



EPS

Escola Politècnica
Superior

Projecte/Treball Fi de Carrera

Estudi: Enginyeria Tècn. Ind. Electrònica Ind. Pla 2002

Títol: Integració i estudi d'un conjunt de propulsors per a un robot submarí

Document: 1.Memòria. Memòria descriptiva

Alumne: Albert Soler Hernández

Director/Tutor: Marc Carreras i Pérez

Departament: Electrònica, Informàtica i Automàtica

Àrea: ATC

Convocatòria (mes/any): febrer/2009

Volum 1/2

INDEX

1 INTRODUCCIÓ	3
1.1 ANTECEDENTS.....	3
1.2 OBJECTE	3
1.3 ESPECIFICACIONS I ABAST	4
2- EL PROPULSOR SEAEYE SI-MTC01	5
2.1 DESCRIPCIÓ FÍSICA.....	6
2.2 CARACTERÍSTIQUES ELÈCTRIQUES.....	6
2.3 COMUNICACIÓ AMB EL PROPULSOR.....	7
2.3.1 COMANDES	7
2.3.1.1 Consigna de velocitat.....	7
2.3.1.2 Demanda de velocitat actual.....	8
2.3.1.3 Demanda de corrent actual.....	8
2.3.1.4 Demanda de Baud-Rate actual.....	8
2.3.1.5 Demanda temps de funcionament	9
2.3.1.6 Demanda de nom del node.....	9
2.3.1.7 Demanda número de versió.....	9
2.3.1.8 Activació escriptura EEPROM	9
2.3.1.9 Deshabilitació escriptura EEPROM	9
2.3.1.10 Reset node.....	9
2.3.1.11 Assignació d'adreça de node	10
2.3.1.12 Assignació de Baud-Rate.....	10
2.3.2 FORMAT DELS PAQUETS	12
2.3.3 EXEMPLE DE PAQUETS DE COMUNICACIÓ	13
2.4 ELS PROPULSORS ADQUIRITS PER LA UdG.	14
3- XARXA DE COMUNICACIÓ ENTRE PROPULSORS	15
3.1 CRITERIS DE DISSENY	15
3.2 SOLUCIÓ ADOPTADA.....	16
4- BANC DE PROVES INDIVIDUAL	18
4.1 REQUERIMENTS BANC DE PROVES.....	18
4.2 DISSENY DEL BANC DE PROVES.....	19
4.3 FUNCIONAMENT DEL BANC DE PROVES.....	24
4.4 DEFINICIÓ DELS ASSAJOS A REALITZAR	25
4.4.1 ASSAIG 1. FORÇA RESPECTE VELOCITAT DE GIR	26
4.4.2 ASSAIG 2. VELOCITAT DE GIR RESPECTE CONSIGNA.....	26
4.4.3 ASSAIG 3. INTENSITAT DE CORRENT	27

4.4.4 ASSAIG 4. RESPOSTA A CONSIGNES TIPUS GRAÓ	27
5- VEHICLE DE PROVES SUBMARÍ.....	28
5.1 REQUERIMENTS VEHICLE	28
5.2 DISSENY DEL VEHICLE	29
5.2.1 DIMENSIONS DEL VEHICLE I DISPOSICIÓ DELS PROPULSORS.....	29
5.2.2 ESTRUCTURA MECÀNICA.....	29
5.2.3 FLOTADOR I LLAST.....	30
5.2.4 EQUIP ELÈCTRIC I ELECTRÒNIC.....	35
5.3 VISTES DEL MUNTATGE I DEL VEHICLE ACABAT.....	39
6- INTERFÍCIE GRÀFICA.....	46
6.1 REQUERIMENTS INTERFÍCIE.....	46
6.1.1 MODE FUNCIONAMENT INDIVIDUAL	46
6.1.2 MODE FUNCIONAMENT CONJUNT	46
6.1.3 MODE FUNCIONAMENT CONTROLAT	46
6.2 PANTALLES INTERFÍCIE.....	47
6.2.1 ELEMENTS GENERALS	47
6.2.2 PANTALLA INICIAL	49
6.2.3 PANTALLA DE CONTROL INDIVIDUAL	50
6.2.3.1 Indicador de velocitat	50
6.2.3.2 Indicador d'intensitat	50
6.2.3.3 Control de consigna de velocitat.....	51
6.2.3.4 Controls d'altres comandes.....	52
6.2.4 PANTALLA CONTROL CONJUNT	53
6.2.5 PANTALLA FUNCIONAMENT CONTROLAT.....	54
6.2.5.1 CONTROLS DE MOVIMENT	54
6.2.5.2 CONTROLS DE GIR I MOVIMENT VERTICAL.....	55
6.2.5.3 CONTROLS DE CONFIGURACIÓ	55
7- RESUM DEL PRESSUPOST	57
8- CONCLUSIONS	58
8.1 EL PROPULSOR.....	58
8.2 EL VEHICLE.....	61
9- RELACIÓ DE DOCUMENTS.....	62
10- BIBLIOGRAFIA.....	63
11- GLOSSARI	64

1 INTRODUCCIÓ

1.1 ANTECEDENTS

En el grup de recerca VICOROB de la universitat s'han adquirit 5 propulsors que hauran d'ésser instal·lats en un nou robot submarí que està en fase de disseny. Aquest propulsors inclouen una electrònica de control i una interfície de comunicació sèrie de tipus RS-485. El laboratori de robòtica submarina té la necessitat de posar en funcionament els propulsors i estudiar el seu comportament.

Els propulsors són del model SI-MCT01 de la marca SEAEYE

1.2 OBJECTE

S'estudiaran els propulsors i el protocol de comunicació, proporcionant informació útil a l'hora de dissenyar i construir un robot subaquàtic que utilitzi els propulsors

Es dissenyarà i implementarà una xarxa de comunicació per accedir als 5 propulsors des d'un ordinador. Aquesta xarxa serà la que s'utilitzarà en el robot definitiu.

Es dissenyarà i implementarà una interfície gràfica d'usuari per dur a terme la part experimental. Si bé aquesta interfície no serà la definitiva en el robot, proporcionarà unes directrius i una experiència que es tindran en compte a l'hora de dissenyar les interfícies definitives amb el robot definitiu.

Es farà un anàlisi experimental del funcionament dels propulsors individualment (força, revolucions, consum, ...). Es construirà un banc de proves per a propulsors subaquàtics.

Es farà un anàlisi experimental del funcionament dels propulsors conjuntament (interferència, configuracions sobreactuades, ...).

1.3 ESPECIFICACIONS I ABAST

S'estudiarà la documentació tècnica dels propulsors.

S'estudiarà la interfície de comunicació RS-485.

Es dissenyarà i muntarà la xarxa de comunicació que enllaci els 5 propulsors amb un ordinador. (Inclou la cerca dels dispositius electrònics que s'hagin d'adquirir).

S'estudiarà dissenyarà i implementarà la interfície gràfica d'usuari amb l'entorn de programació LabWindows de National Instruments.

Es dissenyaran i muntaran els elements necessaris pels experiments amb els propulsors, tant en funcionament individual com conjunt. Els experiments es realitzaran en les instal·lacions del laboratori de robòtica submarina situat al parc científic i tecnològic de la universitat

2- EL PROPULSOR SEAEYE SI-MTC01

El thruster SI-MCT01 és un propulsor elèctric d'alta potència fabricat per la casa SEAEYE. Aquest propulsor s'utilitza amb èxit en vehicles subaquàtics comercials, com ara el FALCON o el PANTER de la casa SEAEYE. Es un propulsor potent, simple i versàtil. La comunicació RS-485 li facilita una ràpida integració en tot tipus d'aplicacions subaquàtiques. El SI-MCT01 pot ser controlat simultàniament amb fins a 128 nodes similars amb un simple port sèrie. L'aspecte general del propulsor es pot veure en la figura 1.



