisits necessaris per complir amb el projecte, citant la norma, títol i font d'aquesta. Al ser l'avantprojecte, és possible que més endavant es modifiqui aquest llistat de normes, depenent de les possibles variacions o imprevistos que puguin sorgir.

5.1 Normativa de robots

Norma	Títol	Font
UNE-EN IEC/ASTM 62885-7:2021	Aparatos de limpieza de superficies. Parte 7: Robots de limpieza en seco para uso doméstico. Métodos de medición de la aptitud para la función.	[54]
UNE-EN 62849:2017	Métodos de evaluación de la aptitud para la función de los robots móviles para uso doméstico.	[55]
UNE-EN 50410:2008	Aparatos electrodomésticos y análogos. Seguridad. Requisitos particulares para robots decorativos.	[56]

Taula 0.1. Normativa robots

5.2 Components electromecànics i estructures mecàniques per equips electrònics

Norma	Títol	Font
UNE-EN IEC 61587-1:2022 (Ratificada)	Estructuras mecánicas para equipos eléctricos y electrónicos. Ensayos para las series de Normas IEC 60917 e IEC 60297. Parte 1: Requisitos ambientales, configuración de ensayos y aspectos de seguridad (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en marzo de 2022.)	[57]
UNE-EN IEC 60917-1:2019 (Ratificada)	Orden modular para el desarrollo de las estructuras mecánicas para las infraestructuras electrónicas. Parte 1: Norma genérica. (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en diciembre de 2019.)	[58]
UNE-EN IEC 61969-3:2020 (Ratificada)	Estructuras mecánicas para equipos eléctricos y electrónicos. Contenedores de intemperie. Parte 3: Requisitos ambientales, ensayos y aspectos de seguridad. (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en septiembre de 2020.)	[59]

5.3 Fabricació additiva

Taula 0.2. Fabricació additiva

Norma	Títol	Font
UNE-EN ISO/ASTM 52900:2022	Fabricación aditiva. Principios generales. Fundamentos y vocabulario. (ISO/ASTM 52900:2021).	[60]
UNE-EN ISO/ASTM 52925:2022	Fabricación aditiva de polímeros. Materias primas. Cualificación de materiales para la fabricación de piezas por fusión por láser en lecho de polvo. (ISO/ASTM 52925:2022).	[61]
UNE-CEN/TR/ISO/ASTM 52912:2020 (Ratificada)	Fabricación aditiva. Diseño. Fabricación aditiva con gradiente funcional (ISO/ASTM/TR 52912:2020) (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en noviembre de 2020.)	[62]
UNE-EN ISO/ASTM 52903-2:2021	Fabricación aditiva. Fabricación aditiva de materiales plásticos basada en extrusión de materiales. Parte 2: Equipo de proceso. (ISO/ASTM 52903-2:2020).	[63]

5.4 Terminologia elèctrica

Taula 0.3. Terminologia elèctrica

Norma	Títol	Font
UNE 21302-131:2004	Vocabulario electrotécnico. Parte 131: Teoría de circuitos.	[64]
UNE-IEC 60050-351:2010	Vocabulario electrotécnico. Parte 351: Control automático.	[65]

UNE 21302-151:2004	Vocabulario electrotécnico. Parte 151: Dispositivos eléctricos y magnéticos.	[66]
UNE 21302-541:1992	Vocabulario electrotécnico. Circuitos impresos.	[67]
UNE 21302-551:1999	Vocabulario electrotécnico. Capítulo 551: Electrónica de potencia.	[68]
UNE 21302-521:2004	Vocabulario electrotécnico. Parte 521: Dispositivos semiconductores y circuitos integrados.	[69]
UNE-IEC 60050-581:2009	Vocabulario electrotécnico. Parte 581: Componentes electromecánicos para equipos electrónicos.	[70]

5.5 Tecnología del muntatge en superfície i electrònica impresa

Taula 0.4. Tecnología del muntatge en superfície i electrònica impresa

Norma	Títol	Font
UNE-EN IEC 61191-1:2018 (Ratificada)	Conjuntos de tarjetas con circuito impreso. Parte 1: Especificación genérica. Requisitos para conjuntos eléctricos y electrónicos soldados que utilizan tecnología de montaje en superficie y tecnología de montaje relacionadas. (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en diciembre de 2018.)	[71]
UNE-EN 62421:2007 (Ratificada)	Tecnología para conjuntos electrónicos. Módulos electrónicos (IEC 62421:2007). (Ratificada por AENOR en marzo de 2008.)	[72]
UNE-EN IEC 62878-2-602:2021 (Ratificada)	Sustrato empotrado en dispositivo. Parte 2-602: Directrices para módulo electrónico apilado. Método de evaluación de la conectividad eléctrica intermodular (Ratificada por la Asociación Española de Normalización en octubre de 2021.)	[73]

5.6 Comunicacions

Taula 0.5. Comunicacions

Norma	Títol	Font
UNE-EG 202057-4 V1.2.1:2009	Aspectos de calidad, transmisión y procesamiento de voz (STQ). Definición y mediciones de los parámetros de calidad de servicio (QoS) relacionados con los usuarios. Parte 4: Acceso a Internet.	[74]
UNE-EN V1.1.1:2006 300761-2	Cuestiones de Compatibilidad Electromagnética y Espectro Radioeléctrico (ERM). Dispositivos de corto alcance (SRD). Identificación automática de vehículos (AVI) para vías férreas que funcionan en el intervalo de frecuencias de 2,45 GHz. Parte 2: EN Armonizada que cubre los requisitos esenciales bajo el artículo 3.2 de la Directiva RTTE.	[75]
UNE-I-ETS 300440:1999	Sistemas y Equipos de Radio (RES). Dispositivos de corto alcance. Características técnicas y métodos de prueba para equipos de radio para utilizar en el intervalo de	[76]

	frecuencias entre 1 GHz y 25 GHz.	
--	-----------------------------------	--

5.7 Materials aillants

Taula 0.6. Materials aillants

Norma	Títol	Font
UNE 21345-1:1977	Materiales aislantes eléctricos. Tejidos barnizados. Especificaciones para tejidos de algodón con barniz oleorresinoso (OR/C).	[77]
UNE-EN 60464-3-2:2002	Barnices utilizados para aislamiento eléctrico. Parte 3: Especificaciones para materiales particulares. Hoja 2: Barnices de impregnación curados al calor.	[78]
UNE 21345-2:1977	Materiales aislantes eléctricos. Tejidos barnizados. Especificaciones para tejidos de fibra de vidrio, con barniz oleorresinoso, poliuretano, epoxi o silicona.	[79]
UNE-EN 13172:2012	Productos aislantes térmicos. Evaluación de la conformidad.	[80]

