



AWSR – AUTONOMOUS WIFI SCANNER ROBOT

ROBOT AUTÒNOM PER REALITZAR UN MAPEIG DE
LA INTENSITAT DEL SENYAL WIFI EN UN ESPAI
TANCAT

Javier Artacho Garcia

Grau en Enginyeria de Telecomunicacions

Menció en Sistemes de Comunicació

Sistemes encastats

Jordi Becares

Pere Tuset Peiró

Juny del 2018



Aquesta obra està subjecta a una llicència de [Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada 3.0 Espanya de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/)

FITXA DEL TREBALL FINAL

Títol del treball:	<i>AWSR – AUTONOMOUS WIFI SCANNER ROBOT (ROBOT AUTÒNOM PER REALITZAR UN MAPEIG DE LA INTENSITAT DEL SENYAL WIFI EN UN ESPAI TANCAT)</i>
Nom de l'autor:	<i>Javier Artacho Garcia</i>
Nom del consultor/a:	<i>Jordi Becares</i>
Nom del PRA:	<i>Pere Tuset Peiró</i>
Data de lliurament (mm/aaaa):	<i>06/2018</i>
Titulació o programa:	<i>Grau en Enginyeria de Telecomunicacions Menció en Sistemes de comunicació</i>
Àrea del Treball Final:	<i>Sistemes encastrats</i>
Idioma del treball:	<i>Català</i>
Paraules clau	<i>Sistemes encastrats, servidor Web, robot</i>
<p>Resum del Treball <(màxim 250 paraules): <i>Amb la finalitat, context d'aplicació, metodologia, resultats i conclusions del treball></i></p>	
<p>En el present treball s'explica el desenvolupament d'un robot autònom que es desplaça per la planta d'un cert espai evitant col·lidir amb els tancaments i obstacles, alhora que realitza una mesura dels nivells de senyal (RSSI) de totes les xarxes Wifi existents. Aquesta informació mesurada és enviada a través del canal Wifi, d'un punt d'accés prèviament configurat, cap a un servidor Web basat en Apache + PHP on es disposa d'una base de dades (BDD) MySQL per emmagatzemar tota la informació. Posteriorment, aquesta informació és pot visualitzar a través de qualsevol dispositiu amb accés al servidor.</p> <p>La principal aplicació d'aquesta proposta és la realització d'auditories de xarxes en grans espais tancats, tal i com la d'aeroports o centres comercials. D'aquesta manera es permet l'optimització en la distribució de punts d'accés o la localització de punts morts on no arribi la xarxa per tal de millorar-la.</p> <p>En la primera fase s'ha dissenyat el hardware del sistema i la seva interconnexió i protocols, i s'han programat els sensors i les funcions bàsiques de moviment. Posteriorment s'ha muntat un servidor web on s'ha creat una BDD i s'han programat els scripts de comunicació entre el client i la BDD. Finalment, s'han programat les comunicacions des del robot cap el servidor, la visualització del contingut de la BDD i s'han optimitzat els algorismes de moviment.</p> <p>El desenvolupament d'aquest projecte ha permès l'avaluació d'un possible producte comercial i, a més, podria servir com a punt de partida per un desenvolupament a gran escala.</p>	

Abstract <(in English, 250 words or less)>:

In this work the development of an autonomous robot is explained, which moves around a closed space avoiding collisions with the enclosure and obstacles. Besides, while moving, measures the signal strength RSSI from all the existing Wifi networks in the area. This measurements, are sent afterwards to a Web server based on Apache + PHP where exists a data base (DB) in MySQL to store the information. Afterwards, that information can be accessible from any device with access to the Web server.

The main application for this device is to audit networks in big enclosed areas, such airports or malls. Thus, the access points locations can be optimized as well as locating dead spots for the network coverage in order to improve it.

At the first stage the hardware was designed and assembled, and the connections and protocols defined, as well as programming the sensors and main movement rules. Afterwards, a Web server was configured, a DB created and the communicating scripts programmed. Finally, the programming was focused on communications between the robot and the server, the visualization of the DB content and the improvement of the moving algorithm.

The development of this project has allowed the evaluation of a possible commercial product and it could serve as the origin for a big scale development.

ÍNDIX

1 INTRODUCCIÓ	1
1 . 1 CONTEXT I JUSTIFICACIÓ DEL TREBALL.....	1
1 . 2 DESCRIPCIÓ DEL TREBALL	1
1 . 3 OBJECTIUS DEL TFG	2
1 . 4 ENFOCAMENT I MÈTODE SEGUIT.....	3
1 . 5 PLANIFICACIÓ DEL TREBALL.....	4
1 . 5 . 1 DESCRIPCIÓ DE LES TASQUES	4
1 . 5 . 2 PLANIFICACIÓ TEMPORAL DEL PROJECTE - INICIAL	6
1 . 5 . 1 PLANIFICACIÓ TEMPORAL DEL PROJECTE – REAL FINAL.....	7
1 . 6 RECURSOS EMPRATS.....	8
1 . 7 PRODUCTES OBTINGUTS.....	8
1 . 8 BREU DESCRIPCIÓ DELS ALTRES CAPÍTOLS DE LA MEMORIA	8
2 ANTECEDENTS	10
2 . 1 ESTAT DE L'ART	10
2 . 1 . 1 MATERIAL NECESSARI.....	14
2 . 2 ESTUDI DE MERCAT	16
3 DESCRIPCIÓ FUNCIONAL	19
3 . 1 AWSR - AUTONOMOUS WIFI SCANNER ROBOT	19
3 . 2 APLICACIÓ WEB	20
3 . 2 . 1 DIAGRAMA DE BLOCS DE LA BASE DE DADES.....	20
3 . 2 . 1 DIAGRAMA DE BLOCS DEL SERVEI I APLICACIONS WEB	22
3 . 3 SISTEMA EMBEDDED.....	24
3 . 3 . 1 DIAGRAMA DE BLOCS DEL PROGRAMA DEL SISTEMA ENCASTAT.....	24
4 DESCRIPCIÓ DETALLADA	25
4 . 1 DIAGRAMES DE BLOCS I ESQUEMES DEL SISTEMA	25
4 . 1 . 1 DIMENSIONS GENERALS I ESTRUCTURA DEL VEHICLE	25
4 . 1 . 2 ESQUEMA DE COMUNICACIÓ ENTRE EL SERVEI WEB I EL ROBOT	26
4 . 1 . 3 ESQUEMA DE FUNCIONAMENT DE LA INTEL·LIGÈNCIA DEL SISTEMA.....	28
4 . 1 . 4 ARQUITECTURA DEL SISTEMA	30
4 . 2 PROTOCOLS DE COMUNICACIÓ	33
4 . 2 . 1 PROTOCOLS DE COMUNICACIÓ CABLEJAT (WIRED)	33
4 . 2 . 2 PROTOCOLS DE COMUNICACIÓ INALÀMBRICS	33
4 . 3 ESTRUCTURA DEL CODI DEL SISTEMA ENCASTAT.....	34
4 . 3 . 1 CAPACITAT DE MEMÒRIA DISPONIBLE DEL SISTEMA ENCASTAT	37
5 VIABILITAT TÈCNICA	39
5 . 1 PUNTS FORTS	39
5 . 2 PUNTS DÈBILS.....	39

5 . 3 ANÀLISI DE RISCOS	40
5 . 3 . 1 IDENTIFICACIÓ DELS RISCOS	40
5 . 3 . 2 QUALIFICACIÓ DELS RISCOS – Matriu de riscos	40
5 . 3 . 3 PLANIFICACIÓ DE RESPOSTA ALS RISCOS	41
5 . 3 . 4 RISCOS SUCCEÏTS I RETRÀS EN EL PROJECTE	41
5 . 3 . 5 ANÀLISI DAFO	42
6 VALORACIÓ ECONÒMICA.....	43
6 . 1 COMPONENTS I HARDWARE PER REALITZAR EL PROTOTIP	43
6 . 2 DESENVOLUPAMENT	43
6 . 3 ESTUDI D'INDUSTRIALITZACIÓ DEL PRODUCTE	44
7 CONCLUSIONS.....	48
7 . 1 CONCLUSIONS DEL TREBALL	49
7 . 2 AUTOAVALUACIÓ	49
7 . 3 LÍNIES DE TREBALL FUTUR	50
7 . 3 . 1 PROPOSTA DE PROTOCOL D'ENVIAMENT DE DADES	50
8 GLOSSARI	52
9 BIBLIOGRAFIA	53

ANEX A – Guia d'instal·lació del software

LLISTA DE FIGURES

Figura 1. Cronograma del projecte.....	6
Figura 2. Comparativa planificació original vs real del projecte	7
Figura 3. Microprocessador Arduino	10
Figura 4. Microprocessador RaspBerry-Pi	10
Figura 5. Microprocessador Texas Instruments	10
Figura 6. Sensor d'ultrasons.....	11
Figura 7. Sensor làser	11
Figura 8. Sensor inductiu.....	12
Figura 9. Sensor de contacte tipus pulsador	12
Figura 10. Driver per motors pas a pas	12
Figura 11. Driver per motors DC	12
Figura 12. Imatge del software Wifi Commander	16
Figura 13. Imatge del software Acrylic WiFi	16
Figura 14. Imatge del dispositiu AirCheck G2	17
Figura 15. Esquerra: Imatge de OPAL™ 3D Lidar Scanner; Dreta: resultat d'un escaneig basat en LiDAR.	17
Figura 16. Imatge d'un dron de mesura de SixArms.....	18
Figura 17. Diagrama de blocs del sistema AWSR	19
Figura 18. Diagrama de blocs de la base de dades.....	21
Figura 19. Diagrama de blocs de l'aplicació Web	23
Figura 20. Diagrama de blocs del sistema encastat	24
Figura 21. Dimensions generals del vehicle: esquerra vista en planta, dreta vista en alçat (unitats en mm).....	25
Figura 22. Prototip del robot AWSR: esquerra vista lateral, dreta vista frontal.....	26
Figura 23. Diagrama de la comunicació entre el robot i l'aplicació Web.....	27
Figura 24. Esquema descriptiu de la intel·ligència del vehicle.....	29
Figura 25. Arquitectura de connexió entre els diferents dispositius i pins utilitzats	30
Figura 26. Comparativa entre els nivells de tensió de les lògiques de funcionament	31
Figura 27. Divisor de tensió	31
Figura 28. Esquema de connexió elèctric	32
Figura 29. Comunicació entre les funcions del sistema encastat i el servidor Web	36

LLISTA DE TAULES

Taula 1. Taula de tasques i objectius	5
Taula 2. Dispositius escollits per al projecte.....	15
Taula 3. Memòria utilitzada del sistema encastat	37
Taula 4. Necessitats de memòria de la tupla de llista de xarxes	37
Taula 5. Necessitats de memòria de la tupla de potencia de xarxes	38
Taula 6. Taula d'identificació de riscos.....	40
Taula 7. Matriu de riscos	40
Taula 8. Planificació de resposta en funció dels riscos.....	41
Taula 9. Matriu d'anàlisi DAFO	42
Taula 10. Pressupost material del projecte	43
Taula 11. Pressupost de desenvolupament	44
Taula 12. Cost del material per 100 unitats.....	45
Taula 13. Recursos necessaris d'industrialització per 100 unitats.....	45
Taula 14. Costos de muntatge per una unitat	46
Taula 15. Preu de venda unitari (per 100 unitats muntades)	46
Taula 16. Despeses auxiliars i d'infraestructura	46

1 INTRODUCCIÓ

1.1 CONTEXT I JUSTIFICACIÓ DEL TREBALL

En grans espais tancats, com per exemple centres comercials, aeroports, estacions ferroviàries, escoles, etc..., el disseny de la xarxa de connexió sense fils mitjançant WIFI es realitza en base a unes distàncies teòriques entre diferents punts d'accés sense tenir massa en compte els rebots i les atenuacions degudes als tancaments, envans i distribució dels espais. Certament existeix software en el mercat que permet realitzar un càlcul molt més aproximat de les ubicacions idònies de les antenes, però rarament s'utilitzen degut al seu cost i al seu rendiment en termes de cost dels serveis d'enginyeria vs. disponibilitat de servei. Ara bé, tot i fer-se servir en alguns casos, no deixen de basar-se en models teòrics.

L'aplicació aquí presentada pretén detectar possibles punts morts en l'accés a la xarxa WIFI en el conjunt de l'espai mitjançant la mesura i l'escombrat de tota la superfície de l'espai a analitzar. A més, permetrà realitzar un aixecament de plànols en planta que poden ser contrastats amb els plànols arquitectònics i realitzar uns as-buïts de major qualitat.

El fet de conèixer la distribució de les intensitats de senyals en l'espai pot tenir diverses aplicacions, a part de la de permetre un disseny més òptim de la localització dels punts d'accés, ja que es podrien fer auditories en el temps, i per exemple, analitzar la influència de la pressió atmosfèrica, la temperatura o la humitat en la distribució dels senyals radioelèctrics en les freqüències a les que treballa el senyal WIFI; auditories del software de disseny, etc.

Les possibilitats que ofereixen els sistemes embedded (encastats) fan que la seva utilització en la fabricació de prototips sigui molt estesa, i per tant, es consideraran part fonamental del prototip aquí proposat. Els principals avantatges que ofereixen els sistemes embedded són el seu baix cost, el seu baix consum, les seves dimensions molt compactes i les grans capacitats en termes de memòria i velocitat, i el ventall de sensors i actuadors disponibles.

1.2 DESCRIPCIÓ DEL TREBALL

El projecte presentat consisteix en un petit robot autònom equipat amb una antena WIFI i diversos sensors de distància i contacte. L'estructura bàsica consisteix en una plataforma simple i un conjunt de dos rodes accionades mitjançant dos motor-reductors independents (un per a cada roda). De manera que controlant la rotació d'una o ambdues rodes es pot fer que el robot avanci de forma rectilínia (endavant o enrere), o giri, si només s'excita la rotació en una roda.

A sobre de l'estructura s'instal·larà el microprocessador de control, els sensors necessaris, el driver per controlar els motors i l'antena de mesura. Per tal de realitzar el connexionat s'instal·larà un protoboard a sobre de la mateixa estructura que permetrà construir un prototip més ràpid sense la necessitat de realitzar soldadures.

El disseny de l'algoritme considera que el punt d'inici sempre sigui a l'esquerra inferior esquerra de l'espai a analitzar, de manera que el funcionament del sistema consistirà en realitzar en primer lloc un escaneig de les dimensions de l'espai per calcular el número de punts de mesura, i partir d'aquí iniciarà l'escaneig.

Respecte a la comunicació amb el servidor, abans del primer escaneig el robot demanarà el número de sessió al servidor, que a partir del número de sessions anteriors emmagatzemades a la base de dades, retornarà el número corresponent al robot. A partir d'aquí, cada vegada que

el robot enviï informació cap servidor indicarà tant la identificació de la sessió com el número de posició de les mesures. D'aquesta manera el funcionament del conjunt robot-servidor Web consistirà en avançar a la següent posició, escanejar i enviar la informació, i així successivament.

El servidor Web es basarà en Apache i la base de dades es realitzarà en MySQL. Les aplicacions de comunicació entre el robot i la base de dades es programaran en PHP.

L'enviament de les dades cap a servidor es realitzarà per WIFI i de forma immediata després de la seva captura, de manera que el protocol que farà servir el robot consistirà en avançar a la següent posició, mesurar les dades disponibles, i enviar la informació al servidor.

El servidor per capturar i emmagatzemar la informació es muntarà sobre Apache amb una base de dades en MySQL i els scripts per comunicar-se amb la base de dades en PHP.

1 . 3 OBJECTIUS DEL TFG

Els diferents objectius del projecte presentat es poden desglossar en diverses fases:

i) Fase 1: Objectius principals

- (1) Comunicació Wifi del vehicle.
- (2) Moviment al robot.
- (3) Control manual a distància del moviment del robot (basat en Web).
- (4) Censat de la potencia Wifi en diferents punts d'una sala.
- (5) Representació de mesures actuals a la pantalla del navegador Web.
- (6) Moviment autònom del robot.

ii) Fase 2: Objectius secundaris

- (1) Servidor Web per recepció i emmagatzematge de dades.
- (2) Comunicació entre robot i servidor Web.
- (3) Visualització de dades emmagatzemades.
- (4) Representació de la cobertura Wifi (1 xarxa).
- (5) Representació de la cobertura Wifi (totes les xarxes).

iii) Fase 3: Objectius opcionals

- (1) Enviament d'informació de totes les xarxes disponibles en temps real i/o emmagatzemar en memòria per quan hi hagi cobertura.
- (2) Representació de l'estat actual al servidor Web.
- (3) Representació en forma de mapa de cobertura de totes les xarxes al servidor Web.

iv) Fase 4: Documentació final de la memòria i la presentació

v) Fase 5: Objectius extres

- (1) Optimització de l'enviament de dades: implementació d'algorisme de compressió (gzip).
- (2) Funcionalitats addicionals: Representació a la pantalla del PC la informació dels obstacles detectats, mapa de colors dels senyals detectats a cada punt, recorregut realitzat pel robot, paràmetres de velocitat, etc...

1.4 ENFOCAMENT I MÈTODE SEGUIT

L'enfocament que s'ha seguit per realitzar el projecte proposat ha seguit la següent metodologia:

- (1) Anàlisi i estudi de les necessitats.
- (2) Selecció dels accessoris necessaris: sensors, estructura, etc...
- (3) Disseny dels circuits d'alimentació i interconnexió entre els diferents dispositius.
- (4) Adquisició del material i muntatge del hardware.
- (5) Programació i proves dels algorismes de comunicació entre els diferents dispositius hardware.
- (6) Estudi comparatiu d'alternatives per programar el servidor web.
- (7) Disseny de la base de dades, les aplicacions i l'algoritme de control del robot.
- (8) Programació i proves.

És a dir, en primer lloc s'ha realitzat un anàlisi i disseny de les diferents alternatives, i posteriorment s'ha procedit a la seva implementació.

Respecte al muntatge del prototip es van detectar principalment tres opcions:

- Reaprofitant un vehicle existent: cotxe teledirigit, robot aspirador, etc..
- Construint el prototip amb un kit Arduino™ o LEGO™
- Dissenyant i fabricant un prototip personalitzat

La primera opció requeria l'adquisició de la joguina (cotxe teledirigit), sense coneixement del hardware que portava, amb el consegüent risc d'incompatibilitat. Raó per la qual es va descartar.

La segona opció era més costosa econòmicament parlant, però permetia escollir el hardware més adient pel sistema dissenyat assegurant la compatibilitat abans de l'adquisició. Aquesta va ser l'opció escollida ja que permetia disposar d'un prototip assemblet en poc temps.

La tercera opció tenia un risc molt elevat degut al temps de compra de materials, manipulació i adaptació al disseny, i muntatge, per això es va descartar.