Figura 1 El propulsor SEAEYE SI_MCT01

Les seves especificacions tècniques son:

Tensió nominal:	48Vdc
Potència nominal	300w
Impuls endavant a 300w	13 Kgf
Impuls enrere a 300w	12.8Kgf
Velocitat de gir a 300w	960 rpm.
Diàmetre de hèlix	180mm
Pes en aire	4.3 Kg
Pes en aigua marina	2.5 Kg
Profunditat màxima	300m
Senyal de control	RS-485
Connector	5 vies
	2 x Alimentació +1x Terra
	2 x Telemetria

2.1 DESCRIPCIÓ FÍSICA

Es un propulsor robust, No es un propulsor en línia, es a dir que l'eix de l'hèlix no està en l'eix del motor. En aquest cas estan en disposició ortogonal, a 90°. Aquesta disposició permet un rang de treball molt simètric, es a dir que la força efectuada en un sentit es molt igual a la efectuada en sentit contrari. L'hèlix esta acoblada mitjançant un acoblament magnètic, cosa que permet tenir una estanquitat molt bona al no haver contacte físic entre l'hèlix i el rotor del motor. En la figura 2 es mostren les dimensions mes significatives del propulsor.

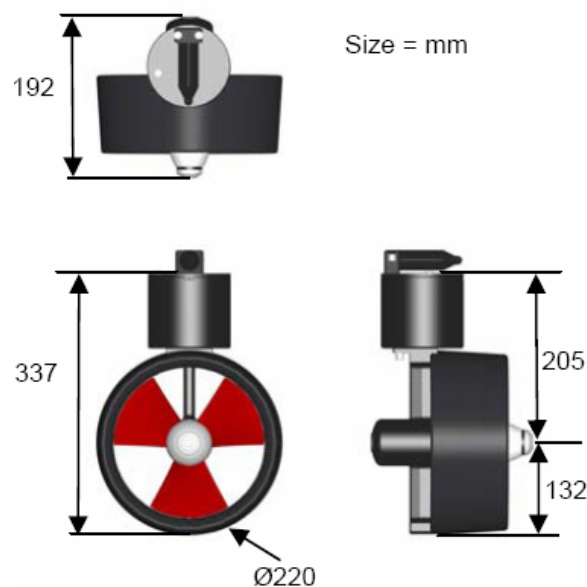


Figura 2 Mides significatives

2.2 CARACTERÍSTIQUES ELÈCTRIQUES

El motor és un motor brushless de corrent continu de potencia nominal 300W. El motor no incorpora un llaç de control per això el motor pot girar a diferents velocitats amb la mateixa consigna en funció de les condicions d'operació. Requereix un controlador extern. El propulsor incorpora un sensor de velocitat de gir que ens permet obtenir lectures de velocitat per a poder tancar el llaç de control en cas d'usar-lo.

També incorpora un sensor d'intensitat que serviria per a controlar un limitador de corrent que serviria per a protegir el propulsor. El propulsor no incorpora protecció contra

sobreintensitats, és per això que el fabricant recomana protegir el motor. Les proteccions recomanades són un fusible en l'alimentació del motor i un limitador de corrent. Una sobreintensitat temporal pot set neutralitzada invertint la direcció del propulsor. Si la sobrecàrrega persistís el limitador de corrent hauria d'actuar protegint el motor.

La lectura dels sensors així com l'assignació de consigna es realitzen via RS-485.

Del motor surt, amb un connector estanc, una mànega que conté 5 cables elèctrics. Dos cables destinats a l'alimentació del motor, 2 per al bus de comunicació i un que està connectat a l'estructura del propulsor que ens permet realitzar el connexionat a terra. Aquesta mànega finalitza amb un connector estanc. D'aquest connector en surten 5 cables rígids que corresponen als 5 descrits abans.

La relació de colors d'aquests cables és la que es mostra en la Taula 1.

Color	Senyal
Marró	+48v dc
Vermell	Telemetria A (data+)
Taronja	Telemetria B (data-)
Groc	0v
Verd	Terra

Taula 1 Relació de colors

2.3 COMUNICACIÓ AMB EL PROPULSOR

El propulsor incorpora un port sèrie basat en el protocol RS-485 que permet comunicar-se amb el propulsor mitjançant només 2 cables elèctrics.

2.3.1 COMANDES

El propulsor incorpora les següents comandes de comunicació:

2.3.1.1 Consigna de velocitat

Es demana al propulsor que giri en sentit d'avançar si el valor passat es positiu i en sentit de retrocés si el valor passat es negatiu. La figura 3 mostra el criteri d'avanç i retrocés. La consigna es dona en tant per cent.

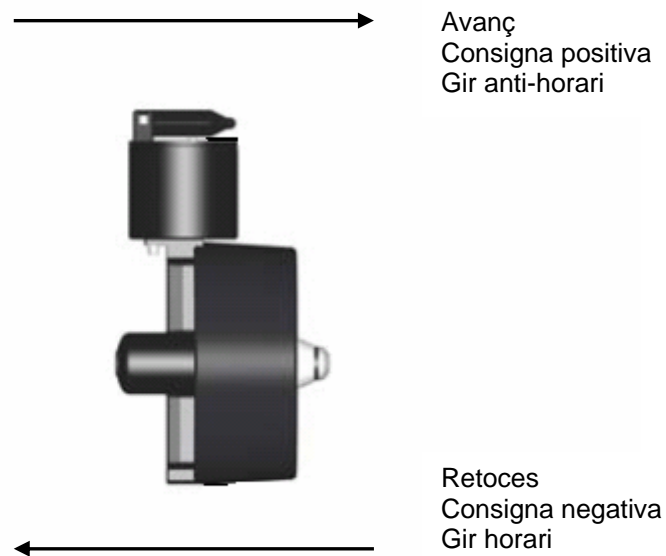


Figura 3 Criteri de sentit.

2.3.1.2 Demanda de velocitat actual

Es demana la velocitat de gir del propulsor. Es retorna la velocitat de gir en rpm. (cal dividir per 5 el valor retornat per a obtenir la velocitat). Es retorna un Ack.

2.3.1.3 Demanda de corrent actual

Es demana la intensitat de corrent que alimenta el propulsor. Es retorna la intensitat en Ampers.

2.3.1.4 Demanda de Baud-Rate actual

Es demana la velocitat de comunicació. Es retorna una cadena amb la velocitat de comunicació.

2.3.1.5 Demanda temps de funcionament

Es demana el temps en que el propulsor ha estat funcionant. Es retorna una cadena de text amb aquest valor. És un valor absolut que no es pot posar a zero. Indica el temps amb el motor alimentat, no el temps en que el motor ha estat girant.

2.3.1.6 Demanda de nom del node

Es demana el nom del node. Es retorna una cadena amb el nom. En el cas del thruster la resposta es "Thruster". Aquesta comanda es útil en el cas d'utilitzar altres elements que segueixin el mateix protocol, com ara un sensor de profunditat, un focus.... Això passa per exemple en el vehicle subaquàtic comercial FALCON de SEAEYE.

2.3.1.7 Demanda número de versió

Es demana la versió del firmware del propulsor. Es retorna una cadena amb el valor demanat.

2.3.1.8 Activació escriptura EEPROM

El propulsor incorpora una memòria EEPROM que emmagatzema alguns paràmetres de configuració del propulsor. Aquesta comanda permet l'escriptura en aquesta memòria. Retorna un Ack.

2.3.1.9 Deshabilitació escriptura EEPROM

Aquesta comanda deshabilita l'escriptura en la memòria EEPROM.

2.3.1.10 Reset node

Aquesta comanda reinicia el propulsor. Cal efectuar-lo quan hem canviat algun paràmetre de configuració.

2.3.1.11 Assignació d'adreça de node

Escriu en la memòria del propulsor una nova adreça. Retorna un Ack. Per a que els canvis tinguin efecte cal resetejar el propulsor (amb l'adreça antiga).

2.3.1.12 Assignació de Baud-Rate

Escriu en la memòria del propulsor la nova velocitat de comunicació. Retorna un Ack. Per a que els canvis tinguin efecte cal reiniciar el propulsor (amb el Baud-Rate antic).