5.8 Normativa especifica per la mecànica de la plataforma i seguretat

Taula 0.7. Normativa específica per la mecànica de la plataforma i seguretat

Norma	Títol	Font
UNE-EN 14504:2020	Embarcaciones de navegaci3n interior. Embarcaderos flotantes y pasarelas flotantes en aguas interiores. Requisitos, ensayos.	[81]
UNE-EN ISO 18830:2018	Plásticos. Determinaci3n de la biodegradabilidad aerobia de los materiales plásticos no flotantes en una interfaz agua de mar/sedimentos arenosos. Método por la medici3n de la demanda de oxígeno en respirómetro cerrado. (ISO 18830:2016).	[82]
UNE 27700:2013	Sistemas y equipos para mejorar la reserva de estabilidad y flotabilidad de barcos y estructuras flotantes mediante medios inflables, en casos de escora excesiva o inundaci3n. Requisitos y métodos de ensayo del módulo de flotaci3n.	[83]
UNE-EN ISO 12100:2012	Seguridad de las máquinas. Principios generales para el diseño. Evaluaci3n del riesgo y reducci3n del riesgo. (ISO 12100:2010)	[84]

6. Patents

Nº de patent: 2 753 180
Títol de la patent: Fuentes de alimentación para equipo de piscina y spa
Invetor/s: POTUCEK, KEVIN L.; WILLIS, DENNIS; SUMONTHEE, JEFFREY; RENAUD, BENOIT J.; PHILHOWER, DOUGLAS H.; FORSYTHE, PATRICK J. y
Descripció de la patent: Fuentes de alimentación para equipo de piscina y spa
Font: [85]
País de la patent: Espanya
Plànol/s:

Nº de patent: US 10 , 079 , 504 B2

Títol de la patent: FLOATING POWER SUPPLY FOR A BODY OF WATER AND METHOD THEREFOR

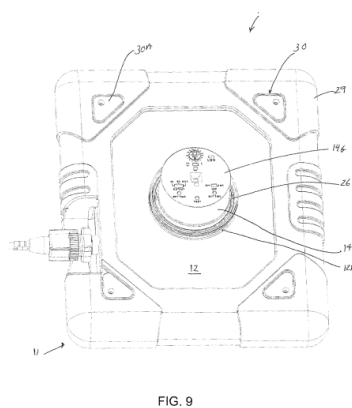
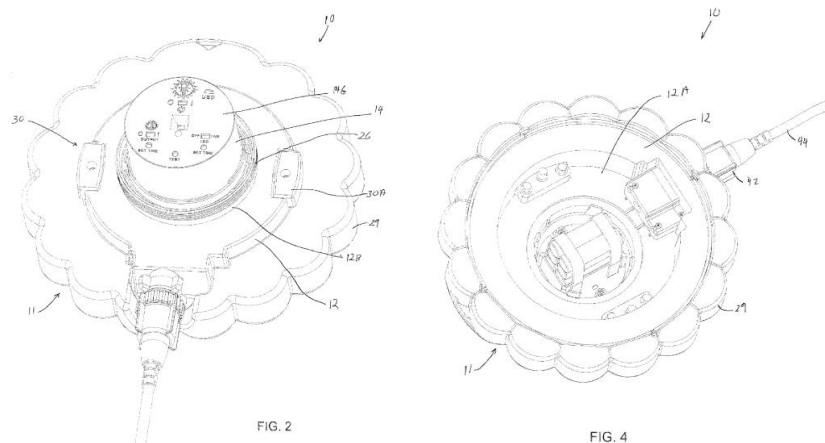
Invetor/s: Wing - Kin Hui , Hong Kong (CN) ; Wing - Tak Hui , Hong Kong (CN) ; Andrew Hui , San Jose , CA (US)

Descripció de la patent: The present application generally relates to swimming pool devices , and more specifically , to a mobile floating power supply to power devices in a swimming pool or other bodies of water wherein the mobile floating power supply is not tethered to a power supply outlet external to the body of water .

Font: [86]

País de la patent: Estats Units

Plànol/s:



Nº de patent: WO 2022/189981 A1

Títol de la patent: FLOATING POWER SUPPLY FOR A BODY OF WATER AND METHOD THEREFOR

Invetor/s:

Inventors: WITELSON, Shay; c/o Maytronics Ltd., Kibbutz Yizrael, 1935000 Kibbutz Yizrael (IL). **BEN DOV, Boaz;** c/o Maytronics Ltd., Kibbutz Yizrael, 1935000 Kibbutz Yizrael (IL).

Descripció de la patent:

[007] To understand the invention and to see how it may be carried out in practice, embodiments and/or arrangements will now be described, by way of a non-limiting examples only, with reference to the accompanying drawings, in which:

Font: [87]

País de la patent: Internacional

Plànol/s:

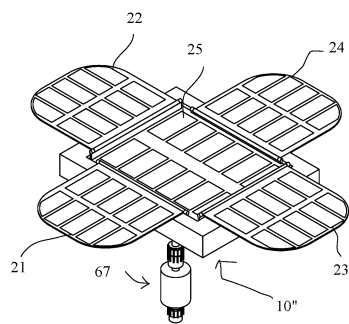


FIG. 11

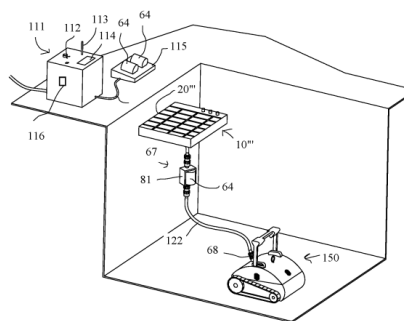


FIG. 12

7. Perspectiva de gènere

Aquest apartat tracta sobre la perspectiva de gènere, donat que aquest treball de final de grau és un sistema flotant de comunicació i control. Aquest és considerat un producte, però el disseny és totalment funcional. Tot seguit s'argumenta perquè no s'aplica en cap moment la perspectiva de gènere en cap dels apartats del projecte.

Una plataforma flotant o boia no fa cap distinció tan de gènere com de sexe a nivell funcional, ja que la seva funcionalitat és mantenir-se en la superfície. Com que el disseny no és comercial, no està orientat a cap tipus de client objectiu, és a dir, la pot utilitzar qualsevol individu. Pel que fa el sistema de control, és també purament funcional, amb una interfície on es pot controlar de forma remota els motors d'un robot netejador de piscines o d'un drone a través d'un PC o Smartphone.

Tampoc es té previst en un futur, si es crea un disseny més comercial, el gènere, sexe, raça o edat donat que aquests aspectes no influiran en el disseny. Per la part visual del producte es realitzarà un disseny orientat a la qualitat, senzillesa i practicitat, d'aquest.

Per tant, no es presenta en aquest document similituds i diferències en les experiències, interessos, expectatives, actituds i comportaments de les dones i dels homes, així com identificació de les causes i conseqüències de la desigualtat de gènere, a conseqüència de cop ja s'ha dit reiteradament que l'estudi i realització d'aquest projecte és un disseny purament funcional.