Respecte al servidor i el llenguatge de programació hi havia moltes variables i combinacions:

- Servidor en Apache o IIS (Internet Information Server)
- Programació basada en scripts: PHP, JavaScript, Ruby On Rails (RoR), Python, ...
- Programació d'una aplicació independent: java, C++, VisualBasic, ...

Finalment, i després de fer diverses proves, es va escollir instal·lar un servidor Apache amb PHP i la base de dades en MySQL. La raó principal va ser que pel tipus de serveis i necessitats que es desitjaven obtenir era més adient treballar a nivell de scripts i HTML que a nivell d'una aplicació independent, a més el mercat ofereix paquets tipus XAMPP [1] que inclouen el servidor, el llenguatge PHP i base de dades en MySQL sota una sola instal·lació.

1.5 PLANIFICACIÓ DEL TREBALL

1.5.1 DESCRIPCIÓ DE LES TASQUES

Les principals tasques a realitzar per a cada un dels objectius a desenvolupar del projecte es mostren a la Taula 1:

Fase	Objectiu	Tasques a realitzar
1	(1) Comunicació Wifi del vehicle	Connectar la targeta Wifi a la del processador. Configurar la targeta Wifi per a que es connecti a la xarxa desitjada.
	(2) Moviment del robot	Seleccionar i adquirir el xassís, les rodes, els moto-reductors i el driver. Seleccionar i adquirir els elements per adaptar nivells de tensió i senyals. Assemblar el xassís, les rodes, els moto-reductors. Instal·lar el driver i connectar-lo als moto-reductors. Instal·lar el microprocessador, el protoboard i la targeta wifi a sobre del xassís. Connectar el driver al microprocessador. Configurar el driver i la comunicació amb el microprocessador. Programació de les rutines de control de moviment endavant/enrere/aturat (forward/backward/stop) Programació de les rutines de control de gir dreta/esquerra (left/right)
	(3) Control manual a distancia del moviment del robot (basat en Web).	Programació de les funcions de control i del servidor Web per comandar-lo: ordres forward/backward/stop Programació de les funcions de control i del servidor Web per comandar-lo: ordres left/right
	(4) Censat de la potencia Wifi en diferents punts d'una sala.	Programació de les rutines de mesura de les xarxes disponibles. Enviar la informació pel canal UART amb el PC (a través del terminal).
	(5) Representació de mesures actuals a la pantalla del navegador Web.	Enviar la informació per canal del Wifi i visualització amb navegador Web.
	(6) Moviment autònom del robot	Connectar els sensors de distància i contacte al microprocessador. Configurar el microprocessador per llegir els senyals dels sensors de contacte. Programar una interrupció per a cada sensor que aturi el vehicle en cas de contacte. Configurar les entrades i sortides del microprocessador per generar els senyals de trigger/echo. Programar les rutines de generació del trigger i lectura del echo, i determinar la distància al objecte detectat. Programar la rutina de moviment del vehicle.
2	(1) Servidor Web per recepció i emmagatzematge de dades	Creació d'un servidor Web que llegeixi les dades rebudes del client (robot) Creació d'una base de dades que permeti emmagatzemar la informació rebuda del robot. Programació dels scripts per transferir la informació del robot a la base de dades. Programació de les rutines per mostrar la informació rebuda.
	(2) Comunicació entre robot i servidor Web.	Configurar el robot en mode client. Programar les rutines d'enviament de la informació. Programar la rutina d'emmagatzemament de les dades Programar les rutines d'enviament de les dades

	(3) Visualització de dades emmagatzemades	Enviar la informació emmagatzemada a la memòria cap al servidor. Mostrar tota la informació emmagatzemada d'una xarxa.
	(4) Representació de la cobertura Wifi (1 xarxa).	Programar la rutina de representació dels obstacles. Programar la rutina de nivells de senyals mesurats i mapa de cobertura, per la xarxa configurada.
	(5) Representació de la cobertura Wifi (totes les xarxes).	Afegir funcionalitat de selecció de xarxes al servidor Web.
3	(1) Enviament d'informació de totes les xarxes disponibles en temps real i/o emmagatzemar en memòria per quan hi hagi cobertura *	Afegir capacitat del sistema per emmagatzemar les dades de totes les xarxes disponibles.
	(2) Representació de l'estat actual al servidor Web.	Enviar la informació emmagatzemada a la memòria cap al servidor. Mostrar tota la informació emmagatzemada de totes les xarxes.
	(3) Representació en forma de mapa de cobertura de totes les xarxes al servidor Web.	Programar la rutina de nivells de senyals mesurats i mapa de cobertura, en funció de la xarxa seleccionada a la pantalla del servidor Web.
	(4) Optimització de l'enviament de dades.	Definició dels algorismes de compressió, creació del CRC, etc. Programació dels algorismes definits. Aplicació dels algorismes a les dades emmagatzemades a memòria.
	(5) Funcionalitats addicionals.	Mostrar a la pantalla la informació dels obstacles detectats, el mapa de colors dels senyals detectats a cada punt, el recorregut realitzat pel robot, paràmetres de velocitat, etc...
4	Documentació final de la memòria i la presentació	Preparació de la memòria del projecte Preparació de la presentació del projecte Entrega i presentació davant del tribunal
5	(1) Optimització de l'enviament de dades.	Definició dels algorismes de compressió, creació del CRC, etc. Programació dels algorismes definits. Aplicació dels algorismes a les dades emmagatzemades a memòria.
	(2) Funcionalitats addicionals.	Mostrar a la pantalla la informació dels obstacles detectats, el mapa de colors dels senyals detectats a cada punt, el recorregut realitzat pel robot, paràmetres de velocitat, etc...

Taula 1. Taula de tasques i objectius

1.5.2 PLANIFICACIÓ TEMPORAL DEL PROJECTE - INICIAL

A la Figura 1, es mostra la planificació temporal dels objectius i tasques a realitzar:

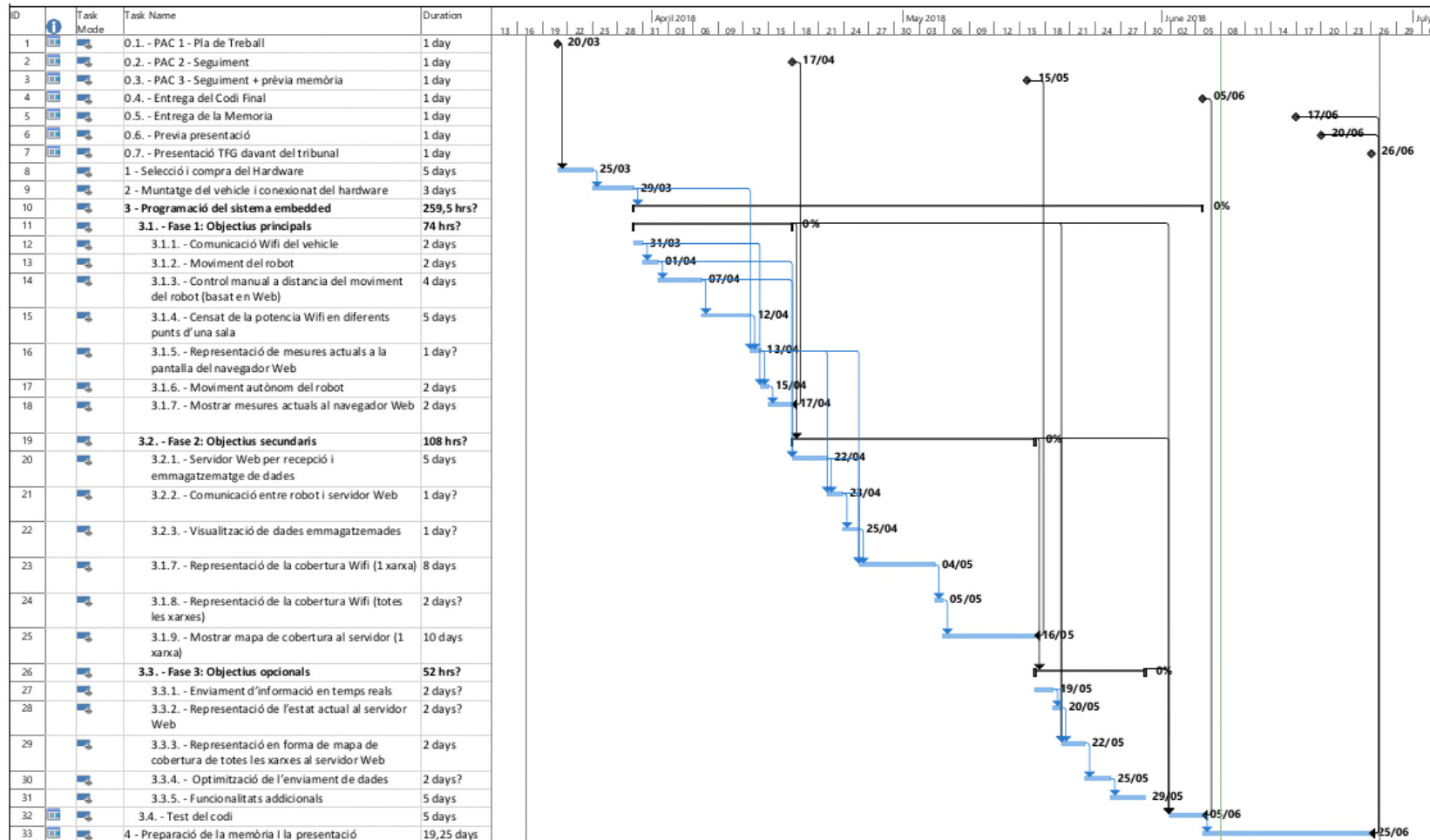


Figura 1. Cronograma del projecte

1.5.1 PLANIFICACIÓ TEMPORAL DEL PROJECTE – REAL FINAL

La Figura 2, es mostra la planificació temporal real dels objectius i tasques realitzades:

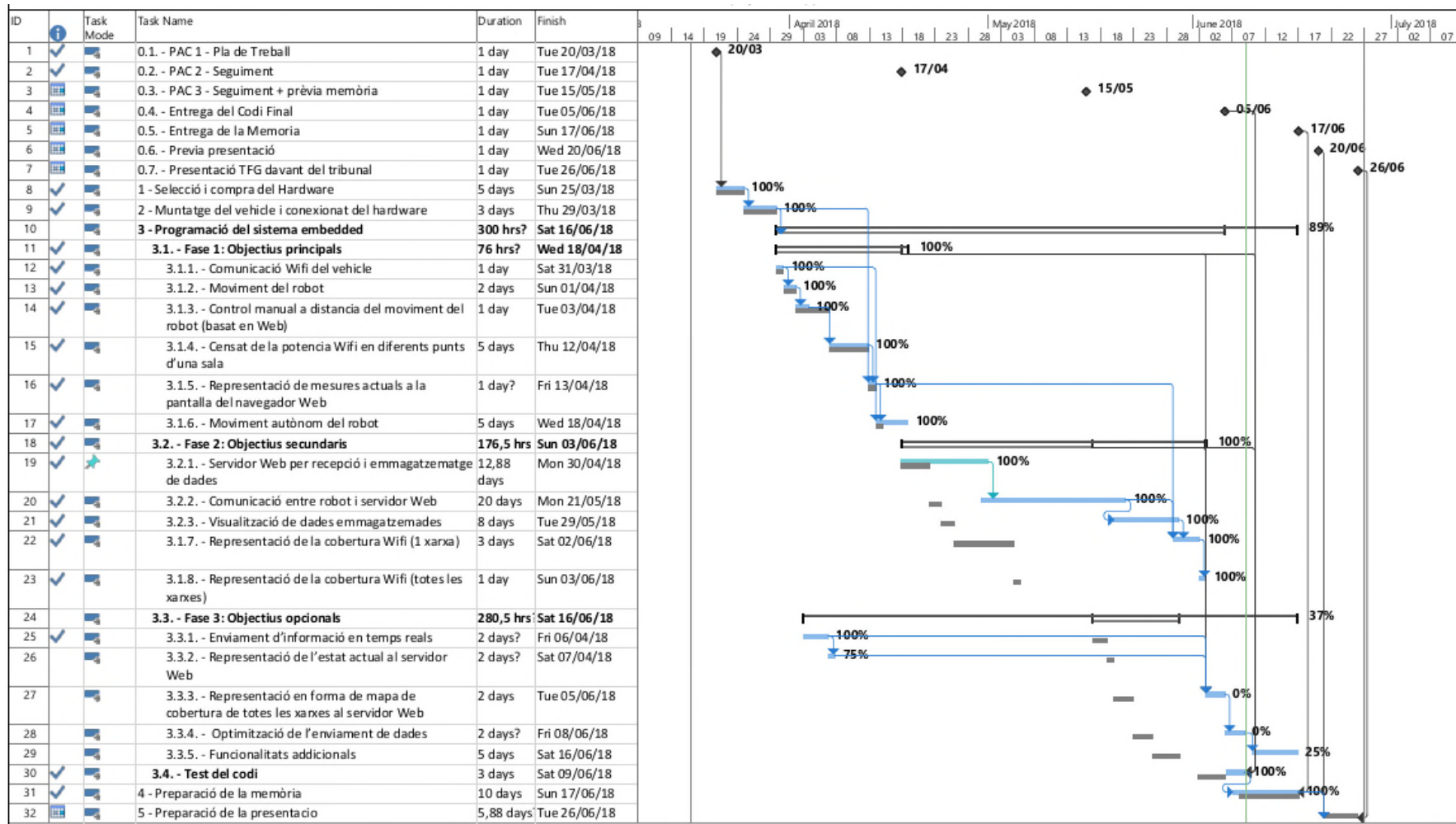


Figura 2. Comparativa planificació original vs real del projecte

A la Figura 2 es mostra una comparativa de la planificació original (en marró) amb la planificació actualitzada un cop arribats a la data límit (en blau). Com es pot comprovar el principal retard que s'ha produït, i que ha limitat el compliment dels objectius opcionals i extres, ha sigut la creació del servidor Web i la programació de les rutines de comunicació entre ambdós. La causa ha sigut el desconeixement tant de les diverses opcions per muntar un servidor local com l'aprenentatge del llenguatge basat en scripts escollit (PHP).

1 . 6 RECURSOS EMPRATS

Els recursos necessaris per portar a terme el projecte proposat són:

Hora-home

Programador de sistemes encastats i electrònic

Programador Web

Materials

PC

Tot l'especificat a l'apartat 2 . 1 . 1

Software

Code Composer Studio

Energia

Notepad++ (Editor HTML + PHP)

Xampp (servidor Apache+PHP+MySQL)

1 . 7 PRODUCTES OBTINGUTS

Els productes obtinguts, un cop finalitzat el projecte presentat, consistiran en dos:

- Prototip de mesura (robot)
- Servei Web i base dades per emmagatzemar i tractar la informació

1 . 8 BREU DESCRIPCIÓ DELS ALTRES CAPÍTOLS DE LA MEMORIA

La present memòria està estructurada de forma que primer s'introdueix a grans trets el sistema, i a continuació es va aprofundint en el sistema dissenyat.

L'apartat 2 tracta els antecedents, on en primer lloc s'analitzen les opcions similars que el mercat ofereix tant en quant a hardware com a protocols i software, i a continuació es realitza un estudi de mercat, analitzant diverses opcions similars o equivalents que el mercat ofereix.

L'apartat 3 pretén servir com a base per explicar com s'ha distribuït el projecte, com s'interconnecten els diferents mòduls, aplicacions, base de dades, etc.. En un primer subapartat s'explica el global del conjunt vehicle-servidor web, i ens apartats consecutius s'explica la organització dels diferents mòduls o aplicacions del servidor Web i com es comuniquen entre ells, el robot i la base de dades.

L'apartat 4 entra més al detall del sistema explicant en un nivell més baix com s'interconnecta el hardware, quins adaptadors de nivell s'han hagut de fer servir, com s'estructuren els missatges entre aplicacions, etc..

L'apartat 5 dona resposta a la viabilitat tècnica del desenvolupament del projecte proposat, actualitzant la matriu de riscos i indicant els punts forts i els punts dèbils del projecte. Finalment, es realitza un anàlisi DAFO per detectar i analitzar una possible sortida del producte al mercat.

En l'apartat 6 es realitza un estudi econòmic del projecte on s'avaluen els costos d'industrialització del mateix i es proposa un preu de venda al públic, en funció dels costos associats de materials, mà d'obra, instal·lacions, etc.

Finalment, la memòria acaba amb unes conclusions explicant els objectius aconseguits, els no aconseguits, les causes, i possibles millores en el cas de continuïtat o ampliació del projecte.

Per últim, s'adjunta també la bibliografia utilitzada, el glossari de termes i acrònims fets servir i un annex on s'explica la instal·lació del programari necessari per disposar d'un servidor Web i una base de dades totalment operatiu.

2 ANTECEDENTS

2.1 ESTAT DE L'ART

Actualment el mercat ofereix diverses opcions assequibles que permeten realitzar prototipatge ràpid i econòmicament, amb un alt nivell tecnològic.

Sobre la memòria i la intel·ligència les principals opcions que el mercat ofereix es poden resumir en:

- Sistemes Arduino: gama de microprocessadors amb capacitats diverses, segons el preu i les necessitats. [2] (veure la Figura 3)

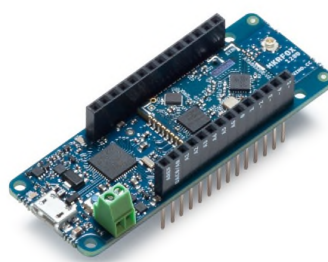


Figura 3. Microprocessador Arduino

- Sistemes RaspBerry-Pi: gama de microprocessador amb moltes funcionalitats multimèdia. Segons el preu les característiques i funcionalitats varien. [3] (veure la Figura 4)



Figura 4. Microprocessador RaspBerry-Pi

- Altres sistemes: Texas Instrument, BeagleBone, Sharks Cove, Minnowboard MAX, Nanode, Waspnote, LittleBits, etc..(veure la Figura 5)



Figura 5. Microprocessador Texas Instruments

Sobre els protocols de comunicació cablejada, els principals, que quasi tots els sistemes esmentats incorporen, són:

- UART (universal asynchronous receiver-transmitter)
- I2C (Inter-Integrated Circuit)

- SPI (Serial Peripheral Interface)

Respecte a les plataformes de desenvolupament i sistemes operatius en temps real, cada fabricant disposa de les seves eines, llibreries, plataformes de programació, etc., es poden esmentar les següents:

- Code Composer Studio
- Energia
- Arduino IDE
- Adafruit WebIDE
- BlueJ IDE

Cadascun té els seus avantatges i llibreries, i per tant l'elecció d'un o altre depèn principalment del hardware seleccionat.

Sobre els protocols de comunicació sense fils per IoT (Internet Of Things) es podria parlar principalment de tres:

- Wifi
- Bluetooth
- Zigbee

Respecte els diferents servidors existents, els principals considerats han sigut basats en Apache o basat en IIS de Microsoft.