La taula 2 mostra els formats de les comandes i de les seves respostes:

DADA		FUNCIÓ	RETORNA	NOTES
Comanda	Valor			
+	0 a 100	Gir avançant 0 a 100%	Ack	
-	0 a 100	Gir retrocedint 0 a 100%	Ack	
?	R	Demanda de velocitat actual	0 a 6250	Es el valor en rpm del motor. Dvidir per 5 per obtenir la velocitat del propulsor
?	C	Demanda de valor de corrent en el motor	0 a 10	de 0 a 6 Amper
?	b	Demanda de valor de "baud rate"		
?	h	Demanda de valor total de temps en funcionament	hHmM	H= hores M= minuts
?	n	Demanda de nom de node	string	fins a 8 caràcters
?	v	Demanda de nombre de versió	mmnn	mm - nombre major nn - nombre menor
x	0	Habilita escriptura eeprom		
x	1	Inhabilita escriptura eeprom		
z		Reinicia node	Diferent de zero si es realitza satisfactoriament	
n	0 a F	Assigna adreça del node	Diferent de zero si es realitza satisfactoriament	
b	0	assigna "baud rate" a 57600 (valor per defecte)	Diferent de zero si es realitza satisfactoriament	Escriptura eeprom ha d'estar habilitada
b	1	assigna "baud rate" a 4800	Diferent de zero si es realitza satisfactoriament	Escriptura eeprom ha d'estar habilitada
b	2	assigna "baud rate" a 9600	Diferent de zero si es realitza satisfactoriament	Escriptura eeprom ha d'estar habilitada
b	3	assigna "baud rate" a 19200	Diferent de zero si es realitza satisfactoriament	Escriptura eeprom ha d'estar habilitada
b	4	assigna "baud rate" a 38400	Diferent de zero si es realitza satisfactoriament	Escriptura eeprom ha d'estar habilitada

Taula 2 format de comandes

Nota: El valor Ack no fa referència al caràcter ASCII ACK sinó a un paquet sense dada. Veure l'exemple l'apartat 2.3.3 per aclarir la diferencia.

2.3.2 FORMAT DELS PAQUETS

Aquestes comandes i respostes s'envien en format ASCII i empaquetades, a continuació es descriu el format d'empaquetat.

Hi ha 2 tipus de paquets, paquets de mestre a propulsor i paquets de propulsor a mestre. Els paquets de mestre a propulsor s'inicien amb el caràcter 'u'. Els paquets de propulsor a mestre comencen amb el caràcter 'U'.

El següent byte conté un caràcter. Aquest caràcter indica l'adreça del node al que va dirigit la comanda o del node que respon. Aquest valor pot anar de 1 a 35. Per a valors de 1 a 9 s'usen els caràcters ASCII '1' a '9'. Per a valors de 10 a 35 s'usen els caràcters 'A' a 'Z' respectivament. El caràcter '0' (zero) fa referència a tots els nodes que estiguin escoltant.

El tercer byte conté la longitud total del paquet incloent tots els caràcters. Hi ha un mínim de 4 caràcters per paquet i un màxim de 36. Com en el byte anterior s'usen els caràcters de '1' a '9' i de 'A' a 'Z'.

A continuació hi ha la dada que es vol enviar. Pot ser una comanda o una resposta.

Finalment hi ha el caràcter de finalització. Aquest caràcter es '\r', anomenat salt de carro i amb el número decimal 13 a la taula ASCII.

La taula 3 resumeix els camps del paquet de comunicació.

CAMP	MIDA	Exemple	Descripció
ID	1	u	ID del node del propulsor. Minúscula indica superfície cap a propulsor, majúscula indica propulsor cap a superfície.
ADREÇA	1	1	Adreça del node. Hi ha 35 adreces diferents per a cada node. De 0 a 9 i llavors de A a Z. L'adreça 0 esta reservada per a adreçar-se a tots els nodes. Només estan permesos 35 nodes.
NOMBRE DE CARÀCTERS	1	8	Nombre de caràcters usats en el paquet. Inclou els caràcters de codificació i el retorn de carro. Han de ser enviats un mínim de 4 caràcters. Es poden enviar fins a 36 caràcters. De 4 a 9 i llavors de A a Z.
DATA	0 a 32	+100	Dades enviades en el paquet. Màxim de 32 caràcters.
TERMINACIÓ	1	\r	Caràcter de terminació. '\r' salt de carro.

Taula 3 Format dels paquets

Aquests paquets son en format ASCII estàndard amb un bit de start, 8 bits de dades, 1 bit de stop, sense bit de paritat. La velocitat de transmissió és sel-leccionable per l'usuari. El valor per defecte es 57600.

Si el propulsor no rep cap comanda en un interval d'un segon la consigna del propulsor es posa a zero i aquest es para automàticament.

2.3.3 EXEMPLE DE PAQUETS DE COMUNICACIÓ

La figura 4 mostra un exemple de trames de comunicació. En l'exemple es pretén assignar una consigna del 100% en sentit d'avanç

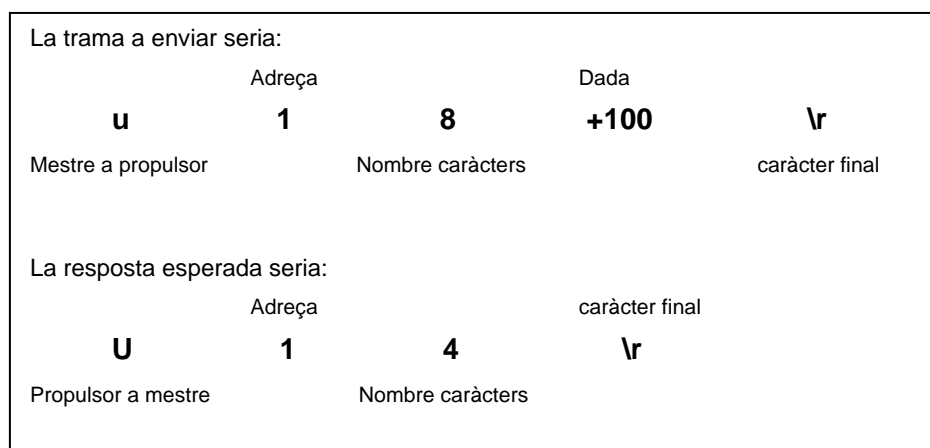


Figura 4 Exemple de comunicació

2.4 ELS PROPULSORS ADQUIRITS PER LA UdG.

Per a diferenciar cada propulsor assignarem un número a cada un d'ells. En la taula 5 es dona el numero de sèrie i el número assignat de cada propulsor.

Propulsor	Num. Serie.
1	0565
2	0571
3	0575
4	0576
5	0577

Taula 5 Números de sèrie

En una primera inspecció visual es detecten en varis dels propulsors unes ratllades en el cos metàl·lic que envolta l'hèlix. Aquestes ratllades venen de fàbrica i s'han fer durant el procés de construcció del propulsor. Prova d'això es que les marques estan cobertes per la mateixa capa de pintura que cobreix el propulsor.

A part d'aquestes ratllades els propulsors estan en bon estat i disponibles per al seu us intensiu.

En l'annex A.2 'adjunta un manual de manteniment del vehicle on s'especifica el manteniment adequat per a mantenir els propulsors en bon estat.

3- XARXA DE COMUNICACIÓ ENTRE PROPULSORS

3.1 CRITERIS DE DISSENY

Els propulsors incorporen un port sèrie RS-485. Es dissenyarà un bus que comuniqui els 5 nodes esclaus dels propulsors amb un node mestre. Aquest node mestre serà un PC dels disponibles en el laboratori. El PC mestre disposarà d'una interfície gràfica que permetrà governar el vehicle subaquàtic.

Els PC disponibles en el laboratori no disposen de port RS-485 per tant caldrà avaluar la necessitat d'incorporar un port d'aquestes característiques al PC o d'utilitzar un convertidor connectat a un port RS-232 dels que disposa el PC.