8. Impacte mediambiental

El projecte tracta d'un sistema flotant de comunicació i control, principalment per robots neteja piscines, tan per piscines recreatives com per piscines esportives.

Pel què fa l'ús de l'esmentat projecte per part del client/usuari no contempla un risc a nivell mediambiental. Però la fabricació i construcció d'aquest provoca un impacte mediambiental en l'atmosfera igual que tots els processos indirectes del projecte, com per exemple el transport.

Per la part de disseny, fabricació i construcció que és la qual es té en compte en aquest projecte, és important prendre en consideració que la majoria de parts mecàniques estan fetes de polímers, com el polipropilè i l'espuma de poliestirè. Aquests dos materials generen un impacte mediambiental, a diferents nivells.

Un exemple seria la producció, l'extracció i refinament del petroli pel polipropilè o la utilització d'alguns productes químics per la producció de l'espuma de poliestirè. A més a més que aquest procés pot generar gasos d'efecte hivernacle. Tot i que tota aquesta part s'encarrega de gestionar-la el proveïdor, es buscaran proveïdors locals per reduir el temps de transport i per tant la petjada de carboni. També es tindrà en consideració aquells proveïdors que respectin més el medi ambient en tots els seus processos.

És important mencionar el procés d'injecció, ja que s'utilitzarà per produir totes les peces de polipropilè. La injecció és un dels processos més contaminants d'aquest projecte, per les emissions de gasos hivernacle, la generació de residus i la possible contaminació del terra de la fàbrica, entre altres. Per això és important fer un càlcul precís de la demanda, per no fer sobreproduccions.

Tota la part electrònica podrà ser substituïda en qualsevol moment, gràcies a la fàcil extracció del disseny o ser reparada per un tècnic de manteniment.

Pel què fa el reciclatge i reutilització, gràcies el disseny orientat a facilitar el manteniment, s'intentarà fer un manteniment preventiu per allargar la vida útil de tot el producte. En cas de trencament d'alguna peça o part del sistema flotant, es substituirà en la mesura del possible per poder evitar una producció innecessària.

Tots els residus produïts els gestionarà una planta de gestió de residus subcontractada per l'empresa. Sobretot per gestionar les bateries de liti, ja que aquestes contenen materials molt tòxics.

Es recullen a continuació, en forma de taula, les principals accions i factors que s'hauran de prendre en consideració en l'estudi de detall. Dividint-la en una taula de d'accions impactants i una altra taula de factors ambientals impactats. A més a més en els annexes s'inclouen les taules del informe mediambiental.

8.1 Accions impactants¹

Acciones Impactants		Observacions
Fase de Construcció o Execució	Creació dels motlles	Totes aquestes accions creen residus o algun tipus d'impacte ambiental
	Injecció de peces fetes de polímers	
	Fabricació i instal·lació de tota l'electrònica	
	Assemblatge i muntatge de totes les parts	
	Proves i ajustos	
Fase de Funcionament o Explotació	Verificació del funcionament tan de la part electrònica com la part mecànica	
	Transport	
Fase d'Ús ²	Consum elèctric pel funcionament	L'estalvi d'ús d'energia, és a conseqüència de que la plataforma sustenta el pes de la bateria fent que el robot neteja piscines no hagi d'arrossegar aquest pes i així reduir el consum d'energia del robot.
	Estalvi d'ús d'energia	
	Minimització de residus dins la piscina	

8.2 Factors ambientals impactats

Impacte sobre ...		
Factor Ambiental		
	Atmosfera	El possible impacte en l'atmosfera és en l'extracció i tractament de les matèries primeres per part dels proveïdors i el Co2 provocat pel transport
	Sòl	No hi ha un impacte directe en el sol, ja que el cas d'ús del projecte és en piscines

¹ Enumerar i incloure els comentaris que s'estimin oportuns

² La llista de control no inclou preguntes directes referents a l'ús del producte o servei resultant de l'explotació del projecte. Tanmateix, si s'escau, s'hauran de recollir les principals accions impactants relacionades, i els factors ambientals impactats

Medi Natural	Aigua	Tot i ser una plataforma flotant, els materials empleats per la fabricació i construcció de la plataforma, no afecten en l'aigua on es diposita
	Flora	No hi ha un impacte directe en la flora, ja que s'utilitza en piscines
	Fauna	No hi ha un impacte directe en la fauna, ja que s'utilitza en piscines
	Medi perceptual	No hi ha un impacte directe en el medi perceptual, ja que s'utilitza en piscines
Medi Socioeconòmic	Usos del territori	No hi ha impacte sobre els usos del territori
	Culturals	No hi ha impacte cultural
	Infraestructura	No hi ha un impacte sobre la infraestructura, ja que és una plataforma flotant
	Humans	El possible impacte és el us de la plataforma per part dels clients
	Economia i població	Creació de nous llocs de treball

9. Planificació del treball

En aquest apartat es mostrarà la planificació de tot el treball, tan d'electrònica com de mecànica, amb un taula de la planificació general i seguidament una taula de les tasques de tot el projecte a més a més del diagrama de gantt d'aquest. També s'implementen punts de control durant tot el transcurs del projecte i una identificació de riscos i accions de contingència respecte aquests.

9.2 Planificació general

Tot seguit es mostra la planificació general de tot el treball, consta de 12 tasques, començant el 3 d'octubre del 2022 i acabant el 7 de juny del 2023, l'entrega de la memòria final és del 15 al 16 de juny, tenint una setmana aproximadament per resoldre petits imprevistos que hagin sorgit, cal aclarir que aquesta és una estimació, per tant és susceptible de que hi hagin canvis o variacions en el transcurs del projecte.

Taula. Planificació general del projecte

Tasca	Durada	Inici	Final
Planificació del projecte	178 dies	03/10/22	07/06/23
Tria i planificació del projecte	5 dies	03/10/22	07/10/22
Objectius	11 dies	10/10/22	24/10/22
Presentació de la proposta	53 dies	25/10/22	05/01/23
Introducció del projecte	11 dies	06/01/23	20/01/23
Hardware	20 dies	23/01/23	17/02/23
Software	55 dies	20/02/23	05/05/23
Primera proposta	28 dies	23/01/23	01/03/23
Millores envers la proposta	7 dies	02/03/23	10/03/23
Proposta final	27 dies	13/03/23	18/04/23
Components funcionals de la plataforma	4 dies	19/04/23	24/04/23
Manteniment i recanvis	3 dies	25/04/23	27/04/23
Memòria final	23 dies	08/05/23	07/06/23

En vers a l'estructura del projecte, la tria i planificació del projecte, els objectius i la presentació de la proposta, s'han fet pels dos projectes, tan el d'electrònica com el de mecànica, a partir del punt de partida, s'han dividit els projectes fent-los de forma paral·lela, començant amb el desenvolupament del projecte d'electrònica i el desenvolupament del projecte de mecànica. Un cop arribats aquests punts, des del desenvolupament del projecte d'electrònica es passa a fer el Hardware de la electrònica i des del desenvolupament del projecte de mecànica, es passa a fer la primera proposta de disseny mecànic i així de forma consecutiva avançant amb les diferents tasques amb els dos projectes en paral·lel. Fins a arribar a la tasca de memòria final.