Sobre els llenguatges possibles per programar scripts, existeixen molts i variats, cadascun amb les seves avantatges i inconvenients. Alguns són: PHP, javaScript, RoR, Python, etc.

En relació als sensors, motors, drivers i altres accessoris, el mercat ofereix moltes opcions. S'avaluen a continuació algunes d'elles.

Sensors de distància:

- Ultrasònic: sensors de distància de precisió mitja, econòmics i per distàncies de fins a 4-5 metres. (veure la Figura 6)



Figura 6. Sensor d'ultrasons

- Làser: sensor de distància de molta precisió, econòmics però per curtes distàncies (inferiors a 2 metres). (veure la Figura 7)

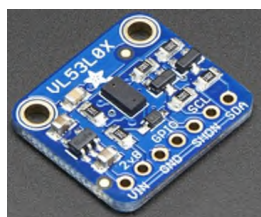


Figura 7. Sensor làser

- Inductiu: sensor de distància/proximitat per distàncies molt curtes (de 3 mm aproximadament). (veure la Figura 8)



Figura 8. Sensor inductiu

Sensors de contacte:

- De tipus polsador/interruptor: requereix contacte, i opera com un interruptor (veure la Figura 9).

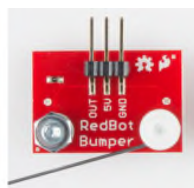


Figura 9. Sensor de contacte tipus polsador

- Inductiu: no requereix contacte, però el rang de detecció és de l'ordre de mil·límetres (veure la Figura 8)

Drivers per motors:

- Per motors pas a pas: per controlar motors pas a pas (veure la Figura 10).

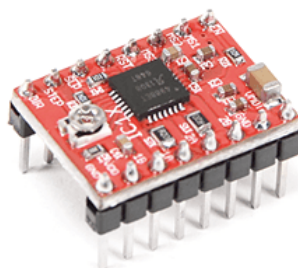


Figura 10. Driver per motors pas a pas

- Per motors de corrent continua: genera senyal PWM per motors de corrent continua (veure la Figura 11).


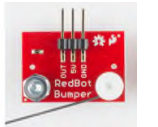




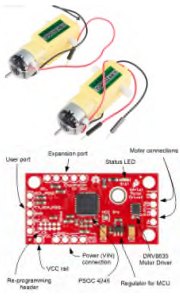

Figura 11. Driver per motors DC

Per la tria dels mateixos s'ha considerat el preu i l'adequació i compatibilitat amb les capacitats del microprocessador i els protocols de comunicació. A la Taula 2 s'indiquen els components seleccionats finalment, les seves característiques i la raó per la qual s'ha escollit.

2.1.1 MATERIAL NECESSARI

El material mínim necessari per realitzar aquest prototip es mostra a continuació (Taula 2):

Nom	Marca i model	Característiques	Cal adaptació de nivell?	Raó de tria	
Sensor de distancia	HC-SR04 de ElecFreaks	<ul style="list-style-type: none"> Tensió de treball: DV 5V Corrent de treball: 15 mA Freqüència de treball: 40 Hz Rang màxim: 4 m Rang mínim: 2 cm Angles de mesura: 15 graus Dimensions: 45x20x15 mm 	Si, un divisor de tensió	Cost baix i adaptació de nivells senzilla	
Sensor de contacte	RedBot Sensor de SparkFun	<ul style="list-style-type: none"> Tensió de treball: 5V 	No cal, ja que pot funcionar a 3.3V	Cost baix i compatibilitat amb microprocessador	
Microprocessador	MSP-EXP432P401R	<ul style="list-style-type: none"> Tensió lògica a 3,3V Baix consum energètic i alta eficiència: 80uA/MHz actiu i 660nA RTC en repòs 48MHz 32-bit ARM Cortex M4F amb acceleració DSP i unitat de punt flotant Digital: sistema d'encryptació avançada (AES256) Accelerador, CRC, DMA, HW MPY32 Memòria: 256KB Flash, 64KB RAM Temporitzadors: 4 x16-bit, i 2 x 32-bit Comunicació: fins a 4 I2C, 8 SPI, 4 UART Connexió amb BoosterPack de 40 pin, i suport per 20 pin BoosterPacks Emulador XDS-110ET a bord amb característiques EnergyTrace+ Technology 2 botons i 2 LEDs per interacció amb l'usuari Canal posterior UART via USB cap al PC 	No cal	Imposició de l'assignatura	

Targeta WIFI	CC3100 muntada sobre el BoosterPack de TI's SimpleLink	<ul style="list-style-type: none"> • Processador de xarxa Wifi CC3100 amb empaquetament QFN • Connexió amb el LaunchPad a través de 2x20 pins • Antena de xip On-board amb l'opció per verificació basat en U.FL • Alimentació on-board LDO mitjançant USB o amb 3.3V des del LaunchPad MCU • 2 polsadors • LEDs • Jumper amb resistència de 0.1 Ohm per mesura de corrent • Flash sèrie de 0.8 Mbit • Oscil·lador per cristall de quars de 40 MHz i 32 KHz • Antena U.FL i de xip • USB 	No cal. Connexió directa a través dels 2x20 pins	Imposició de l'assignatura	
Servomotors i driver	Serial Controller motor driver de SparkFun Moto-reductors: DG01D-A130 GEARMOTOR de DAGU Hi-Tech Electronic Co	<ul style="list-style-type: none"> • Tensió d'alimentació: 4.5VDC • Velocitat sense càrrega: 140RPM • Corrent sense càrrega: 190mA • Màxima corrent en càrrega: 250mA • Parell: 800 gf-cm 	El driver s'alimentarà amb 5V i el control es farà des de la placa del microcontrolador ja que, encara que funcioni a 3.3V, la lògica del sistema funcionarà igual (veure apartat 4.1.4.1). El control des del microprocessador es farà a través del port I2C. Per tant calen resistències de pull-up.	Cost baix i compatibilitat amb microprocessador. Driver controlable amb comandes UART. Forma part d'un kit que inclou driver+motoreductors+rodes.	
Estructura del vehicle	Shadow Chassis d'SparkFun	---	---	Cost econòmic. Versàtil. Preparat per el kit que inclou els motoreductors+rodes	
Bateria externa de mòbil		<ul style="list-style-type: none"> • Capacitat: 5200 mAh • Entrades: Micro USB de 5V 1A • Sortides: 2 x Micro USB de 5V 2A 		Disponible en stoc	

Taula 2. Dispositius escollits per al projecte

2.2 ESTUDI DE MERCAT

En el mercat existeixen diverses aplicacions i sistemes que permeten mesurar la intensitat del senyal Wifi (RSSI), realitzar escanejos de volumetria i mesurar l'espectre freqüencial. De fet per a dispositius mòbils se'n troben infinitat, com per exemple:

- Wifi Commander [4]: software per dispositiu mòbil on es poden analitzar les xarxes detectades, els nivells de potencia, etc. (veure la Figura 12)

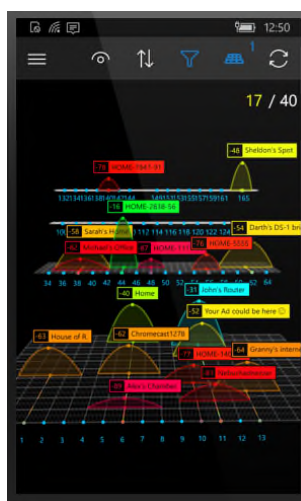


Figura 12. Imatge del software Wifi Commander

- Acrylic WiFi [5]: software molt potent per realitzar auditories i mesures de camp, on es representen els nivells per colors (veure la Figura 13)



Figura 13. Imatge del software Acrylic WiFi

Cercant dispositius professionals analitzadors de xarxes se'n troben diversos, però cap d'ells realitza un mapeig autònomament. Per exemple el Aircheck G2 de NetScout [6] (veure la Figura 14), que consisteix en un comprovador professional portàtil de xarxes sense fils.



Figura 14. Imatge del dispositiu AirCheck G2

Sobre dispositius autònoms que permetin analitzar tot un espai tancat existeix dispositius per aixecar plànols i geometries 3D, com els basats en Lidar (Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging), és a dir, per exemple els sistemes OPAL™ 3D LiDAR scanner de Neptec Technologies [7] (veure la Figura 15).

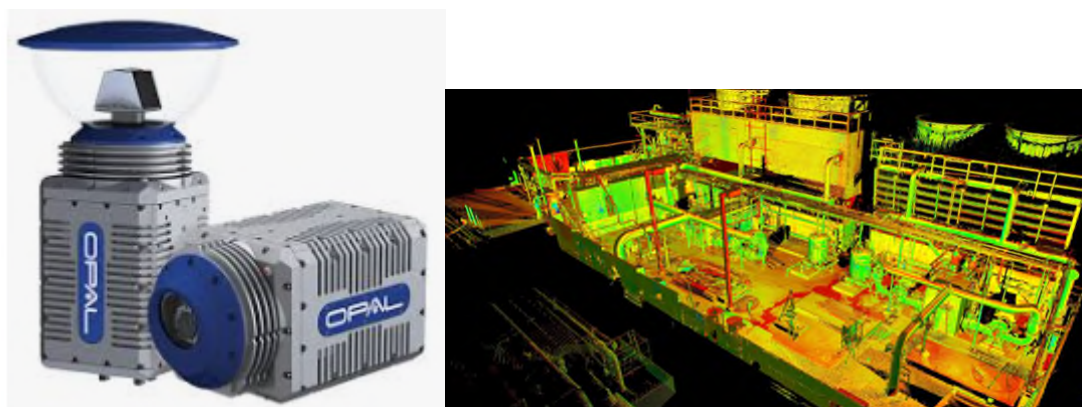


Figura 15. Esquerra: Imatge de OPAL™ 3D Lidar Scanner; Dreta: resultat d'un escaneig basat en LiDAR.

Respecte a dispositius que analitzin l'espectre freqüencial existeixen diversos fabricants, però són dispositius pensats principalment per aplicacions a l'aire exterior ja que es tracten de drons de grans dimensions (veure la Figura 16). Alguns exemples són:

- Inuavi aerospace [8]
- SixArms [9]



Figura 16. Imatge d'un dron de mesura de SixArms

No s'ha localitzat cap fabricant que tingui un dispositiu específic per senyals Wifi que es desplaci de forma autònoma i realitzi un mapeig de la distribució del senyal en l'interior, tot i que com s'ha vist, el mercat ofereix alternatives que permetrien obtenir les mesures desitjades.

3 DESCRIPCIÓ FUNCIONAL

3.1 AWSR - AUTONOMOUS WIFI SCANNER ROBOT

El sistema proposat consisteix en un robot autònom (vehicle) que interactua amb l'entorn a través dels diferents sensors i l'antena WIFI que incorpora.

Per altre banda, aquest robot es connecta a un servidor Web que conté una base de dades, amb la que interactua per rebre i emmagatzemar informació mesurada.

Per últim, es pot accedir al contingut de la base de dades des d'un client extern a través d'una simple adreça web, on es podrà filtrar i visualitzar els paràmetres mesurats en cada sessió d'escaneig. La Figura 17 mostra esquemàticament com es comuniquen els diferents actors del sistema.

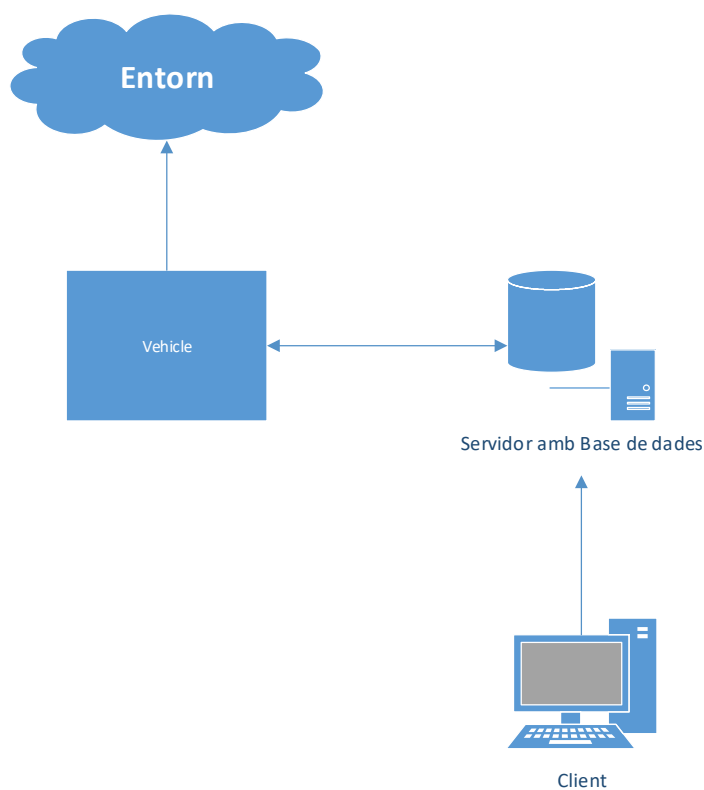


Figura 17. Diagrama de blocs del sistema AWSR

3.2 APLICACIO WEB

L'aplicació Web desenvolupada està formada per una base de dades (BDD), diversos scripts en PHP i JavaScript, i codi HTML. A més, inclou un arxiu de configuració CSS per millorar l'aspecte visual de l'entorn.

3.2.1 DIAGRAMA DE BLOCS DE LA BASE DE DADES

La base de dades (BDD) està formada per diferents taules i columnes per tal d'emmagatzemar tota la informació necessària. Les taules que s'utilitzaran són:

- Taula 'sessions': en aquesta taula s'emmagatzemarà l'identificador de l'experiment i la data i hora del mateix
- Taula 'positions_available': en aquesta taula s'emmagatzemarà l'identificador de l'experiment, l'identificador de la posició i un valor binari que indicarà si la posició és accessible o no ('0' accessible i '1' no accessible).
- Taula 'wifi_networks': en aquesta taula s'emmagatzemarà la informació de les xarxes disponibles, per tant s'inclourà l'identificador de la sessió, l'identificador de la xarxa WIFI i el seu nom (SSID).
- Taula 'position_RSSI': en aquesta taula s'emmagatzemarà l'identificador de la sessió, l'identificador de la posició, l'identificador de la xarxa WIFI i el valor de la intensitat de senyal mesurada (RSSI).

La Figura 18 mostra un diagrama de blocs de la base de dades plantejada on s'indiquen, a més, el tipus de dades i la longitud del què s'emmagatzemarà a cada columna.

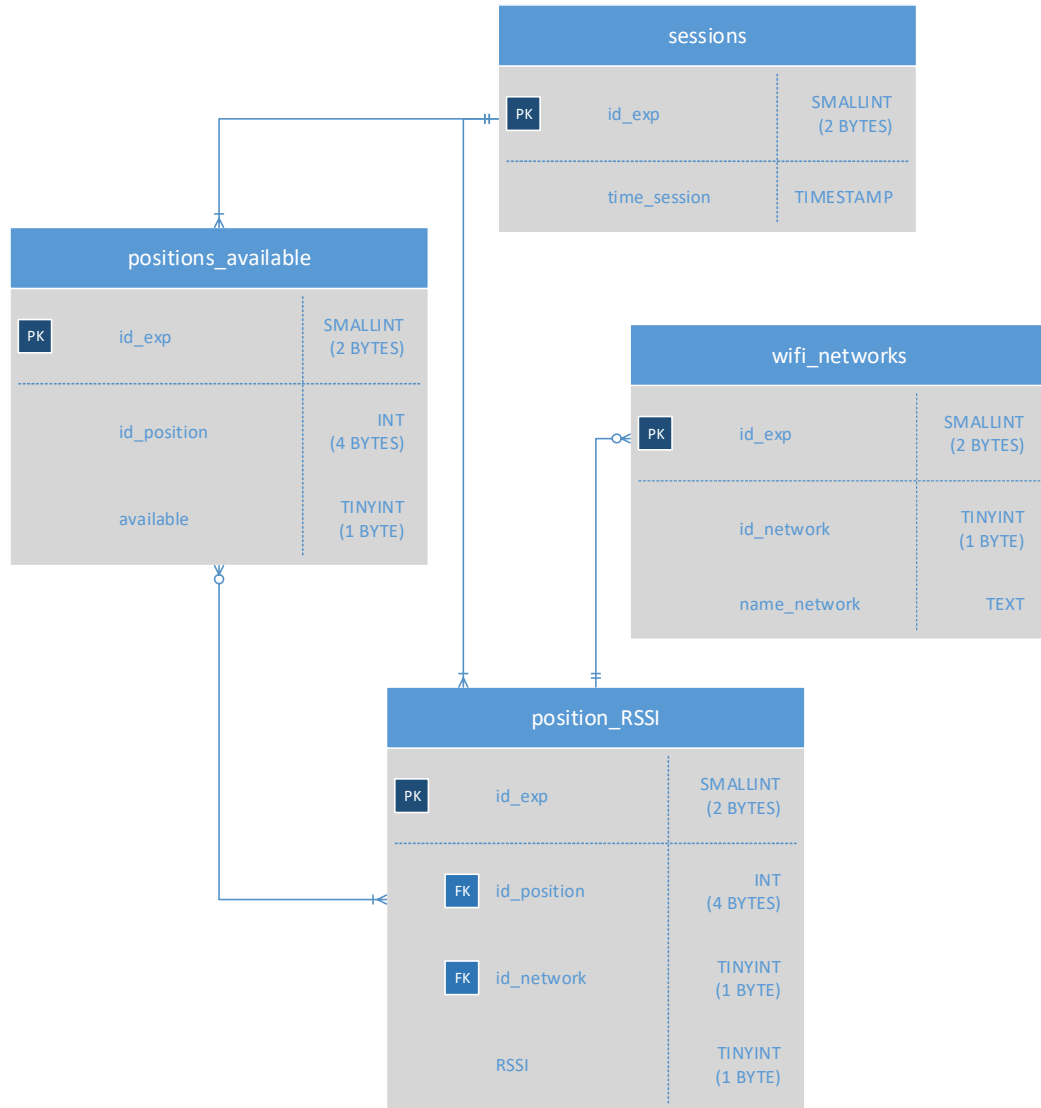


Figura 18. Diagrama de blocs de la base de dades

3.2.1 DIAGRAMA DE BLOCS DEL SERVEI I APLICACIONS WEB

A nivell de servidor Web, i per tal d'interactuar amb la base de dades i amb els clients externs (ja sigui el vehicle o el terminal de visualitzador del contingut de la BDD), les funcionalitats del servidor Web s'han distribuït entre diferents arxius de codi en llenguatge PHP, on cada arxiu realitza funcions diferents. Aquests són:

A nivell de comunicació robot-servidor:

- Arxiu 'connect.php': el codi d'aquest arxiu fa d'enllaç amb la BDD, obrint-la i accedint al seu contingut. Totes els altres codis criden a aquest per tal de poder accedir a la BDD.
- Arxiu 'addNewNetworks.php': el codi d'aquest arxiu es comunica amb la taula 'wifi_networks' de la BDD, per tant llegeix la informació rebuda com a missatge HTTP POST, verifica que la BDD no contingui repetida cap xarxa (comparant la sessió i el nom de la xarxa), i si la xarxa rebuda no hi és, l'afegeix a la BDD.
- Arxiu 'addPositionAva.php': el codi d'aquest arxiu es comunica amb la taula 'positions_available' de la BDD, de manera que emmagatzema la informació rebuda com a missatge HTTP POST en aquesta taula. És a dir, afegeix la sessió, la posició i si és accessible o no.
- Arxiu 'addPositionRSSI.php': el codi d'aquest arxiu es comunica amb la taula 'position_RSSI' de la BDD, de manera que llegeix els valors de la sessió, la posició, la identificació de la xarxa i el valor RSSI mesurat, i els emmagatzema a la BDD. Els missatges que espera també estan basats en HTTP POST.
- Arxiu 'retrySessionID.php': el codi d'aquest arxiu afegeix una nova sessió a la taula 'sessions' de la BDD, on inclou la data, hora, minuts i segons de l'experiment, i retorna l'identificador de la sessió al robot mitjançant un missatge HTTP POST.