S'opta per incorporar un convertidor de RS232 a RS485 ja que això dona una major flexibilitat a l'hora de governar el vehicle des de diferents ordinadors (el port RS232 està disponible en la gran majoria d'ordinadors i molts altres dispositius, mentre que el port RS485 es menys freqüent). Mes endavant es justifica el criteri d'elecció del convertidor utilitzat.

Es planteja la possibilitat de situar el convertidor en el vehicle o fora d'aquest. S'opta per situar-lo fora del vehicle (en superfície) ja que obtenim els següents avantatges:

En cas de comunicar ordinador i vehicle amb un cable de llarga longitud el protocol RS485 es molt més robust a les pèrdues de senyal i a les interferències que el protocol RS232.

El fet de tenir part del bus fora de l'aigua permet la possible adició de nous nodes en superfície i en el vehicle (com ara focus, càmeres, sonars, etc.). Si la comunicació ordinador vehicle fos RS232 això no seria possible al tractar-se d'un protocol punt a punt.

Es procurarà en mesura del possible comunicar a la màxima velocitat de transmissió que ofereixen els propulsors, es a dir 57600 bits per segon.

3.2 SOLUCIÓ ADOPTADA

Es divideix el sistema en dues parts. Una integrarà el PC de control, el convertidor i la font d'alimentació i estarà situada en superfície, mentre que l'altre incorporarà el vehicle i la caixa de connexió de propulsors. Aquesta última part és la que estarà submergida.

Ambdues parts estaran comunicades mitjançant una mànega d'uns 20 metres de longitud.

La figura 3.1 mostra un esquema de la solució adoptada

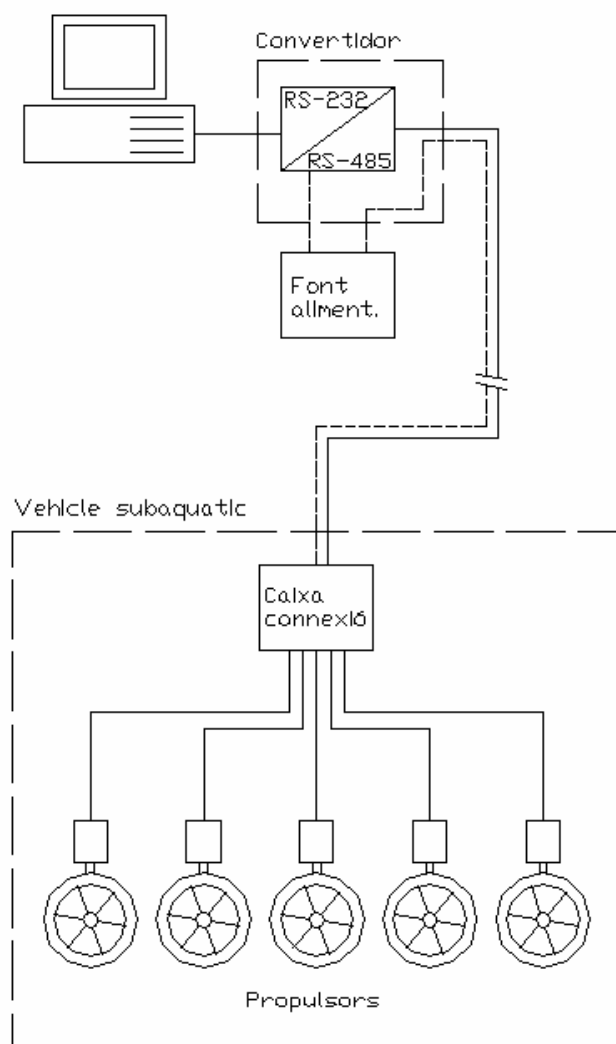


Figura 5 Esquema del sistema

3.3 SELECCIÓ DEL CONVERTIDOR.

Per abaratir costos i per a facilitar la seva integració en el futur robot cal que el convertidor sigui petit i simple. Aquest convertidor ha de ser completament estanc o estar preparat per estar en un compartiment reduït i estanc.

Com que el software de control no permet el control de flux, que es fa automàticament, convertidors que no incorporin el seu propi control de flux no són adequats.

Es planteja en aquest moment la possibilitat de replantejar l'abast del projecte. En cas d'utilitzar un convertidor sense control de flux caldria una aplicació a baix nivell que comuniqués amb la interfície gràfica. En cas d'utilitzar un convertidor amb control de flux es podria continuar amb la interfície prevista però es perd la possibilitat d'optimitzar la rapidesa de la comunicació.

S'acorda per comú acord amb la direcció del laboratori optar per la segona possibilitat, ja que les proves fetes amb convertidors amb control de flux demostren que la velocitat de les comunicacions no es veu perjudicada.

El convertidor seleccionat es el model ADAM-4520 de la marca Advantech. Aquest convertidor funciona amb una alimentació de 12 volts i permet la comunicació a 57600 bps.

4- BANC DE PROVES INDIVIDUAL

4.1 REQUERIMENTS BANC DE PROVES

Es necessita construir un banc de proves que permeti mesurar la força efectuada per el propulsor. Cal que el propulsor estigui enfonsat dins l'aigua, prou lluny de la superfície per a que l'aire no provoqui turbulències. A més l'element de mesura ha d'estar a l'aire. El banc de proves ha de ser prou robust per aguantar les forces generades. L'estructura ha de ser prou pesada per a que no es desplaci quan tinguem el propulsor a màxima potencia.

Com que el propulsor ja ens dona una mesura de la velocitat de gir de l'hèlix no s'implementarà en el banc de proves cap element per a realitzar aquesta mesura.

La mesura del corrent consumit per el propulsor es farà amb el sensor intern i es compararà amb l'amperímetre de la font d'alimentació que utilitzarem

Els elements de mesura dels que es disposa en el laboratori son dos dinamòmetres que mesuren fina a 50N i 20Kp respectivament.

Així dons disposarem dels següents paràmetres: Consigna, velocitat de gir, força i intensitat de corrent.

4.2 DISSENY DEL BANC DE PROVES

Com que el propulsor ha d'estar submergit i el dinamòmetre no pot estar-ho es busca una solució que permeti aquesta separació. A més es pretén que els dos elements siguin solidaris per a simplificar el sistema.

S'opta per un conjunt de palanca de primer grau amb un eix horitzontal. El propulsor estarà situat en un dels braços i l'element de mesura en l'altre. La figura 6 mostra aquesta disposició.

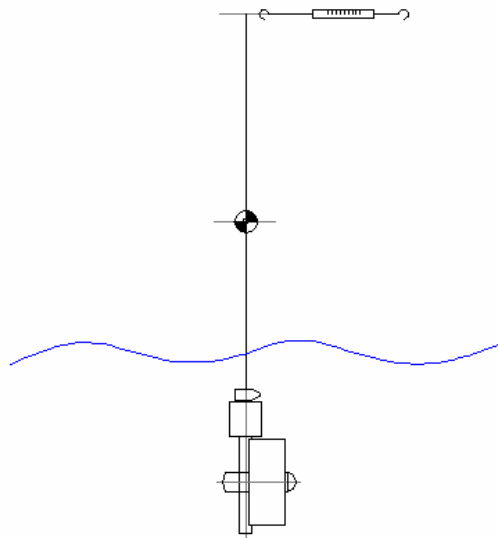


Figura 6 Palanca

Es necessita una estructura pesada i robusta. Com que en el laboratori es disposa de perfil troquelat d'acer zincat, apte per a construir mobles i estructures, es realitzarà amb aquest material. Com que l'ús d'aquest banc de proves serà breu no es plantejaran problemes de corrosió deguts a l'aigua clorada de la piscina del laboratori. Per a minimitzar aquests efectes es secarà a fons l'estructura després de cada us.

Per que l'estructura sigui robusta en la direcció de la força s'usarà dues estructures triangulars (que son indeformables) unides per tres travessers. S'afegirà un travesser a cada estructura per allotjar-hi l'eix de rotació de la palanca.

Es deixaran els peus de l'estructura llargs per a allotjar-hi dos blocs de formigó que evitaran el desplaçament de l'estructura.