En total es treballen 178 dies laborables, fent 4 hores el dia. Tot i que ser un estudiant, que a més a més fa pràctiques pel la distribució d'aquestes hores no seran tant equitatives depenent de l'horari acadèmic, però tot i així, resultaran les mateixes hores.

Taula 7.9.1. Taula de tasques del projecte

Tasca	Durada	Inici	Final
Planificació del projecte			
Tria i planificació del projecte	178 dies		
1.1 Projecte escollit	5 dies	03/10/22	07/06/23
Objectius	5 dies	03/10/22	07/10/22
2.1 Pròposit i finalitat	11 dies	10/10/22	07/10/22
2.2 Objecte del projecte	2 dies	10/10/22	24/10/22
2.3 Objectius tècnics	3 dies	12/10/22	11/10/22
2.4 Abast	2 dies	17/10/22	14/10/22
2.5 Context en les línies de recerca i transferència de coneixement del Tecnocampus	3 dies	19/10/22	18/10/22
Presentació de la proposta	1 día	24/10/22	21/10/22
3.1 Flotabilitat	53 dies	25/10/22	24/10/22

3.2 Estabilitat	5 dies	25/10/22	05/01/23
3.3 Tipus de comunicació	8 dies	01/11/22	31/10/22
3.4 Sistema de control	20 dies	11/11/22	10/11/22
Introducció del projecte	20 dies	09/12/22	08/12/22
4.1 Punt de partida	11 dies	06/01/23	05/01/23
4.2 Desenvolupament del projecte electrònica	4 dies	06/01/23	20/01/23
4.3 Desenvolupament del projecte mecànica	7 dies	12/01/23	11/01/23
Hardware	7 dies	12/01/23	20/01/23
5.1 Elements afegits en el sistema de control	20 dies	23/01/23	20/01/23
5.2 Disseny de tot el circuit	10 dies	23/01/23	17/02/23
Software	10 dies	06/02/23	03/02/23
6.1 Llenguatge de programació	55 dies	20/02/23	17/02/23
6.2 Desenvolupament de la programació	10 dies	20/02/23	05/05/23
6.3 Explicació de la programació	35 dies	06/03/23	03/03/23
Primera proposta	10 dies	24/04/23	21/04/23
7.1 Antecedents de disseny de plataformes i boies	28 dies	23/01/23	05/05/23
7.2 Procés de disseny	8 dies	23/01/23	01/03/23
7.3 Resultats de la primera proposta	15 dies	02/02/23	01/02/23
Milliores envers la proposta	5 dies	23/02/23	22/02/23
8.1 Inconvenients o problemes de la primera proposta	7 dies	02/03/23	01/03/23
8.2 Solucions per la millora	4 dies	02/03/23	10/03/23
Proposta final	3 dies	08/03/23	07/03/23
9.1 Material de la plataforma	27 dies	13/03/23	10/03/23
9.2 Model 3D	5 dies	13/03/23	18/04/23
9.3 Tecnologia d'impressió 3D	10 dies	20/03/23	17/03/23
9.4 Post procés de la impressió	5 dies	03/04/23	31/03/23
9.5 Material pel prototip 3D	4 dies	10/04/23	07/04/23
10. Components funcionals de la plataforma	3 dies	14/04/23	13/04/23
10.1 Elements i components afegits	4 dies	19/04/23	18/04/23

11. Manteniment i recanvis	4 dies	9/04/23	24/04/23
11.1 Manteniment predictiu i possibles recanvis	3 dies	25/04/23	24/04/23
Memòria final	3 dies	25/04/23	27/04/23
12.1 Redacció memòria final	23 dies	08/05/23	27/04/23
12.2 Revisió de la memòria final	15 dies	08/05/23	07/06/23
12.3 Presentació del projecte	3 dies	29/05/23	26/05/23

9.3 Punts de control

Referent els punts de control, seran setmanals, més concretament 1 per setmana per la revisió i correcta metodologia del progrés del projecte, també de forma esporàdica l'alumne demanarà consell en el tutor per possibles modificacions, canvis o redissenys a part dels dubtes que puguin sorgir.

Donat que aquest és un treball acadèmic i no un projecte d'enginyeria real, els punts de control seran més flexibles, ja que l'estudiant depèn del tutor que en aquest cas apart de ser professor també treballa en una empresa privada, fent que els punts de control establerts puguin variar depenent de la disponibilitat. Tot seguir es mostra en requadres vermells quan s'hauran de fer els punts de control i en requadres grocs les pròximes entregues.

Figura. Calendari dels punts de control i entregues



Taula. Taula dels punts de control amb les data corresponent

Punt de control	Data
1	17/02/2023
2	24/02/2023
3	03/03/2023
4	10/03/2023
5	17/03/2023
6	24/03/2023
7	31/03/2023
8	07/04/2023
9	14/04/2023
10	21/04/2023
11	28/04/2023
12	05/05/2023
13	12/05/2023
14	19/05/2023
15	26/05/2023
16	02/06/2023
17	09/06/2023

9.4 Identificació de riscos i plans de contingència

En aquest apartat es mostra la identificació dels possibles riscos que es poden produir durant la realització del projecte i les accions de contingència que es duran a terme per contenir el risc produït. Per això es mostra una taula on s'identifica el "Risc" i es fa una breu descripció d'aquest, amb el nivell que pot comportar aquest amb una escala de 1 al 5, degut això es mostra l'acció de contingència el retard que pot comportar aquest risc amb l'acció de contingència mesurat en dies

Taula. Identificació de riscos i accions de contingència

Risc	Descripció del risc	Nivell de risc	Acció de contingència	Retard
Ri-1	Falta de matèries primeres	3	Canvi de proveïdor o substitució per una altre matèria primera.	3-5 dies
Ri-2	Producció defectuosa del prototip	2	Canvi de maquinària o de material amb el que es produeix/ Resoldre el defecte.	1-3 dies
Ri-3	Major temps del previst	4	Limitació de les tasques a realitzar/reducció de la qualitat de les tasques menys importants	1-2 dies
Ri-4	Error de càlcul	5	Recalculer tots els errors comesos	1-5 dies
Ri-5	Recursos insuficients	3	Redissenyar l'organització i realitzar tasques que no requereixin aquest recurs	
Ri-6	Pressupost massa elevat	2	Prescindir de les parts que no siguin vitals pel projecte/Redissenyar el projecte per abaratir costos	1-2 dies
Ri-7	No viable	4	Redissenyar el projecte perquè sigui viable	1-3 dies

El nivell de risc és d'entre 2 i 5, on 5 és el error de càlcul, aquest risc és molt elevat, ja que un error de càlcul podria fer que redissenyés tot el projecte, per exemple, en la flotabilitat, si hi ha un error de càlcul en aquest aspecte pot repercutir no només en que la plataforma s'enfonsi i deixi de funcionar sinó que pot filtrar-se aigua a dins creant un curtcircuit i posar en joc la seguretat dels usuaris de la piscina. Per això caldrà procurar que no hi hagi cap error de càlcul ni cap altre tipus d'error que pugui perjudicar la seguretat dels usuaris.