A nivell de comunicació client-servidor:

- Arxiu 'index.php': es tracta del punt d'entrada des de l'exterior com a client, és aquí on es selecciona la sessió que es vol visualitzar. Un cop triada la sessió, aquest codi crida a l'arxiu 'selectNetwork.php'.
- Arxiu 'selectNetwork.php': el codi d'aquest arxiu, mostra totes les xarxes disponibles de la sessió triada on el client haurà de triar la xarxa que desitja visualitzar. Un cop escollida la xarxa, aquest codi crida a l'arxiu 'showDBContent.php'.
- Arxiu 'showDBContent.php': el codi d'aquest arxiu agafarà tota la informació rebuda del número de sessió i la xarxa a visualitzar, i accedirà a la BDD de mostrar per pantalla la informació continguda en base a la selecció feta pel client.

Tots els arxius de selecció i representació de la informació continguda a la BDD criden a l'arxiu d'estils 'styles.css', on s'inclou la configuració visual pel selector desplegable, els títols, etc..

La transferència de dades entre els diferents arxius, en aquest cas, és mitjançant missatges HTTP GET.

A Figura 19 es mostren la interconnexió entre els diferents arxius i serveis que formen part del servidor Web. Així mateix, s'indiquen els fluxos de dades entre els diferents serveis.

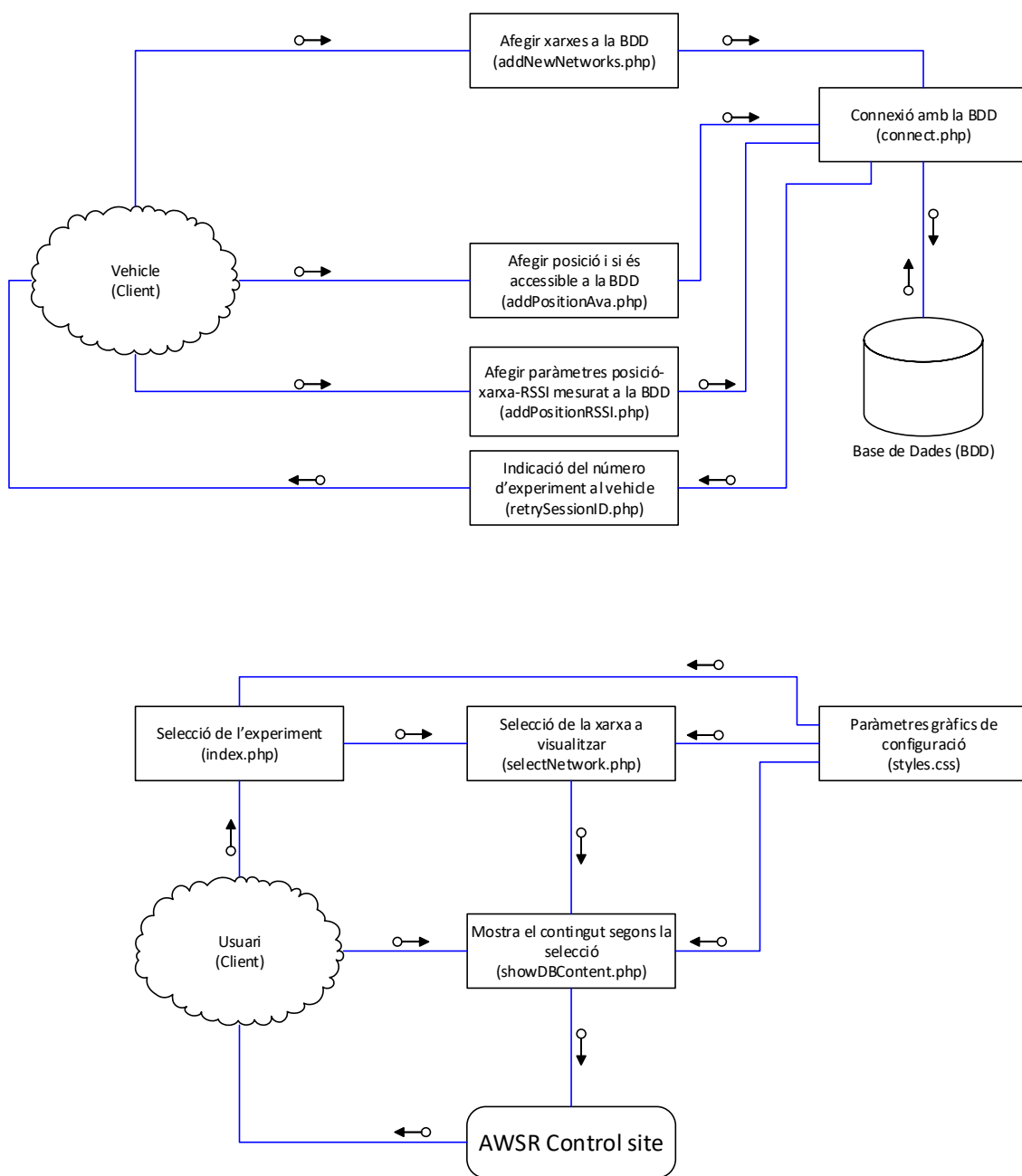


Figura 19. Diagrama de blocs de l'aplicació Web

3.3 SISTEMA EMBEDDED

El programa del sistema encastat s'ha realitzat el més modular possible, per tal de poder reutilitzar les llibreries de control de hardware en altres aplicacions, i s'han prioritzat la utilització de constants configurables des dels arxius propis de configuració.

3.3.1 DIAGRAMA DE BLOCS DEL PROGRAMA DEL SISTEMA ENCASTAT

El sistema encastat es troba dividit en diversos arxius de manera que es maximitza la modularitat del sistema. A més, s'ha prioritzat la utilització de constants configurables des dels arxius propis de configuració.

El sistema d'arxius està format per una banda, pel programa principal amb les rutines de moviment, escaneig, detecció, etc, que crida a tres arxius de configuració del hardware del sistema i la xarxa wifi a la que es connecta; i per una altre banda, les llibreries de gestió del driver dels motors i del sensor de distancia i les rutines associades. La Figura 20 mostra l'esquema de relacions entre els diferents arxius del codi.

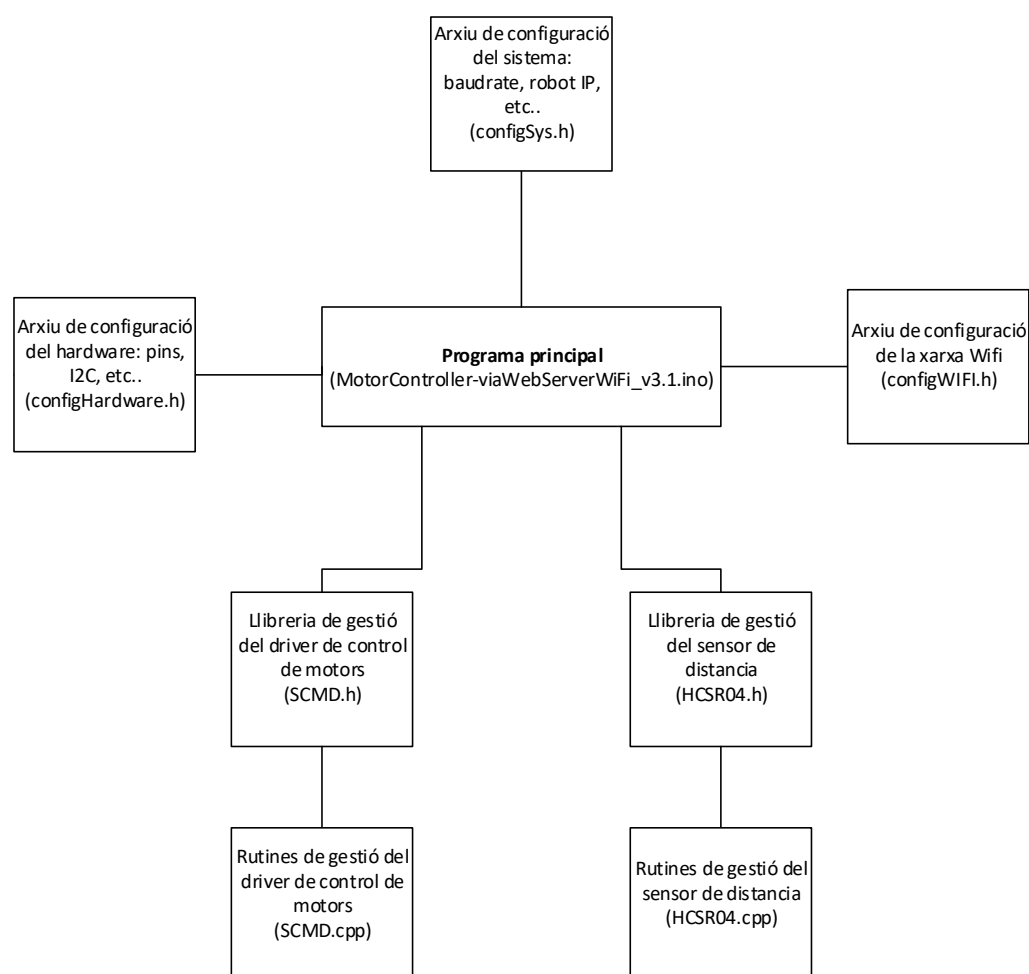


Figura 20. Diagrama de blocs del sistema encastat

4 DESCRIPCIÓ DETALLADA

4.1 DIAGRAMES DE BLOCS I ESQUEMES DEL SISTEMA

4.1.1 DIMENSIONS GENERALS I ESTRUCTURA DEL VEHICLE

Un cop assembletat el vehicle, les dimensions generals amb la configuració del hardware a sobre del vehicle es mostra a la Figura 21.

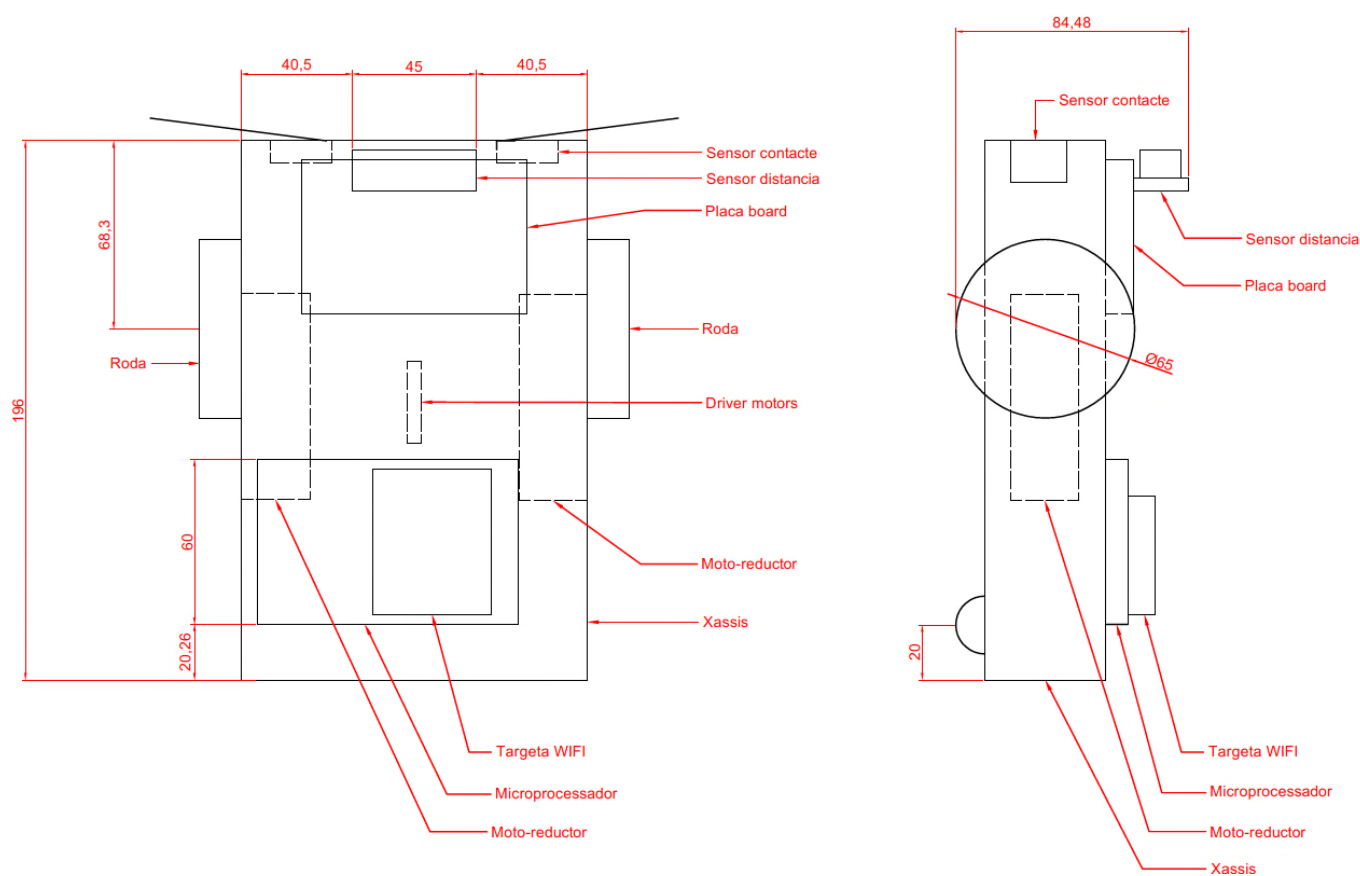


Figura 21. Dimensions generals del vehicle: esquerra vista en planta, dreta vista en alçat (unitats en mm)

A la Figura 22 es pot veure el resultat obtingut, un cop realitzat el muntatge del prototip.

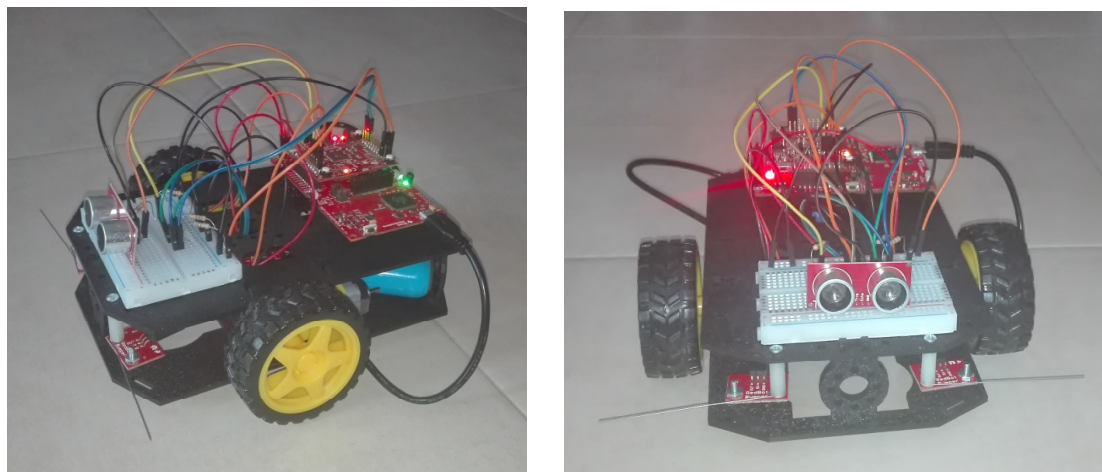


Figura 22. Prototip del robot AWSR: esquerra vista lateral, dreta vista frontal

4.1.2 ESQUEMA DE COMUNICACIÓ ENTRE EL SERVEI WEB I EL ROBOT

Tal i com s'ha comentat el mode de comunicació es basarà en l'enviament de missatges HTTP POST entre el vehicle i el servidor Web, i HTTP GET entre el client que desitja visualitzar la informació emmagatzemada, i el servidor Web, essent la seqüència de funcionament la mostrada a la Figura 23:

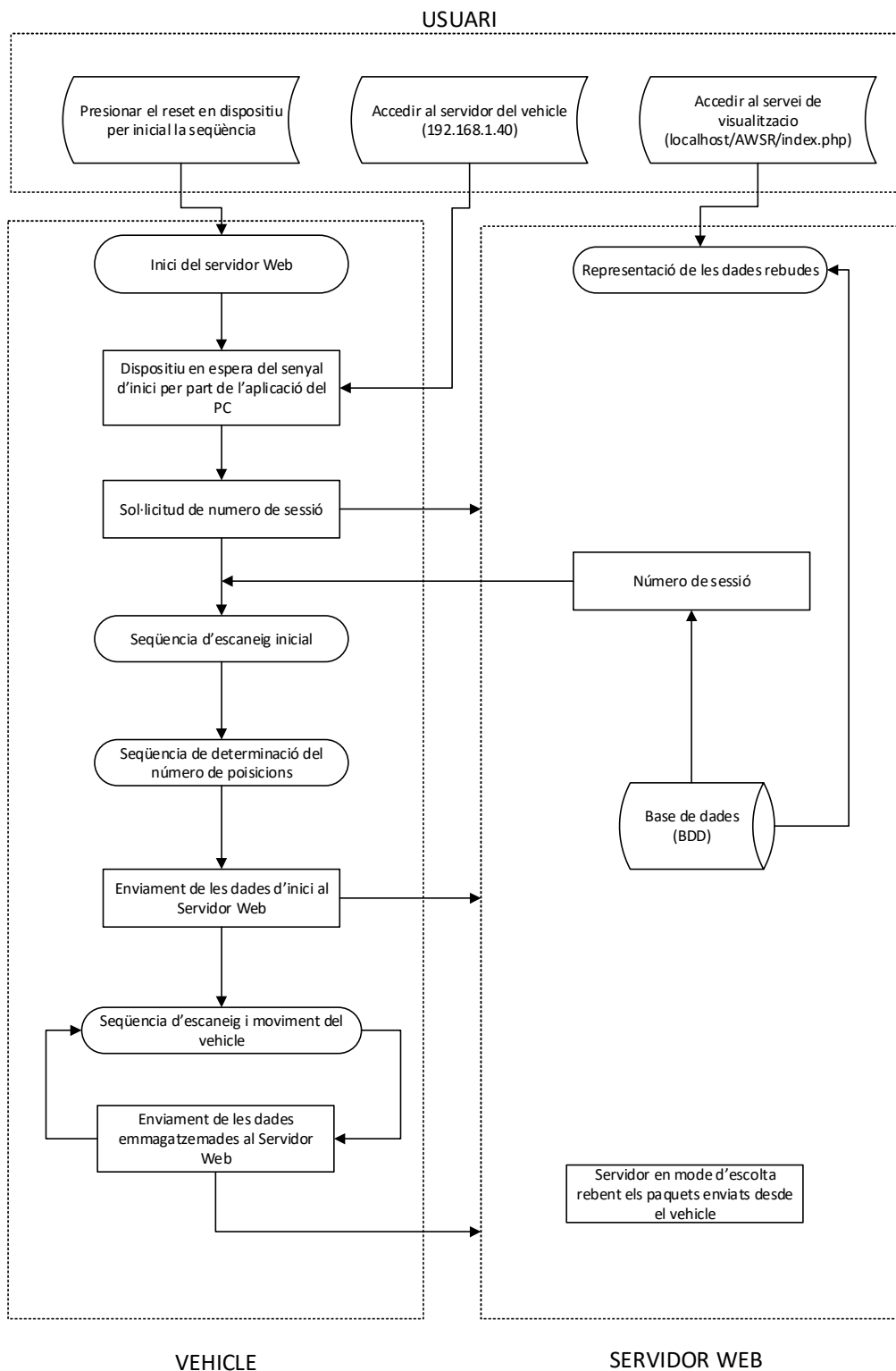


Figura 23. Diagrama de la comunicació entre el robot i l'aplicació Web

4.1.3 ESQUEMA DE FUNCIONAMENT DE LA INTEL·LIGÈNCIA DEL SISTEMA

El principi de funcionament segueix el següent esquema:

1^{er} - Es connecta a la xarxa Wifi configurada

2^{on} - Sol·licita el número de sessió al servidor, escaneja les dimensions de l'espai i determina el número de posicions que tindrà

3^{er} – Realitza un escaneig inicial de les xarxes disponibles i envia la informació al servidor Web.