La figura 7 mostra aquesta estructura vista de perfil.

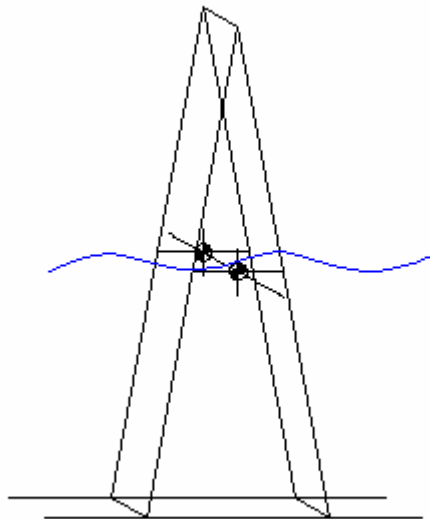


Figura 7 Estructura

Es munta la palanca descrita anteriorment en l'estructura i s'hi cargola el propulsor.

Les figures següents ens mostren el propulsor durant el seu procés de construcció i durant els assajos.



Figura 8 Construint el banc de proves

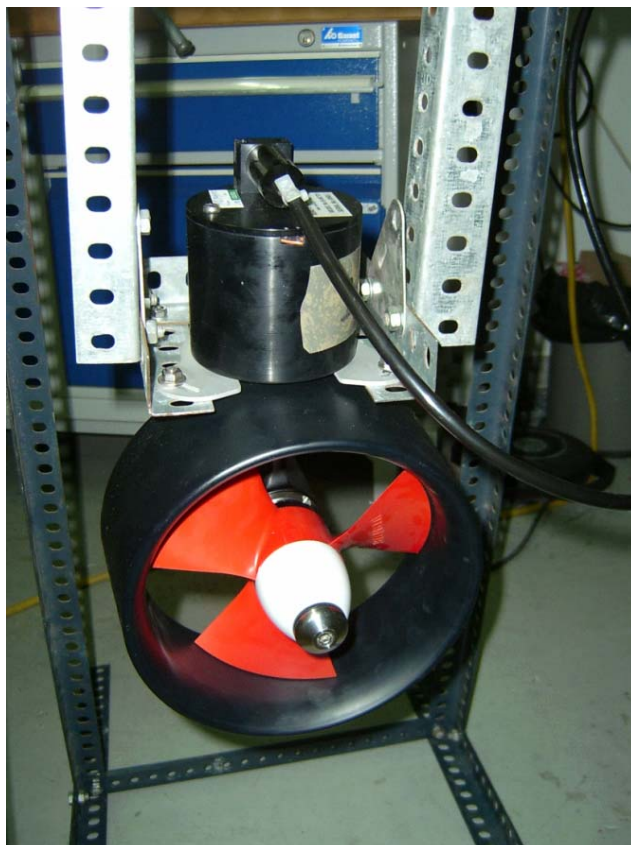


Figura 9 Detall acoblament



Figura 10 Preparant l'assaig



Figura 11 El banc a l'aigua

Com que el material es troquel·lat, l'altura de l'eix es regulable. A més cal tenir en compte la relació de palanca en el cas que la longitud dels 2 braços sigui diferent. En el nostre cas la longitud del braç del propulsor es de 345mm i el del dinamòmetre es de 775mm. Segons la llei de conservació de parells s'obté la força real respecte a la força mesurada. La figura 12 mostra les dimensions i disposició dels braços.

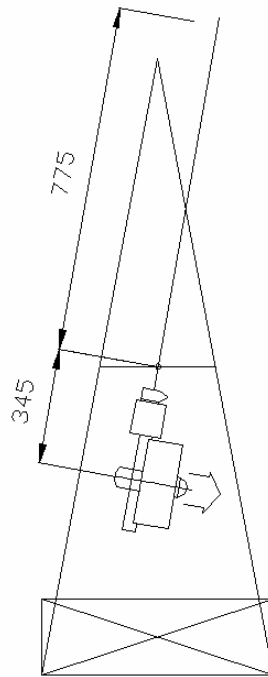


Figura 12 Relació de palanques

Així la relació entre els dos braços serà:

$$T_D = T_P \quad (\text{Eq. 1})$$

$$F_R \cdot 345 = F_D \cdot 775 \quad (\text{Eq. 2})$$

$$F_R = \frac{775 \cdot F_D}{345} = 2.246 \cdot F_D \quad (\text{Eq. 3})$$

On:

TD: Parell braç dinamòmetre.

TP: Parell braç propulsor.

FD: Força mesurada per el dinamòmetre.

FR: Força real efectuada per el propulsor.

Per tant en els assajos la lectura del dinamòmetre caldrà multiplicar-la per aquest factor de 2.246.

4.3 FUNCIONAMENT DEL BANC DE PROVES

El banc de proves es controlarà amb la mateixa interfície que el vehicle. Una de les pantalles de d'interfície permet el control d'un propulsor de manera individual. A mes permetrà visualitzar i gravar els paràmetres mesurables (velocitat i intensitat).

El banc de proves pot funcionar en 2 modalitats, amb l'eix fixat o amb l'eix lliure.

Fixarem l'eix al banc de proves quan vulguem analitzar la resposta del propulsor a diferents consignes i a variacions brusques d'aquestes o quan vulguem mesurar intensitats de corrent.

Quan necessitem mesurar la força realitzada per el propulsor deixarem que giri l'eix i col·locarem el dinamòmetre en la part superior del braç de la palanca. La figura 13 il·lustra els diferents modes de funcionament.

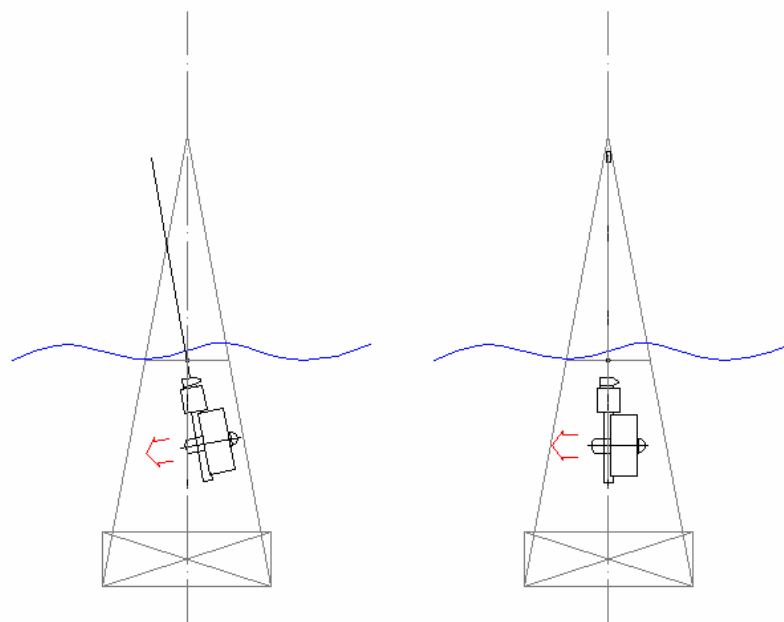


Figura 13 Eix lliure i eix fixat.