10. AMFE

Tot seguit es mostra l'Anàlisi modal de falles i efectes, aquest procediment serveix per l'anàlisi de falles potencials en sistema de classificació determinat per la gravetat o per l'efecte de les falles d'un sistema.

AMFE: ANÀLSI MODAL DE FALLES I EFECTES POTENCIALS								
Mode de fallada	Efecte	Causa	Detecció	G(gravetat)	F(freqüència)	D(detecció)	IPR	Acció correctora
La plataforma no flota	S'enfonsa cap a l'interior de la piscina	Gran filtració d'aigua/Càlcul de flotabilitat mal fet	Quan es diposita la plataforma en l'aigua	10	2	2	40	Recalcular la flotabilitat/Tapar filtracions d'aigua
El robot no s'encen	No es neteja la piscina	Desconnexió de l'electrònica/Petita filtració d'aigua	Durant l'accionament del robot	7	4	3	84	Revisar la connexió de tota l'electrònica/Tapar filtracions d'aigua
El robot no s'encen tot i estar tot ben connectat i sense filtracions	No es neteja la piscina	Possible curtcircuit	Durant l'accionament del robot	9	2	3	54	Revisar tots els components electrònics
El robot no respon bé les ordres del client/usuari	No es pot fer servir el robot	Mala connexió wifi o poca connexió wifi	Durant el funcionament del robot	6	5	4	120	Apropar el router/Posar un repetidor de Wifi a prop de la plataforma
Una de les parts de la mecànica de la plataforma s'ha trencat	No es pot utilitzar la plataforma	Incompliment de les instruccions	Detecció visual/durant el funcionament	8	2	4	64	Fer un manteniment o reparació de les parts trencades

Fig. 92. AMFE del Sistema flotant de comunicació i control. Font: [pròpia]

11. Conclusions i treball a futur

Aquest és un dels apartats més importants, per no dir el més important de tot el projecte, per això es tractarà tot el que s'ha assolit en aquest projecte, tant les dificultats i problemes presentats, com les solucions obtingudes i sobretot l'aprenentatge adquirit.

11.1 Introducció

Cal recordar que aquest projecte va començar a principis de setembre, abans de començar el període de classes. Quan l'alumne amb l'ajuda del professor ponent, va triar crear un robot neteja piscines, després d'un temps de treballar en aquesta direcció, es va arribar a la conclusió que l'abast d'aquest tema era massa gran. A causa de la dificultat dels sensors i actuadors sota l'aigua, a més a més de la comunicació, per això es va arribar a la conclusió de reduir aquest abast d'una forma innovadora.

En comptes de crear un robot neteja piscines amb la dependència d'un cable sota l'aigua per rebre l'energia i les comunicacions, com la majoria dels robots neteja piscines d'avui dia. Es va decidir crear un sistema flotant de comunicació i control, d'aquí va sorgir el nom del projecte actual.

El projecte actual consisteix en una plataforma o "boia" que dugui a sobre la bateria, de forma que el robot no hagi de malgastar energia pel mateix arrossegament del pes de la bateria. A més a més, tota la comunicació és a través de la superfície de la plataforma.

11.2 Conclusions

Aquest projecte està dividit en dues parts, la part electrònica i la part mecànica, la part electrònica és en la que ha consistit aquest treball. La primera part del treball, que és l'avantprojecte, és comú per les dues parts, d'aquesta primera part és d'on s'han extret els objectius tant conceptuals com tècnics. A més a més d'una presentació de la proposta amb uns requisits funcionals, necessaris per poder dur a terme el projecte, amb coherència i cohesió.

Un cop realitzada aquesta primera part comuna, s'ha procedit a realitzar el desenvolupament del projecte, on la metodologia empleada s'ha vist reflectida durant tot el desenvolupament. Començant amb un disseny com a idea, construir-lo, provar-lo o mesurar-lo i contrastar les dades obtingudes per aprendre i millorar en el següent disseny, aquestes dades s'han contrastat amb referències o amb el mateix professor ponent, com si fos un client potencial.

Primerament, es va fer un estudi del sistema de control, per saber quin era el hardware necessari per implementar tota l'electrònica, intentant complir amb els objectius i el requisits estipulats. El més important era, com es connectaria la plataforma amb la interfície d'usuari, com que la finalitat de la plataforma és utilitzar-la en piscines recreatives, la millor manera de connectar-la era a través de wifi. Un cop escollida la connectivitat, es va fer un cerca d'antecedents de plaques microcontroladores amb connectivitat Wifi i la més òptima per característiques i preu era la ESP32.

Seguidament, es van decidir els motors a implementar en el robot, amb el driver i la bateria. Per la bateria es va haver de fer un càlcul del consum estimat de tots els components per després poder seleccionar una bateria que fos capaç de subministrar energia durant 1 hora, complint un dels requisits establerts. A més a més, aquesta bateria ja incloïa un transformador per poder carregar-la en qualsevol endoll europeu, d'aquesta forma es complia un altre dels requisits.

Un cop seleccionat el Hardware, es va procedir a fer el firmware pel control dels motors a través del PC o d'un smartphone. Donat que és un prototip, el professor ponent va suggerir fer el firmware amb Arduino, vist que hi ha molta documentació del llenguatge de programació Arduino a més de tutorials i una gran comunitat. Però com que l'alumne ja havia fet programació en C en assignatures com microcontroladors i informàtica industrial i veient que hi havia la possibilitat de programar l'ESP32 amb C, es va decidir fer-ho amb el llenguatge de programació C.

La programació en C va ser la part més complexa de tot el treball, vist que sabia de crear un *webserver http* utilitzant *html* per fer el *frontend* i poder controlar tot el hardware a través del PC o smartphone. Per això es va anar pas a pas, primerament es va programar l'encesa i

apagada d'un LED, més tard es va fer el control de l'encesa i apagada de tres Leds de forma independent.

Més tard després de molt de temps treball, polint errors i bugs, es va programa el control del primer motor, no només l'encesa i apagada sinó també el sentit de gir del motor. Gràcies a aquesta fita, es va fer prototip funcional, per poder fer assajos i tests per poder controlar els dos motors de direcció.