4^{rt} - A partir d'aquí, el robot comença a avançar de manera que cada cop que avanci una posició realitza un escaneig i envia la informació mesurada al servidor. En el moment que detecta un obstacle, quan la distància a l'obstacle és inferior a un cert valor configurable, el robot gira a dreta o esquerra en funció de com hagi sigut l'últim gir, i segueix avançant i escanejant fins que el número de posicions sigui el determinat a l'inici de la seqüència.

Per altre banda, el sistema disposa de dos sensors de contacte associats a dos interruptors del sistema, de manera que quan impacti contra algun obstacle realitza una seqüència de moviments per evitar el contacte. Aquesta seqüència consisteix en desplaçar-se cap enrere durant 1 segon, girar a la dreta 90° i seguir avançant.

A la Figura 24 es mostra gràficament l'esquema de funcionament explicat.

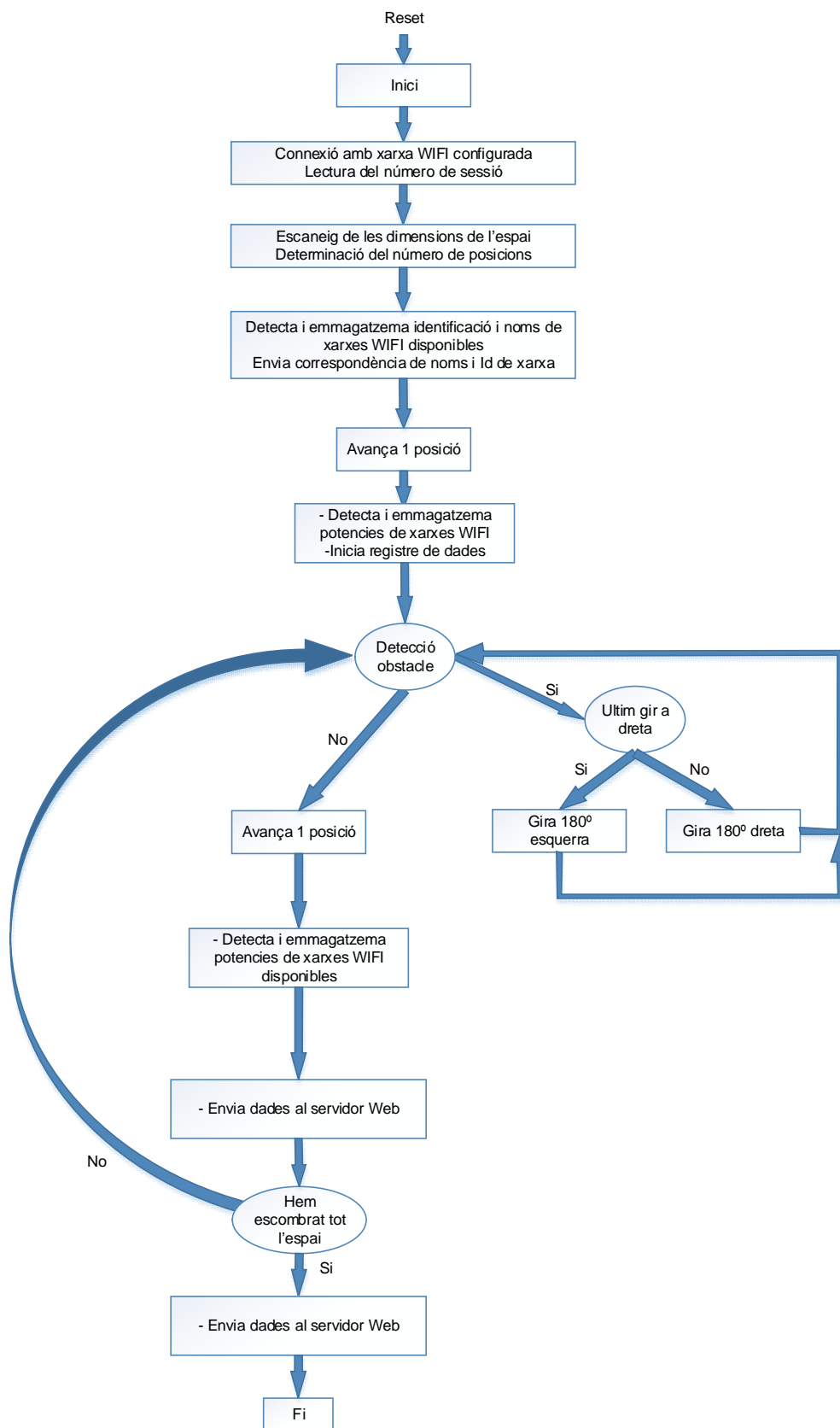


Figura 24. Esquema descriptiu de la intel·ligència del vehicle

4.1.4 ARQUITECTURA DEL SISTEMA

A nivell d'arquitectura del sistema i de com s'han interconnectat els diferents dispositius hardware, a la Figura 25 es mostren els pins utilitzats en cada dispositiu i els pins associats als que van connectats. A l'apartat 4.1.4.1. s'indiquen els adaptadors de nivell i les resistències de pull-up que s'han hagut de fer servir. Així mateix, a la Figura 28 es mostra un esquema elèctric del connexionat dels diferents dispositius.

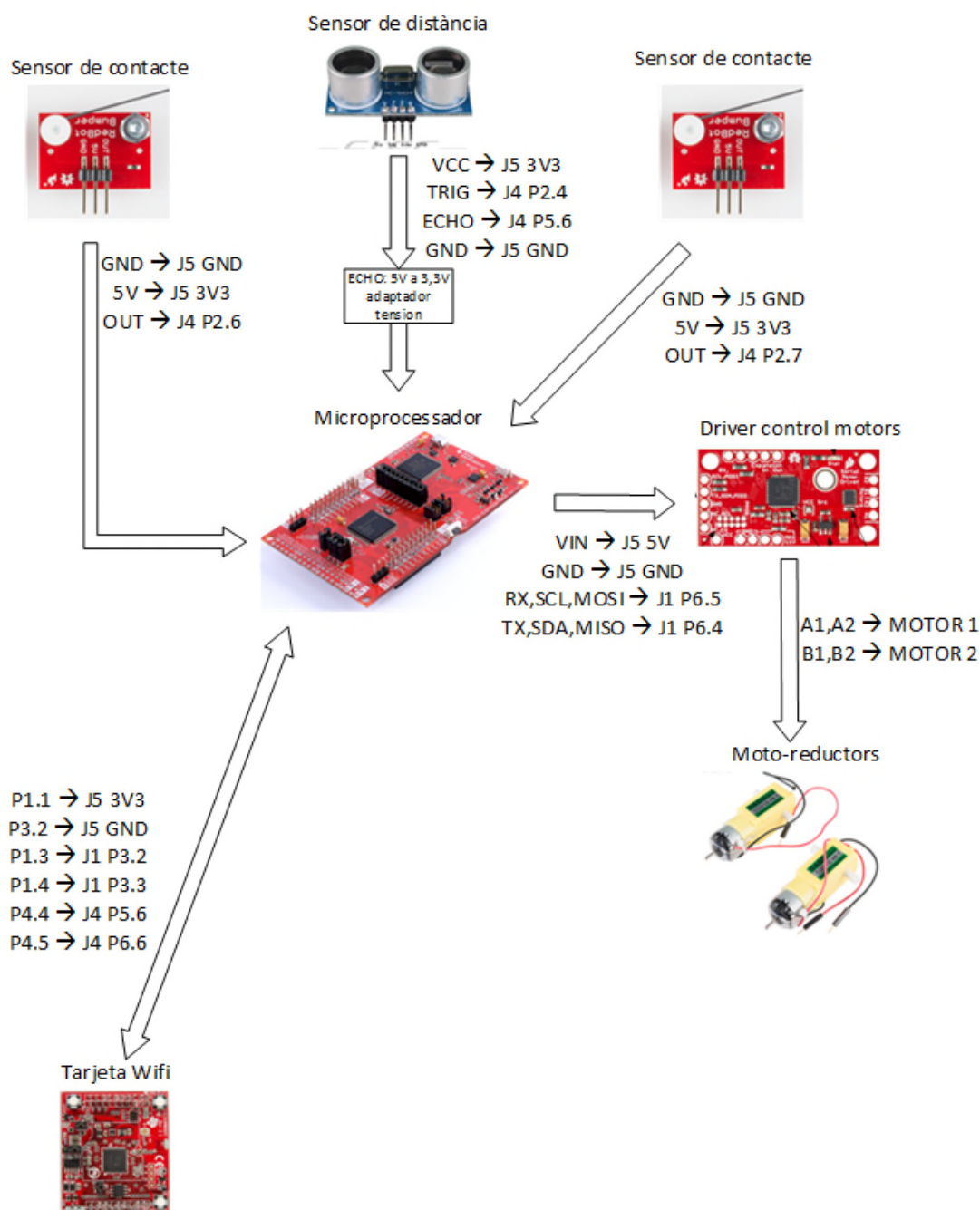


Figura 25. Arquitectura de connexió entre els diferents dispositius i pins utilitzats

4.1.4.1 ADAPTACIÓ DE NIVELLS

Per tal de realitzar la comunicació entre el microprocessador i el sensor de distància per ultrasons (senyal de TRIGGER), no caldrà realitzar cap adaptador de nivell donades les tensions lògiques de funcionament (veure Figura 26):

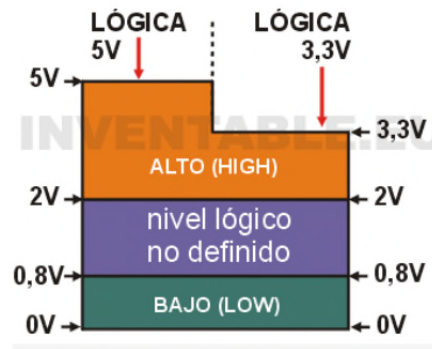


Figura 26. Comparativa entre els nivells de tensió de les lògiques de funcionament

Ara bé, per tal de mesurar el retorn del senyal ECHO s'haurà de fer servir un adaptador de nivell. Es proposa la utilització d'un adaptador basat en un divisor de tensió de 5V a 3,3V degut al baix cost i la disponibilitat del material necessari. Es proposa el mostrat a la Figura 27:

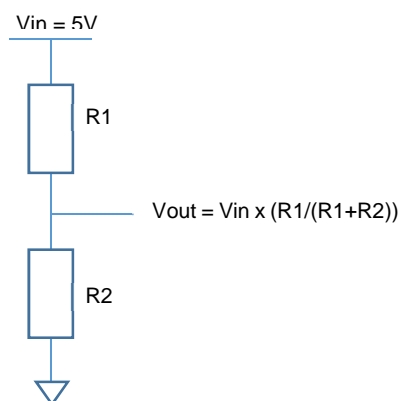


Figura 27. Divisor de tensió

Per tant, si s'escull unes resistències tals que $R1=10\text{ k}\Omega$ i $R2=22\text{ k}\Omega$ obtenim una tensió de sortida de 3,4 V. En aquest cas, el corrent que hauria de ser capaç d'injectar el sensor és $(5-3,4)/10000 = 0,16\text{ mA}$. Tot i no poder validar la capacitat del dispositiu d'injectar aquest corrent degut a falta d'informació del datasheet, es considera que es tracta d'un valor suficientment baix com per assegurar el seu funcionament.

Adicionalment, per la comunicació entre el microprocessador i el driver dels motors, i donat que la comunicació es realitzarà mitjançant el protocol I2C, caldrà instal·lar dos resistències de pull-up segons indicacions del datasheet. Aleshores, l'esquema elèctric de connexionat amb els adaptadors necessaris serà el mostrat a la Figura 28, on s'indiquen a més el color dels cables que s'ha fet servir en cada connexió i els pins utilitzats.

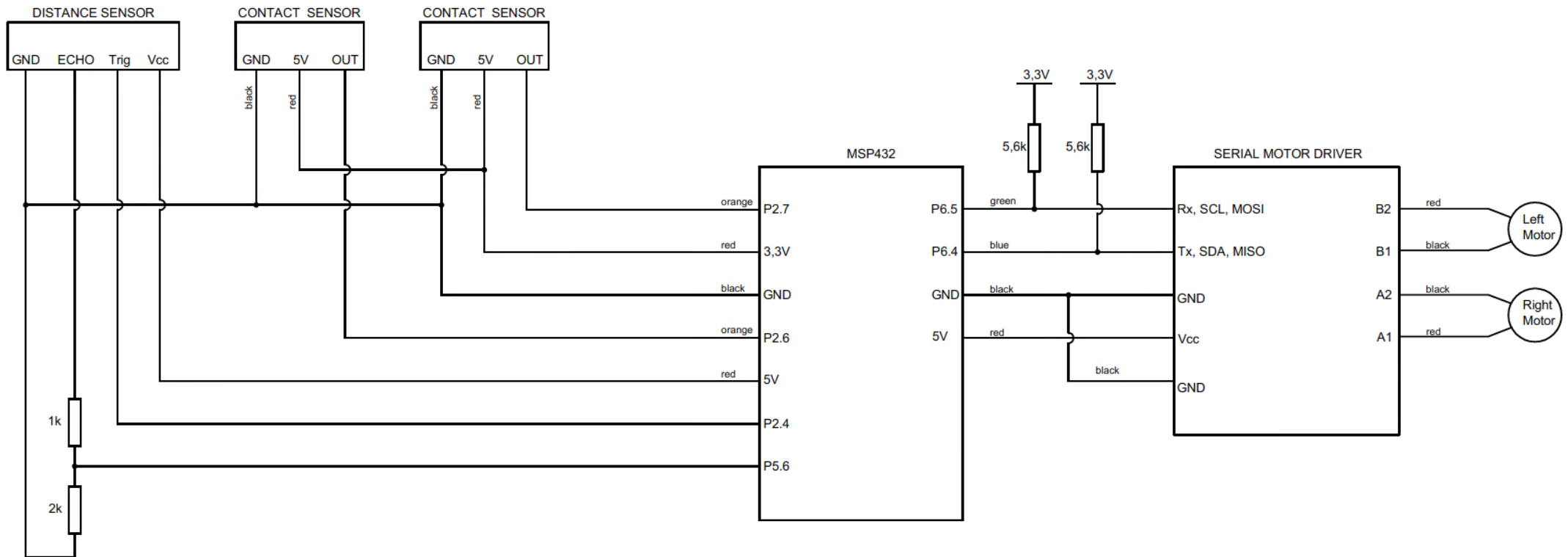


Figura 28. Esquema de connexionat elèctric

4.2 PROTOCOLS DE COMUNICACIÓ

Els protocols de comunicació utilitzats es basen en els estàndards que el mercat ofereix, i es poden agrupar entre els protocols dels sistemes cablejats (wired) o sense fils.

4.2.1 PROTOCOLS DE COMUNICACIÓ CABLEJAT (WIRED)

4.2.1.1 UART

El protocol de comunicació UART es basa en un sistema de comunicació sèrie i asíncrona en què el format de les dades i la velocitat de transmissió són configurables [10]. El protocol permet transferir directament bytes de dades, el que permet crear comandes en llenguatge natural fàcilment. Només accepta un esclau i mestre. Aquest protocol s'ha fet servir en la comunicació entre el microprocessador i la targeta Wifi.

4.2.1.2 I2C

El protocol de comunicació I2C es basa en una comunicació síncrona, multi-mestre, multi-esclau de baixa velocitat i curta distància, per comunicació intra-placa [11]. Aquest protocol permet crear un bus de comunicació hardware on cada esclau o mestre s'identifica unívocament a nivell de hardware. S'ha utilitzat per la comunicació entre el microprocessador i el driver dels motors.

4.2.2 PROTOCOLS DE COMUNICACIÓ INALÀMBRICS

La xarxa sense fils que s'ha escollit ha sigut Wifi, on els paquets s'envien sota el format IP. Per aquesta raó, i per tal de simplificar, els tipus de missatges entre el robot i el servidor s'han basat en missatges HTTP.

4.2.2.1 MISSATGES HTTP POST

L'estàndard HTTP estableix que els missatges POST incloquin diverses etiquetes a la capçalera on s'indiqui el tipus de missatge, l'adreça IP del servidor de destí, el tipus de contingut i la longitud del missatge. A partir d'aquí ja es poden enviar les variables desitjades en la forma `name1=value1&name2=value2`.