Per a que la mesura de força sigui correcta caldrà que la palanca del banc de proves estigui en posició vertical. La figura 14 mostra com seria un error de mesura

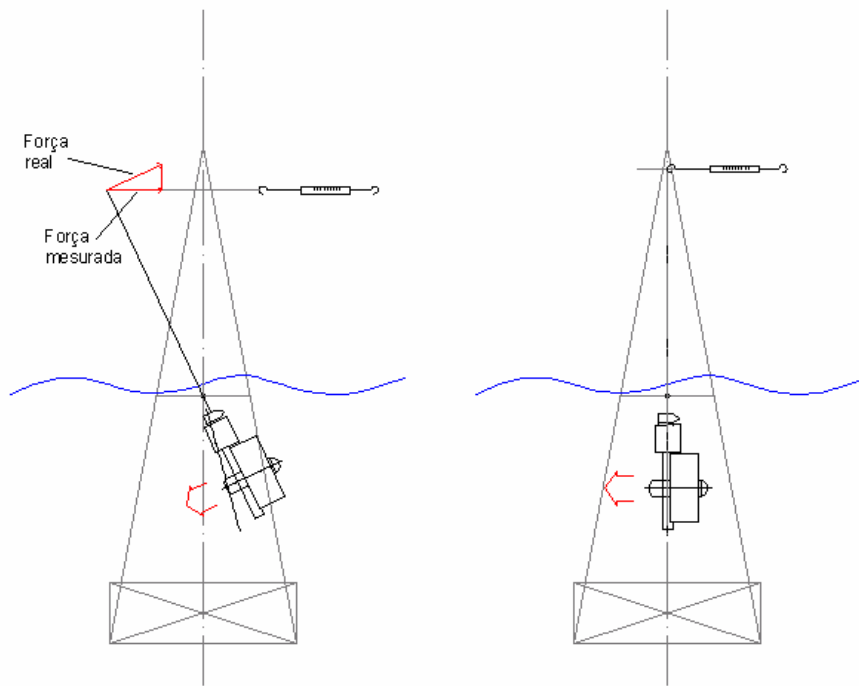


Figura 14 Mesura incorrecta amb palanca no vertical.

4.4 DEFINICIÓ DELS ASSAJOS A REALITZAR

Es pretén obtenir una funció que ens relacioni la força efectuada per el propulsor respecte a la consigna obtinguda. Es faran dos assajos en els quals obtindrem la relació força respecte a velocitat de gir en el primer i la velocitat de gir respecte a la consigna en el segon assaig.

Es realitzaran dos assajos més, un per a valorar la intensitat de corrent en diferents circumstancies i comparar-lo amb l'amperímetre intern del propulsor i un segon que ens donarà una primera idea de la resposta temporal del propulsor.

4.4.1 ASSAIG 1. FORÇA RESPECTE VELOCITAT DE GIR

L'objectiu d'aquest assaig es determinar la força efectuada per el propulsor en funció de la seva velocitat de gir. La forma esperada (habitual en altres propulsors) es la següent:

$$F = k \cdot v^2 \quad (\text{Eq. 4})$$

On:

F: Força

v: Velocitat de gir

k: valor constant específic del propulsor

És d'esperar que el propulsor es comporti seguint aquesta formula.

L'assaig es realitzarà amb la palanca lliure. El propulsor rodarà a determinades velocitats i, un cop estabilitzat el banc, amb el dinamòmetre es mesurarà la força efectuada. La mesura es farà amb el braç en posició vertical per a minimitzar errors de lectura.

Obtindrem una funció que ens relacionarà la força amb la velocitat de gir.

$$F = f(v) \quad (\text{Eq. 5})$$

4.4.2 ASSAIG 2. VELOCITAT DE GIR RESPECTE CONSIGNA

L'objectiu d'aquest assaig es determinar la velocitat de gir.

L'assaig es realitzarà amb la palanca fixada i s'enviaran diferents consignes de velocitat al motor. Quan aquest s'estabilitzi el llegirà la seva velocitat de gir.

Obtindrem una funció que ens relacionarà la velocitat de gir amb la consigna demanada.

Aquest valor serà en regim estable. No es objecte de l'assaig estudiar efectes transitoris.

$$v = f(k) \quad (\text{Eq. 6})$$

4.4.3 ASSAIG 3. INTENSITAT DE CORRENT

L'objectiu d'aquest assaig es observar el consum del propulsor a determinades consignes. S'estudiarà el propulsor en règim estacionari.

Es farà l'assaig amb el braç fixat i s'anirà mesurant la intensitat de corrent amb un amperímetre. L'amperímetre intern del propulsor es poc precís, només serveix per a indicar-nos que hi ha un sobreconsum perillós.

Es vol obtenir una gràfica que ens doni una primera idea del consum elèctric del propulsor.

4.4.4 ASSAIG 4. RESPOSTA A CONSIGNES TIPUS GRAÓ

Es pretén observar la resposta transitòria a una consigna tipus graó. Si la resposta no fos prou ràpida s'haurà de buscar un model matemàtic que ens representi aquest retard. En cas que la resposta fos prou ràpida no serà necessari per que se suposarà la resposta com a instantània.

L'assaig es farà amb el braç fixat i s'aniran donant consignes tipus graó. Amb el comptador de revolucions intern es mesurarà la velocitat de gir.

En l'annex B es recullen les dades preses en els diferents assajos. En el mateix annex es detallen els càlculs i procediments que ens porten als resultats desitjats.

5- VEHICLE DE PROVES SUBMARÍ

5.1 REQUERIMENTS VEHICLE

Les condicions del vehicle a construir són les següents:

Cal que el vehicle pugui ser fàcilment transportat per 1 o dues persones. Cal que sigui fàcil de subjectar i amb un pes no superior als 50 kg.

Ha d'estar construït amb materials resistent a la corrosió. L'aigua clorada de la piscina es lleugerament corrosiva i pot malmetre parts metàl·liques del vehicle.

El vehicle ha de ser resistent i estanc a la pressió hidrostàtica a que serà sotmès a certes profunditats. La profunditat màxima de disseny serà de 10m tot i que en el la piscina del laboratori no es podrà sobrepassar els 5m de profunditat.

El vehicle estarà controlat manualment i de forma remota via RS-485. L'alimentació es farà amb les fonts d'alimentació del laboratori. Es a dir, l'òrgan de control (un PC preferentment) i l'alimentació estaran a terra i l'element de comunicació serà una mànega elèctrica de longitud suficient per a poder operar per tota la piscina del laboratori.

La disposició dels propulsors horitzontals serà simètrica i ortogonal: 2 propulsors (un a cada costat del vehicle) proporcionaran l'avanç i el retrocés. Uns altres 2 motors proporcionaran el moviment lateral (un situat davant i un situat darrera del vehicle). El cinquè propulsor es col·locarà en el centre del vehicle amb l'eix de gir en posició vertical. Aquest propulsor proporcionarà la força necessària per a dotar al vehicle de moviment vertical. Combinacions de velocitats entre aquests motors permetran el gir i el moviment en totes les direccions possibles.

5.2 DISSENY DEL VEHICLE

5.2.1 DIMENSIONS DEL VEHICLE I DISPOSICIÓ DELS PROPULSORS.

Es disposaran els propulsors de forma ortogonal. Un propulsor a cada costat, que proporcionaran el moviment d'avanç. Un davant i un al darrera que proporcionaran el moviment lateral. Aquests 2 motors a més proporcionaran la rotació del vehicle.

Les dimensions del vehicle (sense comptar els propulsors) seran de 80x60x40 cm.

5.2.2 ESTRUCTURA MECÀNICA.

L'estructura cal que sigui lleugera, resistent a la corrosió, fàcilment ajustable i ha de permetre la col·locació dels propulsors en diferents posicions si es necessari.

El material que s'utilitzarà seran barres d'alumini extrusionat. La secció serà quadrada de 22 mm de costat.

L'estructura constarà de 4 potes que estaran unides per 4 barres horitzontals en disposició rectangular. Aquestes barres tindran unes altres quatre barres paral·leles que serviran per a subjectar els propulsors laterals. S'afegirà una tercera barra horitzontal per a donar rigidesa a l'estructura. Per a subjectar el motor interior es disposaran 2 barres verticals que estaran subjectades a les barres laterals.

S'afegirà una barra transversal en la posició de cada motor per a subjectar aquest.

La figura 15 mostra com queda l'estructura un cop muntada.