Els objectius establerts en el principi del projecte, són els següents:

- Determinar la bateria del robot i tot el que engloba
- Determinar el sistema de càrrega d'energia elèctrica
- Determinar el tipus de comunicació
- Determinar els sensors pel correcte funcionament del robot i del sistema
- Dissenyar el sistema de control

Els requisits establerts per complir els objectius, són els següents:

- Endollable a qualsevol endoll Europeu
- Bateria per com a mínim 1 hora de funcionament
- Connexió i control amb la plataforma des d'una APP per smartphone o des d'un cloud per PC
- Sensors pel posicionament del robot
- Sistema de seguretat electrònic pel cas de curtcircuit
- Motors de tracció del robot i motor d'absorció de brutícia

Atès que la programació en C de tot el sistema de control i comunicació va ser molt més extensa i complexa del que s'havia mesurat en un principi. No s'ha pogut complir l'objectiu dels sensors pel correcte funcionament del robot i del sistema, però si que s'ha complert amb èxit la resta d'objectius. Pel que fa els requisits, a conseqüència de l'objectiu no complert, no s'ha complert amb el requisit de sensors pel posicionament del robot ni el sistema de seguretat electrònic pel cas de curtcircuit. Cal mencionar que aquest projecte tal com diu el seu nom, és un sistema de comunicació i control, per tant, els sensors del robot no tenen per què ser inclosos en el projecte, però l'alumne en un principi va veure viable poder fer-ho tot dins del mateix projecte.

S'ha de recalcar que tenint coneixements bàsics de comunicacions i de programació en C per part de l'alumne, s'ha complert la majoria dels objectius i s'han pogut corroborar a través del prototip funcional, per tant, el sistema de comunicació i control funciona perfectament, com a conclusió, es dona com a molt satisfactòria la feina feta per part de l'alumne.

11.3 Treball a futur

Com a treball de futur, caldria treballar en els sensors que el robot implementarà, a part d'un sistema de protecció davant de curtcircuits, també seria molt convenient introduir un sistema de pilot automàtic, ja que la majoria dels robots netejadors de piscina l'inclouen. Abans de fer una producció, és necessari fer diversos assajos en un ambient molt similar en el d'ús habitual, per veure el comportament de tot el sistema de comunicació i control en qualsevol situació que pugui sorgir en el cas de l'ús d'un usuari final. Per una producció massiva seria molt idoni crear una sola PCB amb tota la electrònica, per així facilitar el procés de producció.

12. Bibliografía

- [1] Distrotest, «10 Most Affordable Best Robotic Pool Cleaner Cordless Reviews & Ranking,» distrotest.net, [En línea]. Available: <https://distrotest.net/best-robotic-pool-cleaner-cordless/>. [Últim accés: 2023].
- [2] Zodiac, «Model Zodiac ra6500iq,» zodiac-poolcare.es, 2023. [En línea]. Available: <https://www.zodiac-poolcare.es/limpiafondos-automaticos>.
- [3] Endesa, «Tipos de enchufe en España y Europa,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.endesa.com/es/blog/blog-de-endesa/luz/tipos-enchufes-viajar#:~:text=El%20tipo%20de%20enchufe%20que,dos%20agujeros%20donde%20se%20conecta..>
- [4] I. Electrotechnical, «IP ratings,» [En línea]. Available: <https://www.iec.ch/ip-ratings>.
- [5] FINA, «Federació internacional de natació,» [En línea]. Available: <https://www.fina.org/>.
- [6] R. Sebastian, «Flotabilidad,» Youtube, [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=fulNYfjNQU>.
- [7] U. N. A. d. México, «El principio de Arquímedes,» [En línea]. Available: <https://cursoparalaunam.com/el-principio-de-arquimedes>.
- [8] Fisicalab, «Principio de Arquímedes,» [En línea]. Available: <https://www.fisicalab.com/apartado/principio-de-arquimedes>.
- [9] L. V. Terán, «Principio de Arquímedes,» Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, [En línea]. Available: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/prepa4/n3/m4.html>.
- [10] C. Paul, «Flotabilitat,» de *Apunts de Termodinàmica i mecànica de fluids*, Tecnocampus.
- [11] FAO, «Prácticas de seguridad relativas a la esbilidad de buques pesqueros pequeños,» Organització de les nacions unides per a l'alimentació i l'agricultura, [En línea]. Available: <https://www.fao.org/3/i0625s/i0625s02b.pdf>.
- [12] I. d. Mendizábal, «IoT Communication Protocols—Network Protocols,» All about circuits, 2022. [En línea]. Available: <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/internet-of-communication-communication-protocols-network-protocols/>.
- [13] «Tasa de bits,» Wikipedia, 2022. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Tasa_de_bits.
- [14] P. M. Prats, «LAN, WAN, MAN y otras redes,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.uv.es/uvweb/master-ingenieria-telecomunicacion/es/blog/lan-wan-man-otras-redes-1285954593702/GasetaRecerca.html?id=128595491342>.
- [15] W. IEEE Transactions on communications, «Modelo OSI,» 2023. [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_OSI.
- [16] T. S. Rifà, «La capa d'enllaç,» *Apunts de comunicacions i seguretat de la informació*, vol. Enginyeria electrònica industrial i automàtica.
- [17] AlbertoLopez, «Qué es el MODELO OSI Explicado de manera sencilla | Curso de redes y networking | Alberto López,» Youtube, 2022. [En línea].