L'estructura utilitzada per l'enviament de missatges POST ha sigut:

- *POST /arxiu_desti.php HTTP/1.1*
- *Host: IP_servidor*
- *Content-Type: application/x-www-form-urlencoded*
- *Content-Length: longitud_missatge*

- *name1=value1&name2=value2&name3=...*

On `arxiu_desti.php` es substitueix en cada cas per l'arxiu que conté el codi corresponent, segons quina sigui la funció que emet el missatge POST, indicat a la Figura 29.

IP_servidor representa l'adreça IP del servidor.

longitud_missatge indica la longitud, en número de caràcters, del missatge que s'enviarà a continuació, després del salt de línia.

name1=value1&name2=value2&name3=... representa la correspondència entre noms de les variables i valor, per exemple network_name1=MOVISTAR1&RSSI_1=-85&..., que ha de coincidir amb el nom de les variables llegides per l'arxiu php destí.

Tota la comunicació entre el robot i el servidor s'ha realitzat sota el protocol HTTP amb missatges POST.

4 . 2 . 2 . 2 MISSATGES HTTP GET

Els missatges tipus GET del protocol HTTP són els tipus de missatges més senzills, on simplement durant la crida del servei s'afegeixen les variables. Per exemple: /test/arxiu_desti.php?name1=value1&name2=value2.

Tenint, els paràmetres arxiu_desti.php i name1=value1&name2=value2, la mateixa funcionalitat que l'explicada a l'apartat 4 . 2 . 2 . 1

Aquest mètode de comunicació s'ha fet servir entre el client que desitja visualitzar el contingut de la BDD i el servidor Web. D'aquesta manera cada vegada que des d'un script es crida un altre s'envien com a variables els paràmetres de selecció realitzats pel client.

4 . 3 ESTRUCTURA DEL CODI DEL SISTEMA ENCASTAT

Com ja s'ha comentat, el codi del sistema encastat s'ha dividit entre diversos arxius (veure Figura 20), on a cada arxiu les diferents funcionalitats repetitives s'han agrupat en forma de funcions. Aquestes es descriuen a continuació:

Arxius de capçalera

- configSys.h → llibreria de configuració del sistema: velocitat de les comunicacions, adreça IP del robot, etc.
- configHardware.h → llibreria de configuració del Hardware: pins utilitzats, adreça I2C del driver del motor, etc.
- configWIFI.h → llibreria de configuració de la connexió WIFI: nom de la xarxa, contrasenya d'accés, adreça IP del servidor
- SCMD.h → capçalera d'inicialització de la classe SCMD per controlar el driver del motor
- HCSR04.h → capçalera d'inicialització de la classe HCSR04 per controlar el sensor de distancia

Arxius de codi:

- SCMD.cpp → inclou les funcions pertinents per gestionar els motors. Les funcions que inclou són:
 - void moveMotors(int dirct); → funció que excita el moviment dels motors en funció del valor del paràmetre passat. Aleshores:
 - Si dirct=1 → els dos motors giren cap endavant
 - Si dirct=2 → els dos motors giren cap enrere
 - Si dirct=3 → el motor esquerra giren cap endavant, i per tant el vehicle gira cap a la dreta
 - Si dirct=4 → el motor dret giren cap endavant, i per tant el vehicle gira cap a l'esquerra
 - Si dirct=0 → els dos motor s'aturen
 - void reset(void); → funció que buida la memòria del driver i retorna el seu estat a l'inicial.
- HCSR04.cpp → inclou les funcions necessàries per gestionar el sensor de distància. Conté la funció:
 - long distObstacle(); → funció que excita el trigger del sensor i llegeix el eco, aleshores, en funció del temps que ha trigat en arribar l'eco determina la distància a l'obstacle i retorna el valor mesurat.
- MotorController-viaWebServerWIFI_v3.1.ino → programa principal del sistema on es crea el servidor local, es connecta al servidor Web, es programa la intel·ligència del sistema, etc. Les funcions que inclou són:
 - boolean endsWith(char* inString, const char* compString) → funció que compara si un array és igual a un altre i retorna verdader o fals en funció d'aquesta comparació
 - void printWifiStatus() → funció que mostra pel canal sèrie l'estat de la connexió Wifi.
 - int ScanNetworks(void) → funció que realitza l'escaneig de les xarxes Wifi i emmagatzema el seus paràmetres (nom, identificació, valor RSSI mesurat) en dues tuples (struct) dins del sistema.
 - void leftClash (void) i void rightClash (void) → funcions cridades quan es produeix una interrupció deguda a una col·lisió detectada pels sensors de contacte.
 - void wifiConnect(void) → funció que realitza la connexió a la xarxa Wifi configurada
 - void sendNetworks(void) → funció que envia els paràmetres SSID i identificació de xarxa, de les xarxes emmagatzemades a la tupla, cap al servidor Web. Es comunica amb el script 'addNewNetworks.php' (veure Figura 19).
 - void sendRSSI(void) → funció que envia els paràmetres RSID, posició i identificació de xarxa, de la tupla corresponent, cap al servidor Web. Es comunica amb el script 'addPositionRSSI.php' (veure Figura 19).
 - int readSessionId(void) → funció que llegeix el número de sessió. Es comunica amb el script 'retrySessionID.php' (veure Figura 19).
 - int detNumberPositions(void) → funció que determina i retorna el número de posicions, en base a la distancia mesurada en els eixos X-Y.

- void sendPosAvailable(void) → funció que envia si la posició és accessible o no cap al servidor Web. Es comunica amb el script 'addPositionAva.php' (veure Figura 19).
- void avoidCollision(void) → funció cridada quan es detecta una col·lisió. Realitza una maniobra per evitar la col·lisió basada en tirar enrere 1 segon i girar a la dreta 90°.

A la Figura 29 es mostra la comunicació entre el sistema encastat i el servidor Web, i els fluxos de dades entre els serveis del sistema encastat i el servidor Web.

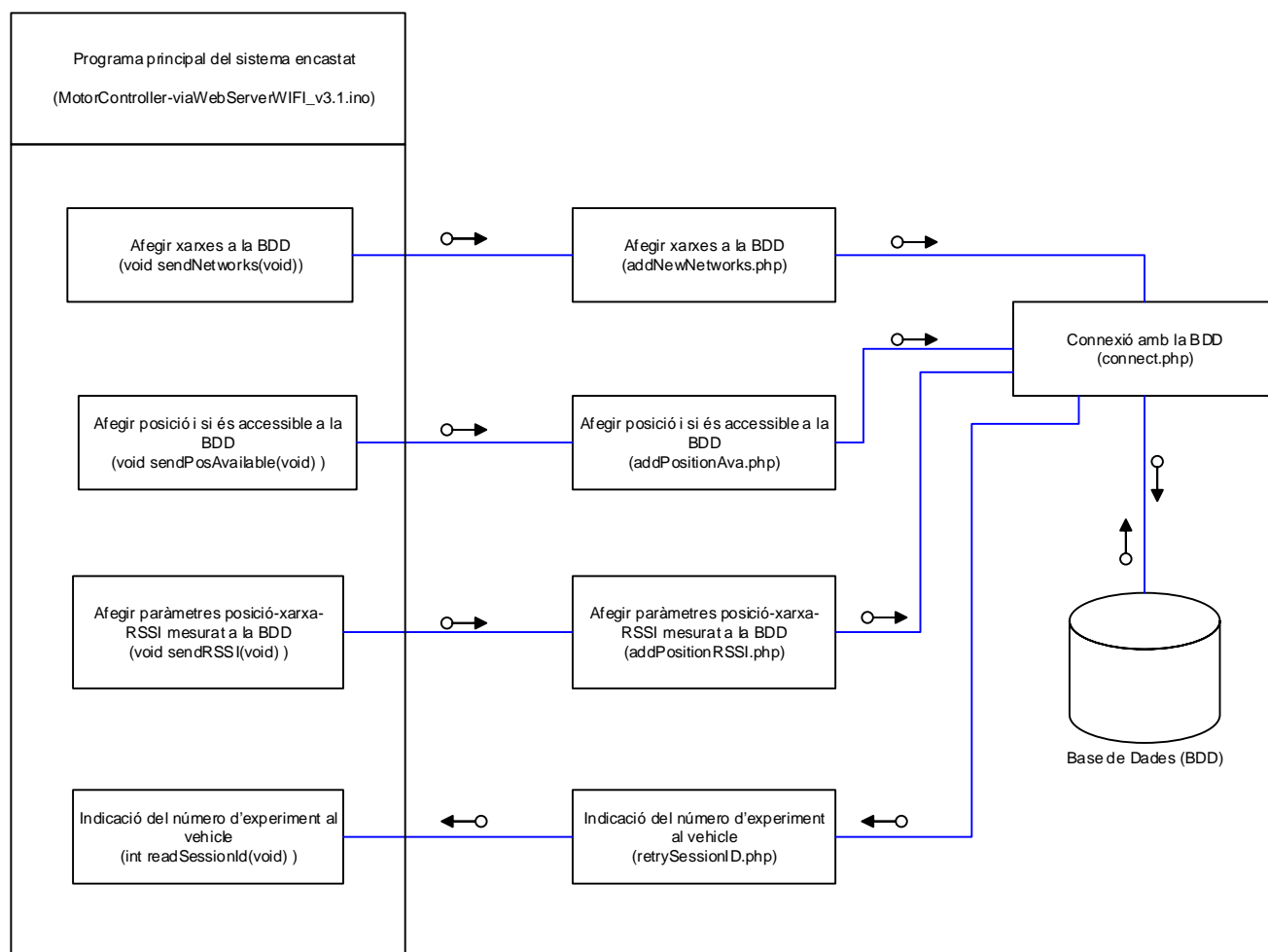


Figura 29. Comunicació entre les funcions del sistema encastat i el servidor Web

4.3.1 CAPACITAT DE MEMÒRIA DISPONIBLE DEL SISTEMA ENCASTAT

Degut a la informació que caldrà emmagatzemar a la memòria del sistema encastrat i la seva limitació, s'ha analitzat la memòria disponible un cop carregat el programa de control i el sistema operatiu.

El processador escollit té la següent capacitat de memòria:

- 256 kB de memòria flash
- 64 KB de memòria SRAM
- 32 kB de ROM

Tant el sistema operatiu i llibreries escollit (Energia), com el programa de funcionament, s'emmagatzemen a la memòria flash, i per tant, aquesta no s'utilitzarà per emmagatzemar la informació mesurada. Aleshores, tota la informació mesurada, tractament de variables, etc..., es realitzarà a la memòria SRAM.

Per tant la disponibilitat de memòria per emmagatzemar la informació mesurada es mostra a la següent taula (Taula 3):

Servei	Memòria necessària
Variables del programa de control i sistema operatiu	35 kB aprox.
Memòria de reserva	15 kB
Memòria disponible per emmagatzemar dades	14 kB

Taula 3. Memòria utilitzada del sistema encastrat

És a dir, es disposen de 14 kB per emmagatzemar la informació mesurada.

A partir d'aquesta informació, si les dades mesurada de les xarxes i posicions s'emmagatzema en dos tuples:

- Tupla de llistat de xarxes (tipus 'ListNetArray'): formada per una identificació (valor sencer de 4 bytes), i el nom de la xarxa SSID (cadena de caràcters de fins a 32 caràcters).
- Tupla de potencia de xarxes (tipus 'ListRSSIArray'): formada per una identificació (valor sencer de 4 bytes), i la potencia mesurada RSSI de la xarxa (valor sencer de 4 bytes).

Donat que cada caràcter és un byte (8 bits), i a partir de les dimensions definides en el arxiu de configuració ('configSys.h'), on s'ha limitat el número de xarxes a 128, tindriem:

Per la tupla del llistat de xarxes (Taula 4):

Servei	Memòria necessària
Identificació de la xarxa	4 bytes
SSID de la xarxa	32 bytes
Total per cada xarxa	36 bytes
x 128 xarxes	4608 bytes

Taula 4. Necessitats de memòria de la tupla de llista de xarxes

Per la tupla de la potencia de les xarxes (Taula 5):

Servei	Memòria necessària
Identificació de la xarxa	4 bytes
RSID de la xarxa	4 bytes
Total per cada xarxa	8 bytes
	x 128 xarxes
	1024 bytes

Taula 5. Necessitats de memòria de la tupla de potencia de xarxes

Per tant, considerant que es disposa de 14 kBytes lliures a la memòria SRAM i si es descompten els 4,6+1 kBytes, es té una disponibilitat encara de 8,3 kBytes aproximadament per el cas en què el robot es quedi sense cobertura i hagi d'emmagatzemar la informació. És a dir, amb aquesta configuració i capacitat el sistema només es podria emmagatzemar com a molt dos posicions abans de quedar-se sense memòria, per tant la implementació de l'algoritme d'emmagatzematge per quan hi hagi cobertura resulta poc eficient i requeriria una variació en la forma d'emmagatzemar-les, com per exemple modificar l'algoritme i treballar a nivell de bits, tot i que el principal problema es troba en l'emmagatzemament del paràmetre SSID de xarxa, i per tant, caldria reduir el número de xarxes a emmagatzemar.

5 VIABILITAT TÈCNICA

Per la realització del sistema proposat es requereix l'adquisició de certs components addicionals als subministrats per l'assignatura, ara bé, donat que el mercat ofereix molts kits per a muntatge i assemblatge de prototips, no resulta un impediment el poder disposar d'un prototip assemblat a un baix cost i un marge de temps curt. A la Taula 2 de l'apartat 2.1 es troben llistats els materials necessaris i les marques i models escollits.

Per altre banda, a part de la necessitat d'adquirir materials i accessoris addicionals, cal una formació o aprenentatge específica tant en electrònica com en programació en C. A més, cal coneixements específics de programació basada en Web i de servidors. En resum, per tal de poder disposar del prototip proposat en el temps disponible caldrà:

- Material addicional
- Coneixements d'electrònica
- Coneixements de programació en C
- Coneixements de servidors
- Coneixement de bases de dades
- Coneixement programació basada en Web, principalment PHP, HTML i MySQL.

Els següents subapartats mostren els punts forts i punts dèbils del sistema resultant construït, una actualització de la matriu de riscos i finalment, un anàlisi DAFO del projecte per analitzar les possibles sortides comercials del mateix.

5.1 PUNTS FORTS

Els punts forts del producte proposat són:

- Disposar d'un prototip per un sistema que podria arribar a ser comercial.
- Demostrar el funcionament del sistema de cara a la cerca d'inversors.
- Analitzar la viabilitat i sortida al mercat.
- Baix cost i preu de venda.
- Dimensions reduïdes.

5.2 PUNTS DÈBILS

Els punts dèbils del sistema proposat són:

- Sistema de moviment per l'espai poc avançat tecnològicament, donat que existeixen els sistemes basats en drons.
- Sistema massa específic per a interiors.
- Sistema lent i molt susceptible a l'orografia de l'espai: desnivells, escales, etc.

5.3 ANÀLISI DE RISCOS

L'anàlisi de riscos permet la identificació i classificació des riscos per tal de prendre les mesures oportunes per reduir la seva incidència. A l'inici del projecte es van detectar una sèrie de riscos associats, els quals no han succeït. Ara bé, durant l'execució del mateix ha aparegut un risc no previst que ha provocat un retard important en l'execució del projecte. A la taula 6 es mostra la identificació dels riscos actualitzada incloent el risc R7 que no es va detectar durant la realització de l'anàlisi de riscos.

5.3.1 IDENTIFICACIÓ DELS RISCOS

Els riscos associats al projecte es detallen a la Taula 6:

Codi del risc	Descripció del risc
R1	Incidències logístiques (retards en la tramesa, falta d'Estocs, ...)
R2	Incompatibilitat entre els components
R3	Error en la planificació temporal
R4	Avaries en el hardware o elements mecànics
R5	Estimació del cost incorrecte
R6	Anomalies en la integració entre hardware i software
R7	Falta de coneixement dels recursos personals emprats

Taula 6. Taula d'identificació de riscos

5.3.2 QUALIFICACIÓ DELS RISCOS – MATRIU DE RISCOS

Per tal de qualificar els riscos s'utilitza la matriu de riscos, on s'identifica cada risc en funció de l'impacte en el projecte i la probabilitat de que succeeixi. Aleshores, la matriu de riscos del present projecte serà la mostrada a la Taula 7.

	Probabilitat			
		Baixa	Mitja	Alta
Impacte	Baix	R5		
	Mig	R2	R3	
	Alt	R4, R6	R1, R7	

Taula 7. Matriu de riscos

On es pot comprovar que tant el risc de què es produeixin incidències logístiques, com el risc de falta de coneixement del personal es troba en una zona d'influència i per tant caldria haver-los minimitzat.

Les propostes per reduir els riscos i el seu impacte s'indiquen a la Taula 8

Com s'ha comentat a l'inici de l'apartat 5.3., el risc R7 no va ser detectat durant la realització de l'anàlisi de riscos i l'impacte que ha tingut en la realització del projecte ha sigut elevat, és per això que la planificació del projecte ha sofert un retard (vegi's apartat 1.5.1

5.3.3 PLANIFICACIÓ DE RESPOSTA ALS RISCOS

A continuació es llisten les mesures preventives per a cada un dels riscos detectats:

Codi del risc	Mesures preventives
R1	Planificar adequadament el material necessari Verificació d'existències i proveïdors alternatius Utilització de materials reciclats Adquisició dels materials amb suficient fulgura temporal
R2	Llegir detingudament els datasheets i material de suport Verificar els nivells de tensió i adaptadors necessaris Realitzar un esquema de connexionat elèctric
R3	Disposar de fulgura en la planificació d'objectius Aprofitament dels temps morts (enviament del material)
R4	Disposar de materials alternatius o de reposició Disposar de proveïdors alternatius
R5	Planificar adequadament el material necessari Valorar els materials tenint en compte trameses, impostos, duanes, etc..
R6	Disposar de temps extra i fulgura en la planificació per solucionar eventuais anomalies
R7	Realitzar cursos previs de formació del personal

Taula 8. Planificació de resposta en funció dels riscos

5.3.4 RISCOS SUCCEÏTS I RETRÀS EN EL PROJECTE

Tal i com s'ha esmentat a l'apartat 1.5.1., el projecte ha sofert un retràs important en la tasca de comunicació entre el robot i el servidor Web, degut al risc identificat com R7, amb el corresponent impacte en el desenvolupament total del projecte. A la Figura 2 es poden observar les tasques aconseguides i l'impacte de les tasques que han provocat major retràs respecte de la planificació original.

Principalment, les tasques que no s'han pogut aconseguir són aquelles indicades com a objectius extres. De les quals, la representació en forma de mapa de cobertura i obstacles es volia incloure dins dels objectius a aconseguir, tot i se indicada com a objectiu extra.