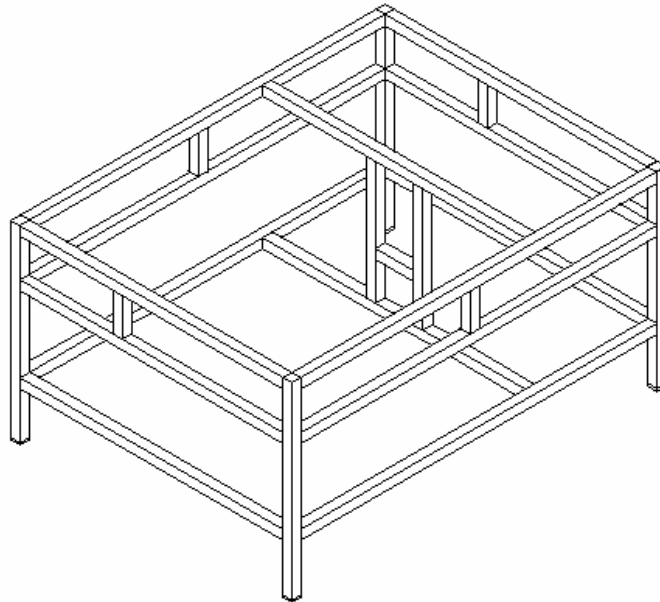


Figura 15 Estructura mecànica

En cada una de les potes es col·locarà una pota ajustable de goma. Per a les unions es faran servir cargols específics per al material (T-bolts) i cargols tipus Allen. Per a donar rigidesa s'empraran esquadres d'alumini específics per al material

5.2.3 FLOTADOR I LLAST.

Es requereix que el vehicle tingui una flotabilitat neutra. La flotabilitat neutra s'aconsegueix quan el pes del vehicle submergit és nul. Com que la major part dels elements que componen el vehicle són més densos que l'aigua cal un element que compensi el pes en l'aigua d'aquests elements, el flotador.

Aquest flotador ha de ser prou rígid per a que no variï el seu volum a causa de la pressió de l'aigua a mesura que augmenti la profunditat.

S'opta per utilitzar una espuma rígida resistent a la corrosió de la que ja s'utilitza en el laboratori per a certes boies i robots subaquàtics. Aquest material es presenta en plaques de

2 metres de longitud, 1 metre d'amplitud i 60 cm de gruix. Es retallarà un requadre amb les dimensions del vehicle i es col·locarà en la seva part superior.

La figura 16 mostra el vehicle amb els propulsors i el flotador (en color verd) en la seva posició.

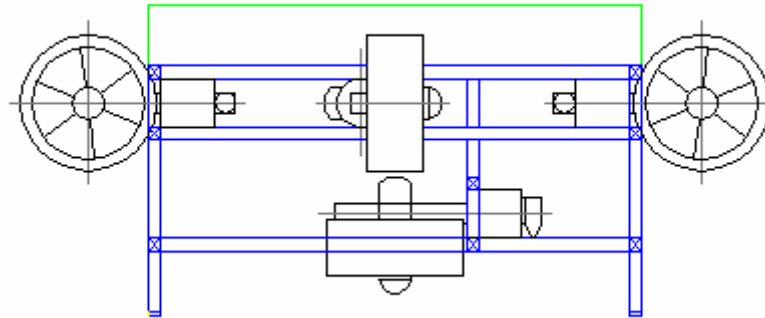


Figura 16 Posició del flotador

Es requereix també que el vehicle ha de disposar d'un llast d'uns 3 kgf. El conjunt del flotador i el llast han d'aportar una flotabilitat neutra.

El motiu que justifica aquest llast és que en cas d'afegir-se en un futur algun element al vehicle que afectés a la seva flotabilitat només seria necessari variar aquest llast en comptes de variar les dimensions del flotador, cosa que seria molt més difícil i poc reversible.

Aquest flotador cal que compleixi els següents requeriments:

Cal que tingui un forat en el seu centre que permeti el pas de l'aigua impulsada per el propulsor vertical (propulsor 5). La dimensió òptima d'aquest forat s'estima com un cilindre de 30cm de diàmetre. Un diàmetre menor obstaculitzaria massa el pas de l'aigua i un diàmetre major comprometria la integritat del flotador en cas de sobreesforços sobre ell (figura 17).

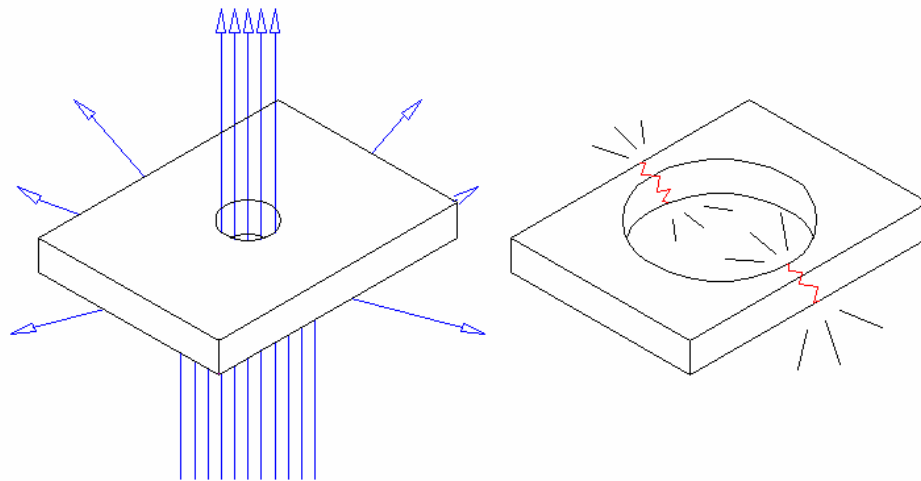


Figura 17 Dimensions incorrectes dels forats

Cal que tingui una forma lleugerament hidrodinàmica tot i que aquest no es un aspecte crític. El seu gruix hauria de ser de 60 cm ja que aquest el gruix de la placa de la que es disposa.

Cal que tingui un volum adequat per a garantir una flotabilitat positiva de 3 kgf. Aquesta flotabilitat s'ajustarà amb uns forats verticals de 72mm de diàmetre repartits per la superfície del flotador. Aquests forats permetran el pas de l'aigua reduint dràsticament la fricció del flotador en moviment vertical.

En l'annex de càlcul es detallen els càlculs amb els que s'obté en nombre de forats a repartir per la superfície del flotador.

El procediment de càlcul és el següent:

Es calcula el volum del flotador que compleix amb els requeriments. Llavors es parteix d'un prisma rectangular de les dimensions del vehicle i s'obté la seva flotabilitat en funció de la densitat del material i la densitat de l'aigua dolça. A aquest bloc se li resta el volum del cilindre central i el volum d'uns xamfrans en cada un dels seus extrems. La figura 18 mostra aquest procés.

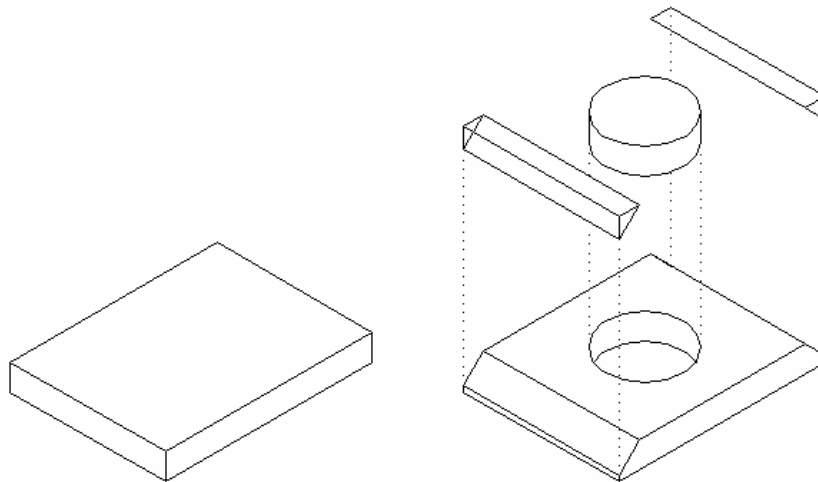


Figura 18 Construcció flotador

Un cop obtingut aquest volum es resta a el volum teòric que hem obtingut abans. Obtindrem una diferència de volums que ens donarà el volum total dels forats que haurem de fer en el flotador.