- Available: https://www.youtube.com/watch?v=ODY4q4_3Acc .
- [18] Xataka, «Qu3 es una red Mesh, c3mo funciona y en qu3 se diferencian con un repetidor o PLC,» [En l3nea]. Available: <https://www.xataka.com/basics/que-red-mesh-como-functiona-que-se-diferencian-repetidor-plc> .
- [19] Techtarget, «Top 12 most commonly used IoT protocols and standards,» [En l3nea]. Available: <https://www.techtarget.com/iotagenda/tip/Top-12-most-commonly-used-IoT-protocols-and-standards> .
- [20] Xataka, «Zigbee y Z-Wave: qu3 s3n, en qu3 se diferencian y que marcas de dom3tica son compatibles,» [En l3nea]. Available: <https://www.xataka.com/seleccion/zigbee-z-wave-que-que-se-diferencian-que-marcas-domotica-compatibles> .
- [21] w. bluAir, «Bluetooth,» 2015. [En l3nea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Bluetooth#cite_note-8 .
- [22] D. G. IONOS, «CSMA/CA: definici3n y mec3nica del protocolo,» 2018. [En l3nea]. Available: <https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/csmaca-protocolo-de-acceso-al-medio-para-redes-inalambricas/> .
- [23] J. Tan, «LoRaWAN Gateways – What You Need to Know!,» 2021. [En l3nea]. Available: <https://www.seeedstudio.com/blog/2021/06/12/lorawan-gateways-what-you-need-to-know/> .
- [24] T. t. network, «The things network, Enterprise,» [En l3nea]. Available: <https://www.thethingsnetwork.org/> .
- [25] Botrueactivities, «Comparativa entre Sigfox y Lorawan,» 2023. [En l3nea]. Available: <https://botrueactivities.com/comparativa-entre-sigfox-y-lorawan/> .
- [26] L. Espa3ola, «¿C3mo funciona su tel3fono m3vil?,» 2020. [En l3nea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=h2oFquv96O8> .
- [27] Lenovo, «¿Qu3 es 3G?,» 2023. [En l3nea]. Available: <https://www.lenovo.com/mx/es/faqs/pc-vida-faqs/que-es-3g/?orgRef=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F> .
- [28] «Acceso m3ltiple por divisi3n de c3digo,» Wikipedia, 2022. [En l3nea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Acceso_m%C3%BAltiple_por_divisi%C3%B3n_de_c%C3%B3digo.
- [29] «Sistema global para las comunicaciones m3viles,» Wikipedia, 2022. [En l3nea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_global_para_las_comunicaciones_m%C3%B3viles.
- [30] «Telef3n3a m3vil 4G,» Wikipedia, 2022. [En l3nea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Telefon%C3%ADa_m%C3%B3vil_4G#Ventajas.
- [31] «Telef3n3a m3vil 5G,» Wikipedia, 2023. [En l3nea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Telefon%C3%ADa_m%C3%B3vil_5G.
- [32] D. M. d. Andr3s, «MQTT, AMQP & STOMP: Una comparaci3n entre protocolos,» 2022. [En l3nea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=j5qf5YDtOeA> .
- [33] A. d. LOGi, «Protocolos de comunicaci3n para aplicaciones IoT,» 2021. [En l3nea].

- Available: <https://www.logiplatform.net/es/2021/05/28/protocolos-de-comunicacion-para-aplicaciones-iot/> .
- [34] DZone, «What Is AMQP?,» 2022. [En línea].
Available: <https://dzone.com/refcardz/amqp-essentials> .
- [35] MQTT.org, «MQTT: The Standard for IOT Messaging,» 2022. [En línea].
Available: <https://mqtt.org/> .
- [36] «Motor paso a paso,» Wikipedia, 2023. [En línea].
Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Motor_paso_a_paso .
- [37] «Servo Motor,» Wikipedia, 2023. [En línea].
Available: <https://es.wikipedia.org/wiki/Servomotor> .
- [38] J. Owen, «¿Cómo funciona un motor eléctrico? (Motor de corriente continua) (Piss You Logan Paul),» Youtube, 2021. [En línea].
Available: <https://www.youtube.com/watch?v=CWuIQ1ZSE3c> .
- [39] J. C. Español, «¿Qué es y cómo funciona el MOTOR BRUSHLESS - Momento de Torsión - Efecto Hall,» Youtube, 2021. [En línea].
Available: <https://www.youtube.com/watch?v=3IVW9HoLZv0&t=17s>.
- [40] MLAmation, «Brushed vs Brushless DC Motors,» Blog, 2021.
[En línea]. Available: <https://microlinearactuator.com/brushed-vs-brushless-dc-motors/> .
- [41] «Motorreductor DC RS PRO, 12 V dc, 1.31 W, 82 rpm, par máx. 10 Ncm, Ø de eje 4mm,» RS-PRO, [En línea]. Available: https://es.rs-online.com/web/p/motores-dc/4130622/?r_elevancy-data=7365617263685F636173636164655F6F726465723D31267365617263685F696E746572666163655F6E616D653D4931384E525353746F636B4E756D626572267365617263685F6C616E67756167655F757365643D656E267365617263685F6.
- [42] «Motor DC RS PRO, 3 → 7,2 V, 24,6 W, 22356 rpm, par máx. 107.3 gcm, Ø de eje 2.3mm,» RS-PRO, 2023. [En línea]. Available: [https://es.rs-online.com/web/p/motores-dc/2389721?cm_mmc=ES-PLA-DS3A--google--CSS_ES_ES_Automatizacion_y_Control_de_Procesos_Whoop--\(ES:Whoop!\)+Motores+DC--2389721&matchtype=&aud-826607885227:pla-310505379289&gclid=CjwKCAiAwomeBhBWEiwAM43YINIgnfhemkbg](https://es.rs-online.com/web/p/motores-dc/2389721?cm_mmc=ES-PLA-DS3A--google--CSS_ES_ES_Automatizacion_y_Control_de_Procesos_Whoop--(ES:Whoop!)+Motores+DC--2389721&matchtype=&aud-826607885227:pla-310505379289&gclid=CjwKCAiAwomeBhBWEiwAM43YINIgnfhemkbg).
- [43] C. Clark, «DC Motor Control Circuits | Motor Driver Projects,» Circuits Gallery, 2023.
[En línea]. Available: <https://www.circuitgallery.com/dc-motor-control-circuits/> .
- [44] R. Ingenieril, «Diodo en Antiparalelo. Aleja a las bobinas del lado oscuro.,» Youtube, 2017.
[En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=pkpxoWYQj3o>.
- [45] «SBRT20U50SLPQ-13,» Digi-Key, 2023. [En línea]. Available:
<https://www.digikey.es/es/products/detail/diodes-incorporated/SBRT20U50SLPQ-13/5033740> .
- [46] RS-PRO, «Transistor Darlington, BU931P, NPN 15 A, 400 V, HFE:300, TO-247, 3 pines Simple,» STMicroelectronics, [En línea]. Available:
[https://es.rs-online.com/web/p/pares-darlington/3133197?cm_mmc=ES-PLA-DS3A--google--CSS_ES_ES_Semiconductores_Whoop--\(ES:Whoop!\)+Pares+Darlington--3133197&matchtype=&aud-821594433763:pla-311473738713&gclid=CjwKCAiAoL6eBhA3E](https://es.rs-online.com/web/p/pares-darlington/3133197?cm_mmc=ES-PLA-DS3A--google--CSS_ES_ES_Semiconductores_Whoop--(ES:Whoop!)+Pares+Darlington--3133197&matchtype=&aud-821594433763:pla-311473738713&gclid=CjwKCAiAoL6eBhA3E)