5.3.5 ANÀLISI DAFO

A partir dels punts forts i febles del projecte, es convenient realitzar un anàlisi DAFO ja que permetrà conèixer més profundament el producte, per tal de poder treure el màxim profit dels punts forts i dèbils i gestionar-los més eficientment.

Anàlisi intern	Punts forts	Punts dèbils
	Disposar d'un prototip per un sistema que podria arribar a ser comercial. Demostrar el funcionament del sistema de cara a la cerca d'inversors. Analitzar la viabilitat i sortida al mercat. Baix cost i preu de venda. Dimensions reduïdes.	Sistema de moviment per l'espai poc avançat tecnològicament, donat que existeixen els sistemes basats en drons. Sistema massa específic per a interiors. Sistema lent i molt susceptible a l'orografia de l'espai: desnivells, escales, etc.
Anàlisi extern	Oportunitats	Amenaces
	Oferir un servei econòmic per la realització d'auditories de xarxes sense fils. Millorar la localització dels punts d'accés en un espai tancat. Oferir un servei de verificació dels resultats obtinguts pels programes de càlcul.	Abaratiment d'altres tecnologies per al vehicle de mesura: per exemple, els drons. Poc interès dels clients en millorar un servei que ja funciona.

Taula 9. Matriu d'anàlisi DAFO

De l'anàlisi DAFO es pot extreure que les principals avantatges que presenta són que es tracta d'un producte econòmic i petit, que permetria la realització d'auditories tant per als fabricants del software, com per als clients finals, i validar els dissenys en base a mesures de camp. Per tant, la principal oportunitat de negoci seria el lloguer o venda de l'equip a fabricants de software de disseny de xarxes sense fils, a empreses auditores o entitats de control, etc.

Respecte als punts dèbils i les amenaces existents, el principal desavantatge que té el sistema és el sistema de moviment per l'espai que fa servir, ja que existeixen tecnologies que, tot i no ser tant econòmiques, permetrien realitzar un equip que no fos tant susceptible a les diferències de nivells, escales, rampes, etc..., com per exemple, els drons.

Per tant, s'inclourà a l'apartat de possibles millores la implementació d'un sistema equivalent en un vehicle tipus dron que permetria escombrar tot l'espai, no només en dos dimensions, sinó a nivell de tot el volum a analitzar.

6 VALORACIÓ ECONÒMICA

6.1 COMPONENTS I HARDWARE PER REALITZAR EL PROTOTIP

El preu del material necessari per la realització del prototip es mostra a la Taula 10:

Material	Preu unitari (PVP)	Num. Unitats	Preu total (PVP)
Sensor de distància HC-SR04 de ElecFreaks	3,21 €	1	3,21 €
Sensor de contacte RedBot Sensor de SparkFun	4,02 €	2	8,04 €
Microcontrolador MSP-EXP432P401R	10,56 €	1	10,56 €
BoosterPack WIFI - CC3100	7,00 €	1	7,00 €
Rodes de 65mm	1,20 €	2	2,40 €
Servomotor DG01D-A130GEARMOTOR de DAGU Hi-Tech Electronic Co	1,60 €	2	3,20 €
Serial Controller motor driver de SparkFun	13,78 €	1	13,78 €
Shadow Chassis d'SparkFun	10,53 €	1	10,53 €
Bateria externa de mòbil	11,99 €	1	11,99 €
Accessoris: cables, connectors, etc...	7,00 €	1	7,00 €
TOTAL			77,71 €

Taula 10. Pressupost material del projecte

Adicionalment, s'hauria de comptar el pagament de taxes, duanes, transport, etc..., que es pot valorar en un 21% d'IVA + 40% transport + 20% duanes, per tant el cost total del material serà d'aproximadament 157,96 €.

6.2 DESENVOLUPAMENT

El cost del desenvolupament del prototip es pot quantificar en base als següents preus hora de mercat (preu de venda):

- Enginyer superior sènior (electrònic/telecomunicacions): 110 €/h
- Enginyer tècnic (electrònic/telecomunicacions): 80 €/h
- Tècnic electrònic: 40 €/h
- Arquitecte de software: 110 €/h
- Programador Web: 80 €/h

En base a aquests preus per hora, el cost del desenvolupament es podria quantificar segons es mostra a la Taula 11

Recurs	Preu per hora (€/h)	Hores	Preu de venda (€)
Enginyer superior sènior	110	15	1.650
Enginyer tècnic	80	38	3.040
Tècnic electrònic	40	80	3.200
Arquitecte de software	110	15	1.650
Programador Web	80	40	3.200
TOTAL			12.740 €

Taula 11. Pressupost de desenvolupament

Ara bé, s'ha d tenir en compte que el preu mostrat a la Taula 11 es refereix al preu de venda, és a dir, al preu que costaria subcontractar tot el desenvolupament a una empresa externa. Si es considera que es disposen de recursos propis suficients, el cost de desenvolupament es podria reduir en aproximadament un 50%, és a dir, **el cost de desenvolupar el prototip amb recursos propis seria d'aproximadament 6.370 €.**

6.3 ESTUDI D'INDUSTRIALITZACIÓ DEL PRODUCTE

Per tal de realitzar un estudi d'industrialització del producte, s'hauria d'analitzar el cost dels materials en cas d'adquirir centenars (o milers) d'unitats del material necessari, i repartir el preu de l'enginyeria entre el número de productes desenvolupats. A més, s'haurien d'incloure els costos de personal auxiliar, de manteniment de les instal·lacions (en cas de disposar del local o fàbrica per fabricar-los), o l'adquisició del centre de fabricació en cas de no disposar-hi. Per tal d'acotar-ho, es consideraran les següents hipòtesis de treball:

- Es disposa de local i personal suficient per l'assemblatge i fabricació.
- Es disposa de maquinària adequada per al muntatge i la fabricació dels components no comercials: placa PCB, envolupant i estructura, etc.
- Les ventes es realitzaran per Internet i l'enviament anirà a càrrec del comprador.
- S'analitzarà una primera tirada de 100 unitats.

Per tant, a partir d'aquestes hipòtesis, el cost del material es veurà modificat segons la Taula 12.

Material	Preu unitari (€)	Num. Unitats	Cost total (€)
Sensor de distància HC-SR04 de ElecFreaks	2,4 €	1	2,4 €
Sensor de contacte RedBot Sensor de SparkFun	3,01 €	2	6,02 €
Microcontrolador MSP-EXP432P401R	7,92 €	1	7,92 €
BoosterPack WIFI - CC3100	5,25 €	1	5,25 €
Rodes de 65mm	0,90 €	2	1,80 €
Servomotor DG01D-A130GEARMOTOR de DAGU Hi-Tech Electronic Co	1,20 €	2	2,40 €
Serial Controller motor driver de SparkFun	10,33 €	1	10,33 €
Estructura suport	20,00 €	1	20,00 €
Bateria	19,00 €	1	19,00 €
Accessoris: cables, connectors, etc...	2,00 €	1	2,00 €
TOTAL			77,12 €
Benefici industrial (40%)			30,85 €
PREU DE VENTA TOTAL (1 UNITAT)			107,97 €

Taula 12. Cost del material per 100 unitats

A la Taula 12 s'ha inclòs un benefici industrial d'un 40% sobre el cost del material necessari per a fabricar una unitat.

Respecte el preu de desenvolupament, i tenint en compte que s'haurà de dissenyar una estructura suport, realitzar un disseny del PCB i el seu enrutat, etc., els recursos necessaris es veuran incrementats segons es mostra a la Taula 13.

Recurs	Preu per hora (€/h)	Hores	Preu de venda (€)
Enginyer superior sènior – telecomunicacions/electrònic	110	40	4.400
Enginyer superior sènior – mecànic	110	40	4.400
Enginyer tècnic – telecomunicacions/electrònic	80	80	6.400
Enginyer tècnic – mecànic	80	80	6.400
Arquitecte de software	110	20	2.200
Programador Web	80	40	3.200
TOTAL			27.000 €

Taula 13. Recursos necessaris d'industrialització per 100 unitats

Donat que el mostrat a la Taula 13 fa referència al disseny d'un producte, del qual es fabricaran 100 unitats, cal repartir el preu entre 100 unitats. És a dir, el preu de venda d'enginyeria per una unitat serà 270 €.

En aquest cas, caldrà considerar també els costos associats a la fabricació i muntatge, per tant, si es considera que els components estaran preparats per a ser assemblats, caldrà un tècnic electrònic que soldi els components a la placa PCB, i un tècnic mecànic que assembli l'estructura i els mecanismes i components a la mateixa. Per fer-ho, s'ha considerat que no portarà més 8 hores a dos persones el muntatge d'un producte. Vegis la Taula 14 per el preu de venda del muntatge associat a un producte resultant.

Recurs	Preu per hora (€/h)	Hores	Preu de venda (€)
Tècnic electrònic	40	8	320
Tècnic mecànic	40	8	320
TOTAL			640 €

Taula 14. Costos de muntatge per una unitat

Per tant, el preu de venda d'una unitat, considerant que se'n fabricaran 100 i que els preus indicats a les taules anteriors es refereixen al preu de venda, serà el mostrat a

Recurs	Preu de venda (€)
Material	107,97
Personal d'enginyeria	270
Personal de taller	640
TOTAL	1.017,97 €

Taula 15. Preu de venda unitari (per 100 unitats muntades)

És a dir, en cas de fabricar 100 unitats el preu de venda podria rondar els 1.017 euros aproximadament, tot i que caldria afegir les despeses fixes, el personal auxiliar, el consum d'energia, el manteniment i lloguer de les instal·lacions, etc.

Per tal de poder valorar la influència en el cost del producte, s'estimaran les despeses mensuals i donat que s'ha estimat la producció per hores, es partirà de la base de cost per hora. Vegi's la Taula 16.

Recurs	Cost (€/mes)	Cost (€/hora)
Lloguer de la nau	3.000	18.75
Manteniment d'instal·lacions	2.500	15.62
Consum d'energia	500	3.12
Despeses auxiliars	1.500	9.37
TOTAL	7.500 €	46.87

Taula 16. Despeses auxiliars i d'infraestructura

Per tant, si es considera que es disposa de 8 operaris amb categoria de tècnic electrònic, i 8 operaris amb categoria de tècnic mecànic, es pot considerar que cada hora surt un producte assemblat. És a dir, el preu de venda del producte un cop incloses les despeses d'infraestructures, manteniment i consum d'energia serà de 1064 euros.

A més d'aquestes despeses, hi hauran les despeses de packaging, les despeses comercials, les despeses de control de qualitat, les certificacions i legalitzacions, etc., que es podrien valorar en un 10% adicional sobre el preu de venta del producte, i per tant, **el preu de venta resultant serà de 1.170 €.**

7 CONCLUSIONS

En aquest projecte s'ha desenvolupat el prototip d'un robot (vehicle) autònom que es desplaça per un espai bidimensional realitzant mesures dels valors RSSI de totes les xarxes Wifi disponibles. A més, s'ha muntat un servidor Web i s'han programat tots els scripts de comunicació entre el robot i el servidor, i s'ha creat una base dades capaç d'emmagatzemar tota la informació rebuda del robot.

A continuació es mostren els objectius inicialment plantejats indicant els que s'han pogut aconseguir i els que no, explicant en aquest cas les causes de no haver complert l'objectiu:

Objectius aconseguits:

i) Fase 1: Objectius principals

- (1) Comunicació Wifi del vehicle.
- (2) Moviment al robot.
- (3) Control manual a distància del moviment del robot (basat en Web).
- (4) Censat de la potència Wifi en diferents punts d'una sala.
- (5) Representació de mesures actuals a la pantalla del navegador Web.
- (6) Moviment autònom del robot.

ii) Fase 2: Objectius secundaris

- (1) Servidor Web per recepció i emmagatzematge de dades.
- (2) Comunicació entre robot i servidor Web.
- (3) Visualització de dades emmagatzemades.
- (4) Representació de la cobertura Wifi (1 xarxa).
- (5) Representació de la cobertura Wifi (totes les xarxes).

iii) Fase 3: Objectius opcionals

- (1) Representació de l'estat actual al servidor Web.

iv) Fase 4: Documentació final de la memòria i la presentació

Objectius no aconseguits:

v) Fase 3: Objectius opcionals

- (1) Enviament d'informació de totes les xarxes disponibles en temps real i/o emmagatzemar en memòria per quan hi hagi cobertura.

No s'ha pogut implementar l'algorisme que verifiqués si hi havia cobertura i en cas que no, emmagatzemés la informació per a ser enviada més tard, tot i que tal i com s'ha justificat a l'apartat 4.3.1, donada la capacitat de memòria de la placa amb el microprocessador i l'ocupació de les variables i arrays fets servir, no tenia massa sentit implementar aquesta funcionalitat ja que el sistema només hauria sigut capaç d'emmagatzemar la informació de dos posicions.

- (2) Representació en forma de mapa de cobertura de totes les xarxes al servidor Web.

No s'ha pogut implementar la funcionalitat de representació gràfica en forma de mapa de cobertura, en el temps establert, donada la falta de coneixement de programació en entorns Web, principalment a nivell de scripts, el que ha provocat que la corba d'aprenentatge hagi sigut més lenta del planificat inicialment.

vi) Fase 5: Objectius extrems

- (1) Optimització de l'enviament de dades: implementació d'algorisme de compressió (gzip).
Tot i haver desenvolupat i proposat un protocol d'emmagatzemament i enviament de dades a nivell de bits (durant les entregues parcials), finalment no es va considerar ni es va implementar per tal de simplificar la tasca de comunicació entre el robot i el servidor Web, que finalment es va optar per realitzar-se amb missatges HTML.
- (2) Funcionalitats addicionals: Representació a la pantalla del PC la informació dels obstacles detectats, mapa de colors dels senyals detectats a cada punt, recorregut realitzat pel robot, paràmetres de velocitat, etc...
No s'ha pogut implementar cap funcionalitat addicional per les mateixes raons indicades anteriorment.

7.1 CONCLUSIONS DEL TREBALL

Per l'execució del present treball s'han hagut d'aplicar diverses de les eines i coneixements adquirits durant els estudis de Grau, des de la programació orientada a objectes fins al funcionament dels servidors, passant per l'electrònica i les bases de dades.

A més, s'han hagut d'aplicar tècniques de planificació i desenvolupament de projectes, anàlisis i quantificació de riscos, etc.

La principal lliçó apresada durant el treball, a part dels coneixements tècnics adquirits en sistemes encastats, programació Web i muntatge de servidors, ha sigut valorar la importància d'una bona planificació i realitzar un bon anàlisi de riscos, ja que durant l'execució ha succeït un risc que no tenia contemplat i ha afectat al resultat, reduint les expectatives inicials. En concret, em refereixo a la representació gràfica dels valors mesurats en forma de mapa de cobertura que finalment no he pogut implementar tal i com pensava inicialment.

7.2 AUTOAVALUACIÓ

Respecte als objectius plantejats a l'inici del projecte, l'únic objectiu real que no s'ha pogut aconseguir al 100% ha sigut la representació en forma de mapa de la cobertura, si més no, el sistema és capaç de mostrar la informació desitjada indicant les posicions a on es troben obstacles mitjançant una 'X'. Per tant, ha quedat pendent el fet d'ordenar aquesta informació per mostrar-la en forma de matriu que representi l'espai, indicant els obstacles i el perímetre. El fet de no haver arribat a aquest detall de representació es deu a la falta de coneixements en la programació de scripts per Web, que tot i que els meus coneixements han augmentat significativament, la corba d'aprenentatge ha sigut més lenta del que inicialment havia plantejat, i és per aquest motiu que no s'ha pogut acomplir l'últim objectiu segons les expectatives inicials.

Respecte a la planificació i el seguiment del treball, fins a l'entrega de la PAC 2 s'han pogut complir les tasques i objectius marcats, i ha sigut entre la PAC 2 i la 3 quan s'ha produït el retràs, que tal i com ja he comentat, s'ha degut a la falta de visibilitat inicial en relació a la corba d'aprenentatge de la programació en entorns Web. Per aquest motiu, a l'entrega de la PAC 3 i del codi final es va haver de fer un ajust en la planificació i els objectius.

7.3 LÍNIES DE TREBALL FUTUR

El següent pas per seguir amb el desenvolupament del producte seria realitzar un prototip, basat en el mateix principi, però amb un vehicle tipus dron volador.

A més, s'hauria de millorar i optimitzar el codi del sistema encastat per tal d'aconseguir que el moviment i mesura del vehicle fos més fluid, reduint els temps entre moviment i moviment.

Una altre línia de recerca que es podria plantejar seria treballar amb un protocol a nivell de bits i realitzar la connexió amb el servidor mitjançant sockets en comptes de missatges HTML. D'aquesta manera possiblement s'optimitzaria l'enviament d'informació i es milloraria el temps de transició entre posició i posició. Durant la realització del projecte, inicialment es va dissenyar un protocol de comunicació basat en bits, que s'adjunta a continuació com a exemple d'una possible proposta d'optimització del sistema.

7.3.1 PROPOSTA DE PROTOCOL D'ENVIAMENT DE DADES

Com s'ha fet esment a l'inici de l'apartat 7.3., una possible millora del sistema passaria per desenvolupar un protocol d'enviament de dades a nivell de bits, el que permetria optimitzar el funcionament del sistema. A continuació es presenta el protocol analitzat i proposat durant l'execució del projecte:

Capçalera: En primer lloc s'enviarà una capçalera general que indicarà el tipus de missatge.

Byte 0: identificació del tipus de missatge:

- bit 0: Detecció de xarxa nova
 - Si bit de menys pes = '0' → No hi han noves xarxes
 - Si bit de menys pes = '1' → Xarxes noves detectades
 - bits 1 a 7: numero de xarxes noves detectades (fins a 128 xarxes)

Si byte 0 ≠ '00000000' → s'envia una trama amb la identificació de les noves xarxes detectades i el seu nom. Com en la capçalera haurem indicat el numero de xarxes noves detectades, s'enviaran tants missatges com xarxes noves formats per la seva identificació dins del sistema i el seu nom associat. La composició dels missatges seran:

- **Byte 0:** identificació de la xarxa
- **Bytes 1 a 15 bytes:** nom de la xarxa (primers 15 caràcters)

En el moment que s'hagin enviat totes les xarxes es tornarà a enviar una capçalera indicant, ara, un missatge de posició.