- iwAXDom5t_36q74pIeP0JBxgFk3Y.
- [47] «Single-board microcontroller.» Wikipedia, 2023. [En línea].
Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Single-board_microcontroller .
- [48] «ESP32-S2 chip.» Mouser, 2023. [En línea].
Available: <https://www.mouser.es/ProductDetail/Esspressif-Systems/ESP32-S2?qs=GBL5I2Akirtmlui%2FgtDaSQ%3D%3D>.
- [49] ESPRESSIF, «ESP32,» 2023. [En línea].
Available: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/hw-reference/esp32/get-started-devkitc.html#get-started-esp32-devkitc-board-front> .
- [50] LaBuhardillaDelloco, «Qué es el ESP32 y porque deberías tener esta placa,» Youtube, 2022. [En línea]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=pdgFqPbw64g> .
- [51] N. Mecatrónico, «CONVERTIDOR REDUCTOR BUCK | Regulador de Voltaje de alta Corriente o Amperaje.,» Youtube, 2022. [En línea].
Available: <https://www.youtube.com/watch?v=-AwRUUp-QVCI> .
- [52] EPLZON, «EPLZON DC 6V 9V 12V 24V a DC 5V 5A Buck Converter Module V-36V Step Down to DC 5V-5.3V 5.2V 3.5-6A Transformador Regulador de Voltaje de Salida Dual Módulo de alimentación (Paquete de 2 Piezas),» Amazon, [En línea].
Available: https://www.amazon.es/EPLZON-Converter-Transformador-Regulador-alimentaci%C3%B3n/dp/B0B58T2YY8/ref=sr_1_1_sspa?adgrpid=111048651343&gclid=Cj0KCQiAiJSeBhCCARIsAHnAzT9kpJ7gNZCEp8uhu9OeyL3jQqmuDA8Inse58bmvUCBD3mSR56dsMEYAhMJEALw_wcB&hvadid=476615319273&hvde.
- [53] «Baterías recargables de iones de litio de 12V y 7000mAh, paquete de baterías de litio BMS, Placa de protección para monitoreo + cargador de 12,6 V,» AliExpress, [En línea]. Available: https://es.aliexpress.com/item/1005004780745146.html?spm=a2g0o.detail.0.0.8fa65c62C8Cp1z&gps-id=pcDetailBottomMoreThisSeller&scm=1007.13339.291025.0&scm_id=1007.13339.291025.0&scm-url=1007.13339.291025.0&pvid=faadc03e-d435-4aa5-9d23-47545f7503f9&_t=gps-id.
- [54] UNE, «UNE-EN IEC/ASTM 62885-7:2021,» 2021. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0067861>.
- [55] UNE, «UNE-EN 62849:2017,» 2017. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0058200>.
- [56] UNE, «UNE-EN 50410:2008,» 2008. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0042290>.
- [57] UNE, «UNE-EN IEC 61587-1:2022 (Ratificada),» 2022. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0068547>.
- [58] UNE, «UNE-EN IEC 60917-1:2019 (Ratificada),» 2019. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0062899> .
- [59] UNE, «UNE-EN IEC 61969-3:2020 (Ratificada),» 2020. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0064509> .
- [60] UNE, «UNE-EN ISO/ASTM 52900:2022,» 2022. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0069563>.

- [61] UNE, «UNE-EN ISO/ASTM 52925:2022,» 2022. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0070308> .
- [62] UNE, «UNE-CEN/TR/ISO/ASTM 52912:2020 (Ratificada),» 2020. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0064770> .
- [63] UNE, «UNE-EN ISO/ASTM 52903-2:2021,» 2021. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0065537> .
- [64] UNE, «UNE 21302-131:2004,» 2004. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0032274> .
- [65] UNE, «UNE-IEC 60050-351:2010,» 2010. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0045744> .
- [66] UNE, «UNE 21302-151:2004,» 2004. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0032681> .
- [67] UNE, «UNE 21302-541:1992,» 1992. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0001953> .
- [68] UNE, «UNE 21302-551:1999,» 1999. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0001954> .
- [69] UNE, «UNE 21302-521:2004,» 2004. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0031322> .
- [70] UNE, «UNE-IEC 60050-581:2009,» 2009. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0044138> .
- [71] UNE, «UNE-EN IEC 61191-1:2018 (Ratificada),» 2018. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0060818> .
- [72] UNE, «UNE-EN 62421:2007 (Ratificada),» 2008. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0040572> .
- [73] UNE, «UNE-EN IEC 62878-2-602:2021 (Ratificada),» 2021. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0066534> .
- [74] UNE, «UNE-EG 202057-4 V1.2.1:2009,» 2009. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0044501> .
- [75] UNE, «UNE-EN 300761-2 V1.1.1:2006,» 2006. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0035913> .
- [76] UNE, «UNE-I-ETS 300440:1999,» 1999. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0014522> .
- [77] UNE, «UNE 21345-1:1977,» 1977. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0002051> .
- [78] UNE, «UNE-EN 60464-3-2:2002,» 2002. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0027006> .
- [79] UNE, «UNE 21345-2:1977,» 1977. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0002052> .
- [80] UNE, «UNE-EN 13172:2012,» 2012. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0050508> .

- [81] UNE, «UNE-EN 14504:2020,» 2020. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0063154> .
- [82] UNE, «UNE-EN ISO 18830:2018,» 2018. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0060299> .
- [83] UNE, «UNE 27700:2013,» 2013. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0050662> .
- [84] UNE, «UNE-EN ISO 12100:2012,» 2012. [En línea].
Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0049405>.
- [85] K. L. POTUCEK, «Google patents,» 2011. [En línea].
Available: <https://patentimages.storage.googleapis.com/e6/38/7e/2b98df8d352197/ES2753180T3.pdf>.
- [86] H. K. (. C .). Wing - Kin Hui y H. K. (. C .). Wing - Tak Hui, «Google patents,» 2018. [En línea].
Available: <https://patentimages.storage.googleapis.com/ca/d9/5d/df0728912c0b4e/US10079504.pdf>.
- [87] S. WITELSON, «Google patents,» 2022. [En línea].
Available: <https://patentimages.storage.googleapis.com/1f/d3/46/37e9cf0743609e/WO2022189981A1.pdf>.
- [88] T. Wojciechowicz, «Zigbee vs Z-Wave: What's the Difference?,» 2017. [En línea].
Available: <https://www.mouser.es/blog/zigbee-vs-z-wave-whats-the-difference> .
- [89] Paessler, «MQTT, Qué es MQTT?,» 2023. [En línea].
Available: <https://www.paessler.com/es/it-explained/mqtt> .
- [90] Github, «STOMP Protocol Specification,» 2021. [En línea].
Available: <https://stomp.github.io/stomp-specification-1.2.html> .
- [91] «SEN0208,» Digi-Key, 2023. [En línea].
Available: https://www.digikey.es/es/products/detail/dfrobot/SEN0208/6588472?utm_adgroup=Evaluation%20Boards%20-%20Sensors&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=Shopping_Product_Development%20Boards%2C%20Kits%2C%20Programmers&utm_term=&productid=6588472&gclid=6588472&gclid=6588472.
- [92] UNE, «UNE-EN 14504:2020,» 2012. [En línea]. Available: <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0063154> .