Si byte 0 = '00000000' → Nova posició, aleshores s'enviarà una capçalera de trama que indicarà la identificació de la nova posició, si es pot accedir o no, i el numero de xarxes que es detecten. Aquesta nova capçalera estarà formada pel següent missatge:

- **Bytes 1 2 3 4:** 31 bits per indicar el número de posició, i 1 bit (el de més pes) que indica si la posició és accessible o no:
 - Si bit de més pes = '0' → posició accessible
 - Si bit de més pes = '1' → posició no accessible
 - Byte 5: numero de xarxes detectades en aquesta posició

Aleshores, s'enviarà una trama formada per la ID de xarxa i la seva potencia associada (RSSI), amb missatges formats segons el següent:

- **Byte N0:** identificació de xarxa
- **Byte N1:** potencia mesurada

8 GLOSSARI

BDD	Base de dades
SSID	Service Set Identifier
RSSI	Received signal strength indication
IIS	Internet Information Server
IoT	Internet Of Things
RoR	Ruby On Rails
Lidar	Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging
UART	Universal asynchronous receiver-transmitter
I2C	Inter-Integrated Circuit
SPI	Serial Peripheral Interface

9 BIBLIOGRAFIA

9.1 PÀGINES WEB

- [1] <https://www.apachefriends.org/es/index.html> (09/06/2018)
- [2] <https://www.arduino.cc/> (16/06/2018)
- [3] <https://www.raspberrypi.org/> (17/06/2018)
- [4] <http://wificommander.com/> (09/06/2018)
- [5] <https://www.acrylicwifi.com/> (09/06/2018)
- [6] <https://enterprise-es.netscout.com/products/aircheck-g2-wifi-tester> (09/06/2018)
- [7] <http://www.neptectechnologies.com/products/> (09/06/2018)
- [8] <http://inuavi.io/> (09/06/2018)
- [9] <https://www.sixarms.com/> (09/06/2018)
- [10] https://en.wikipedia.org/wiki/Universal_asynchronous_receiver-transmitter (09/06/2018)
- [11] <https://en.wikipedia.org/wiki/I²C> (10/06/2018)
- [12] <http://php.net/>
- [13] <https://dev.mysql.com/doc/refman/8.0/en/>

9.2 PROJECTES FINALS DE GRAU

- [14] C. Guerrero Miralles; Disseny i implementació d'un robot amb connexió WiFi; Repositori O2 de la UOC; 15-01-2013
- [15] J. Fernández Lasheras; Tetris Lite; Repositori O2 de la UOC; 01-2018
- [16] J. García Fortanet; Gira-sol fotovoltaic, seguidor solar automàtic per a la captació de l'energia del sol; Repositori O2 de la UOC; 06-2016.

9.3 LLIBRES

- [17] C. Russell; PHP Development Tool Essentials; Ed. Apress; 2016
- [18] S. Prettyman; Learn PHP 7: Object-Oriented Modular Programming using HTML5, CSS3, JavaScript, XML, JSON and MySQL; Ed. Apress; 2016

ANNEX A

GUIA D'INSTAL·LACIÓ DEL SOFTWARE

1 GUIA D'INSTAL·LACIÓ DE L'ENTORN:

1.1 INSTAL·LACIÓ DEL SERVIDOR I APLICATIUS WEB

1.1.1 INSTAL·LACIÓ DEL SERVIDOR WEB

El servidor web utilitzat està basat en Apache+PHP+MySQL.

Per tal d'instal·lar el servidor Web amb el programari on s'executarà l'entorn Web es recomana fer servir XAMPP, que inclou Apache 4.2, PHP 7.0 i MySQL. Per això cal descarregar la versió adequada del següent enllaç:

<https://www.apachefriends.org/es/index.html>

Un cop descarregat, cal procedir a la seva instal·lació. Es recomana instal·lar-lo a l'arrel del disc principal:

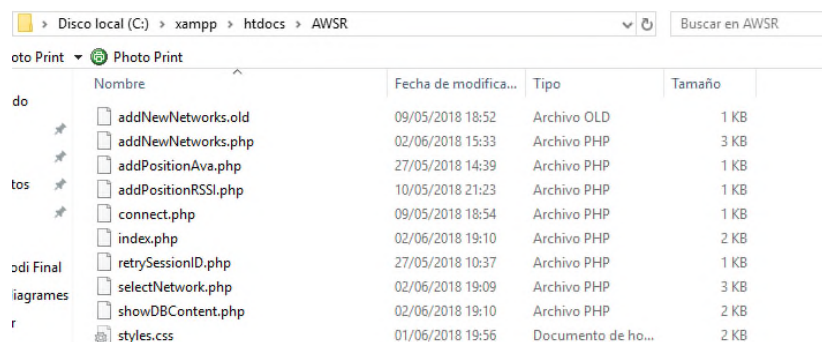
C:\xampp\

1.1.2 INSTAL·LACIÓ DELS ARXIS DE CODI PHP EN EL SERVIDOR

Per tal que el robot pugui comunicar-se amb el servidor Web, i localitzi els arxius de codi amb els que es comunicarà, cal crear una subcarpeta que es sigui AWSR en la ruta \xampp\htdocs\. De manera que la ruta on s'hauran de copiar els arxius de codi serà:

C:\xampp\htdocs\AWSR

Aleshores, cal copiar tots els arxius del programa en aquesta ruta:




Nombre	Fecha de modifica...	Tipo	Tamaño
do			
addNewNetworks.old	09/05/2018 18:52	Archivo OLD	1 KB
addNewNetworks.php	02/06/2018 15:33	Archivo PHP	3 KB
addPositionAva.php	27/05/2018 14:39	Archivo PHP	1 KB
tos			
addPositionRSSI.php	10/05/2018 21:23	Archivo PHP	1 KB
connect.php	09/05/2018 18:54	Archivo PHP	1 KB
index.php	02/06/2018 19:10	Archivo PHP	2 KB
odi Final			
retrySessionID.php	27/05/2018 10:37	Archivo PHP	1 KB
diagrames			
selectNetwork.php	02/06/2018 19:09	Archivo PHP	3 KB
showDBCContent.php	02/06/2018 19:10	Archivo PHP	2 KB
r			
styles.css	01/06/2018 19:56	Documento de ho...	2 KB

Fig. A1. Estructura d'arxius de l'aplicació Web

1.1.3 CONFIGURACIÓ DE LA IP DEL SERVIDOR

El vehicle està programat per defecte per tal de connectar-se a un servidor Web ubicat a l'adreça IP 192.168.1.41. Per tant, caldrà configurar l'ordinador on s'ubica el servidor Web de manera que tingui una IP fixa amb adreça 192.168.1.41. Per fer-ho cal (en Windows 10):

- 1- Obrir "configuración de red e internet" amb el boto dret a sobre de l'icone de xarxa a la cantonada inferior dreta: 
- 2- Premer el boto: "cambiar las propiedades de la conexión"
- 3- Premer el boto 'Editar' dins de 'configuración de IP'.
- 4- Cambiar de Automatico (DHCP) a Manual.
- 5- Activar IPv4, i introduir totes les dades demanades indicant la IP 192.168.1.41. En cas de no disposar de tota la informació, es pot consultar com a pas previ a l'apartat 'propiedades' abans de realitzar el pas 3.

NOTA: Alternativament, es pot modificar la IP del servidor al que es connectarà el robot (veure apartat 1.2)

1.1.4 EXECUCIÓ DEL SERVIDOR WEB

Un cop instal·lat, al executar-lo, apareix la següent pantalla:

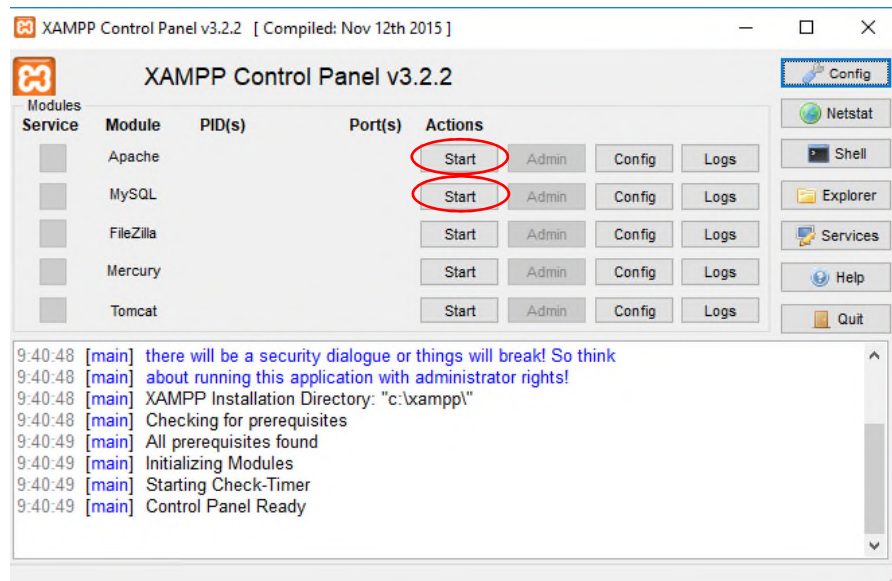


Fig. A2. Panell de control del XAMPP

On s'ha d'indicar que iniciï el servidor Apache i MySQL. Per fer-ho cal premer els botons 'Start' d'ambdós serveis (resaltats en vermell a l'anterior figura). Si el sistema arrenca correctament es posaran de color verd i s'activaran els botons 'Admin'.

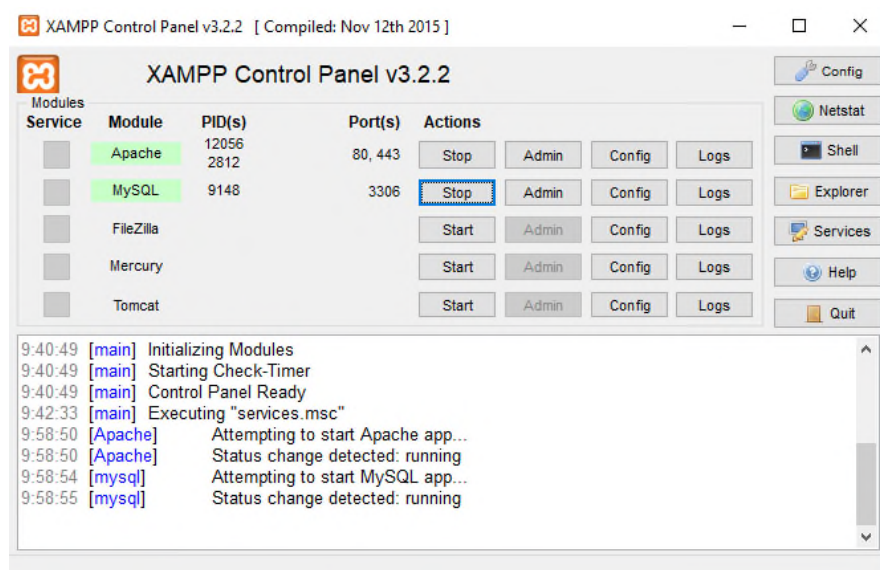


Fig. A3. Panell de control del XAMPP amb serveis executats

Per verificar si el servidor s'ha instal·lat correctament, anar al navegador Web i escriure la següent adreça:

localhost/

Si apareix una web d'informació del XAMPP és que el servidor està ben instal·lat.

1.1.5 IMPORTACIÓ DE LA BASE DE DADES

La base de dades MySQL es pot crear des de zero o bé importar-la. Per fer qualsevol de les dos coses es recomana fer servir el phpMyAdmin. Per accedir premer el boto 'Admin' de MySQL en el panell de control del XAMPP:

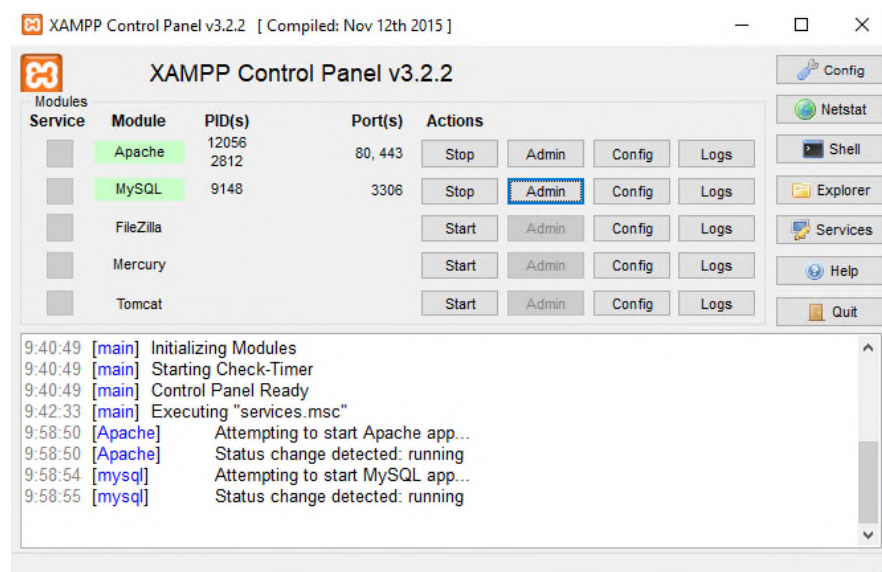


Fig. A4. Panell de control del XAMPP amb serveis executant-se

Aleshores s'obrirà el navegador Web en la pàgina del gestor de bases de dades:

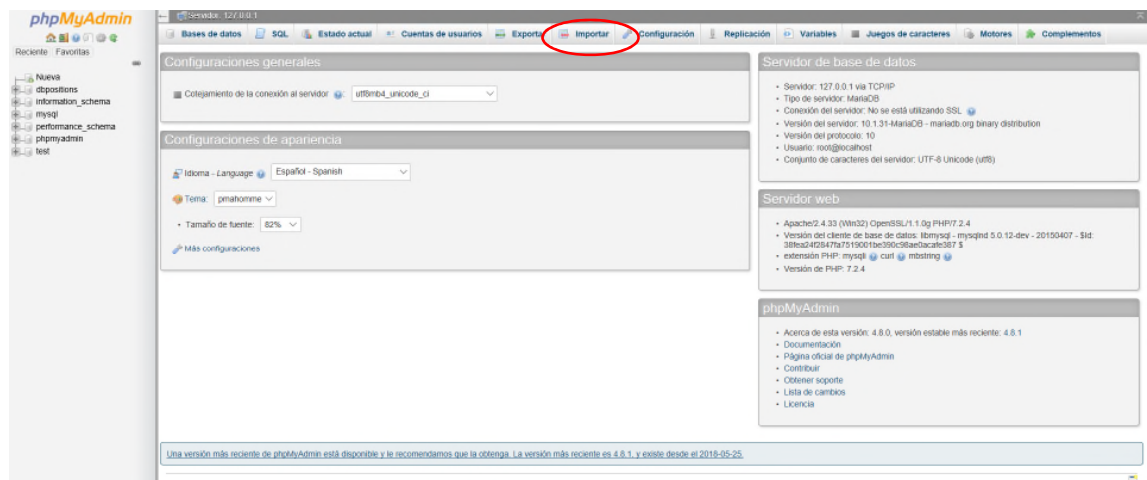


Fig. A5. Panell de control del phpMyAdmin per gestionar la abse de dades

On a l'esquerra apareixen les bases de dades que venen per defecte, i en el cas mostrat, la necessària per al nostre servidor web. Per tal d'importar la base de dades proporcionada **caldrà** en primer lloc **crear un base de dades nova** que es digui 'dbpositions'. Aleshores, un cop seleccionada prémer el boto 'importar' (marcat en vermell a l'anterior figura).

Aleshores, s'obrirà una pantalla on caldrà seleccionar l'arxiu a importar amb extensió SQL.

Importando en la base de datos "dbpositions"

Archivo a importar:

El archivo puede ser comprimido (gzip, bzip2, zip) o descomprimido.
 A compressed file's name must end in **.format[.compression]**. Example: **.sql.zip**

Buscar en su ordenador: **Examinar...** (Máximo: 2,048KB)

También puede arrastrar un archivo en cualquier página.

Conjunto de caracteres del archivo:

Importación parcial:

Allow the interruption of an import in case the script detects it is close to the PHP timeout limit. *(This might be a good way to import large files, however it can break transactions.)*

Omitir esta cantidad de consultas (en SQL) desde la primera:

Otras opciones:

Habilite la revisión de las claves foráneas

Formato:

Opciones específicas al formato:

Modalidad SQL compatible:

No utilizar AUTO_INCREMENT con el valor 0

Fig. A6. Finestra de diàleg per importar una còpia de seguretat d'una base de dades

A continuació prémer 'continuar', i si tot ha anat bé hauria de sortir la base de dades 'dbpositions' en l'arbre de navegació de l'esquerra:

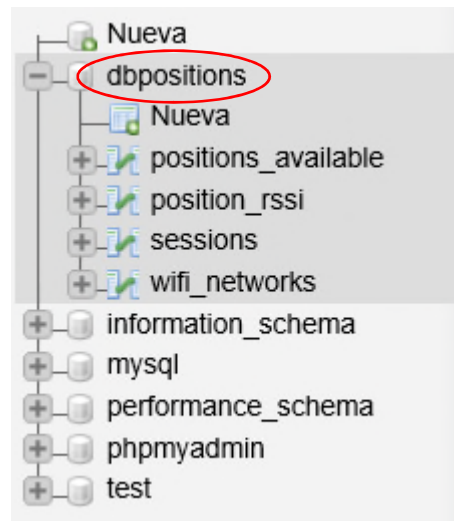


Fig. A7. Sistema de navegació del phpMyAdmin

Prement a sobre de la base de dades, o de les taules, es pot visualitzar el contingut que tenen les diferents taules. Actualment la base de dades conté informació de diferents proves realitzades, el que permetrà comprovar el funcionament de l'aplicació de visualització de la informació. Per fer-ho anar al navegador web a la següent adreça:

<http://localhost/AWSR/index.php>

On apareixerà un selector de la sessió que es vol visualitzar, que un cop seleccionada la sessió mostrarà un selector de la xarxa i posteriorment les dades emmagatzemades.

1.2 CONFIGURACIÓ DEL CLIENT (ROBOT)

Els paràmetres de configuració WIFI del robot es troben dins de l'arxiu 'configWIFI.h', on es pot configurar l'adreça IP del servidor, el nom de la xarxa WIFI a la que es connecta (on es troba el servidor Web), i la contrasenya d'accés al punt d'accés. La següent imatge mostra l'estructura d'aquest arxiu de configuració:

```
1 /*
2  * config.h
3  *
4  * Created on: 26 may. 2018
5  * Author: Javier Artacho Garcia
6  */
7
8 #ifndef CONFIG_W_
9 #define CONFIG_W_
10
11 // configuration for WIFI connection
12 #define mySSID "MOVISTAR_9B83" // your network name also called SSID
13 #define myPassword "AqqmPm7YTFrZK68yh4CZ" // your network password
14
15 // configuration of the server where the data is sent
16 #define myPort 80 // port number of the server
17 #define myIPAddress {192, 168, 1, 41} // IP Address of the server
18
19
20 #endif /* CONFIG_W_ */
21
```

Fig. A8. Arxiu de configuració de la xarxa WIFI en el sistema encastat

On a la línia 12 s'indica el nom de la xarxa WIFI a la que es connecta. A la línia 13 la contrasenya del punt d'accés, a la línia 16 el port del servidor i a la línia 17 l'adreça IP del servidor.