Es divideix aquest volum entre el volum d'un d'aquests forats i s'obté el nombre de forats a repartir. El volum obtingut es de 10 forats. La figura 19 mostra la distribució final d'aquests forats.

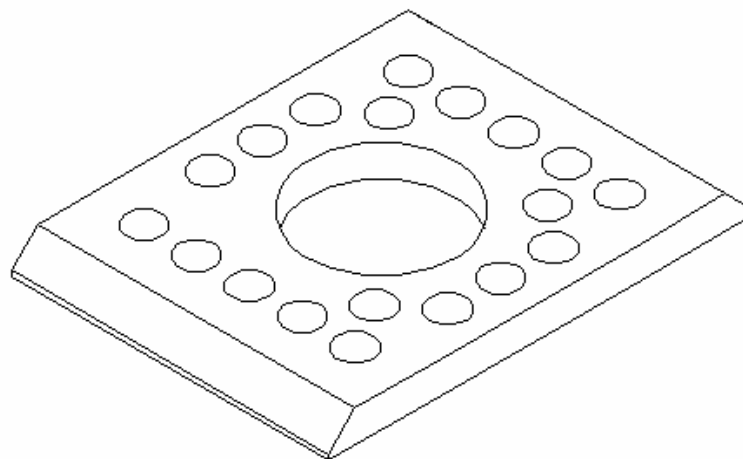


Figura 19 Distribució de forats de pas d'aigua.

La figura 20 mostra l'aspecte general que tindrà el vehicle amb el flotador en la seva posició

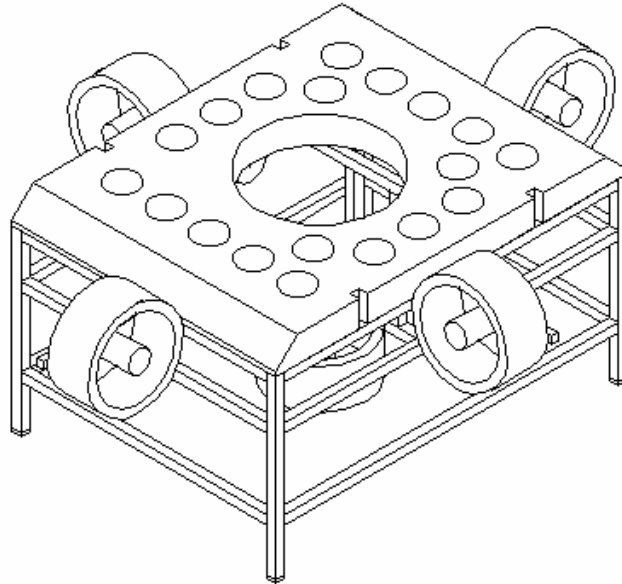


Figura 20 Flotador muntat en vehicle.

Cal que el flotador estigui subjecte al vehicle. Es realitzarà amb uns espàrrecs roscats que estaran subjectes a l'estructura del vehicle i es posaran quatre topalls que retindran el flotador. Aquests topalls es subjectaran amb una femella tipus "palometa". La figura 21 mostra una vista en detall de la solució adoptada. D'aquesta manera es pot muntar i desmuntar el flotador fàcilment i sense cap eina.



Figura 21 Detall subjecció

5.2.4 EQUIP ELÈCTRIC I ELECTRÒNIC.

El vehicle incorpora diferents elements elèctrics i electrònics que es disposaran de la següent manera:

En el vehicle es situarà la placa de connexions que incorporarà la resistència final de bus. Incorporarà els borners adequats per a connectar la mànega que connectarà el vehicle amb la superfície. Aquests elements estaran situats dins una caixa estanca i resistent a la pressió.

En la tapa d'aquesta caixa es practicaran uns orificis adequats per allotjar els connectors de cada propulsor. Allotjarà també un prensaestopes per a la mànega de connexió. Per a garantir la estanquitat es mecanitzaran uns accessoris de llautó que ens permetran apretar el connector específic de SEAEYE. Per a més seguretat es segellarà la tapa amb una resina epoxi. Les següents figures mostren els detalls del connector i del muntatge en la tapa.

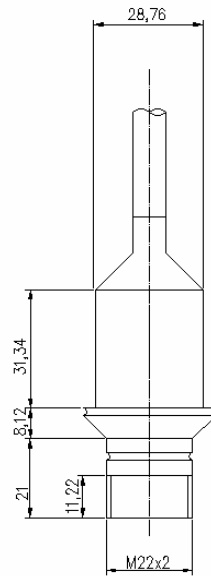


Figura 22 Dimensions connector

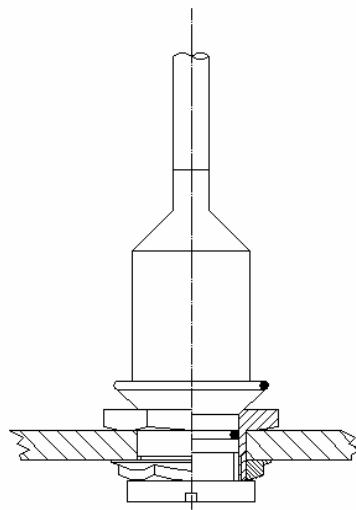


Figura 23 Muntatge connector



Figura 24 Tapa amb els accessoris muntats



Figura 25 Tapa muntada en el vehicle

La mànega elèctrica de que es disposa conté 4 cables de $1,5\text{mm}^2$ de secció i 4 parells trenats de fil rígid. Per a minimitzar caigudes de tensió s'utilitzaran 2 cables de $1,5\text{mm}^2$ per a l'alimentació a 24v i 2 per a l'alimentació a 0v. S'utilitzarà un parell trenat per al bus RS-485. Es connectarà la massa del vehicle a un dels cables restants. La resta de cables queden en reserva.

Es disposarà el convertidor en superfície en una caixa tancada amb els connectors necessaris en la seva tapa. Aquest convertidor estarà situat el mes a prop possible del Pc i de la font d'alimentació.

Per a alimentar el sistema es situaran 2 fonts d'alimentació en sèrie. Una de 12v i una de 30. Alimentarem a 12v el convertidor i a 42v els propulsors. En la figura 26 es pot veure la disposició de les fonts i d'altres elements

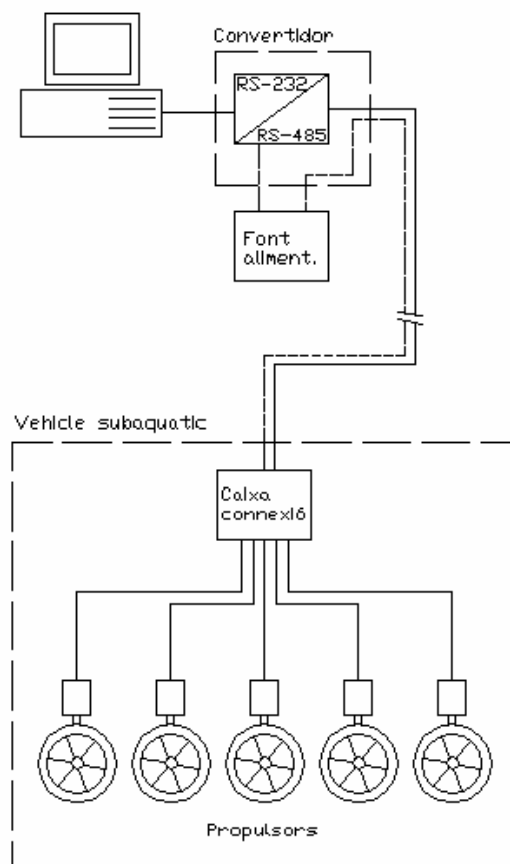


Figura 26 Disposició dels elements

5.3 VISTES DEL MUNTATGE I DEL VEHICLE ACABAT

A continuació es mostren algunes fotografies del procés de construcció del vehicle i del seu funcionament un cop finalitzat



Figura 27 Muntatge de l'estructura



Figura 28 Presentant elements

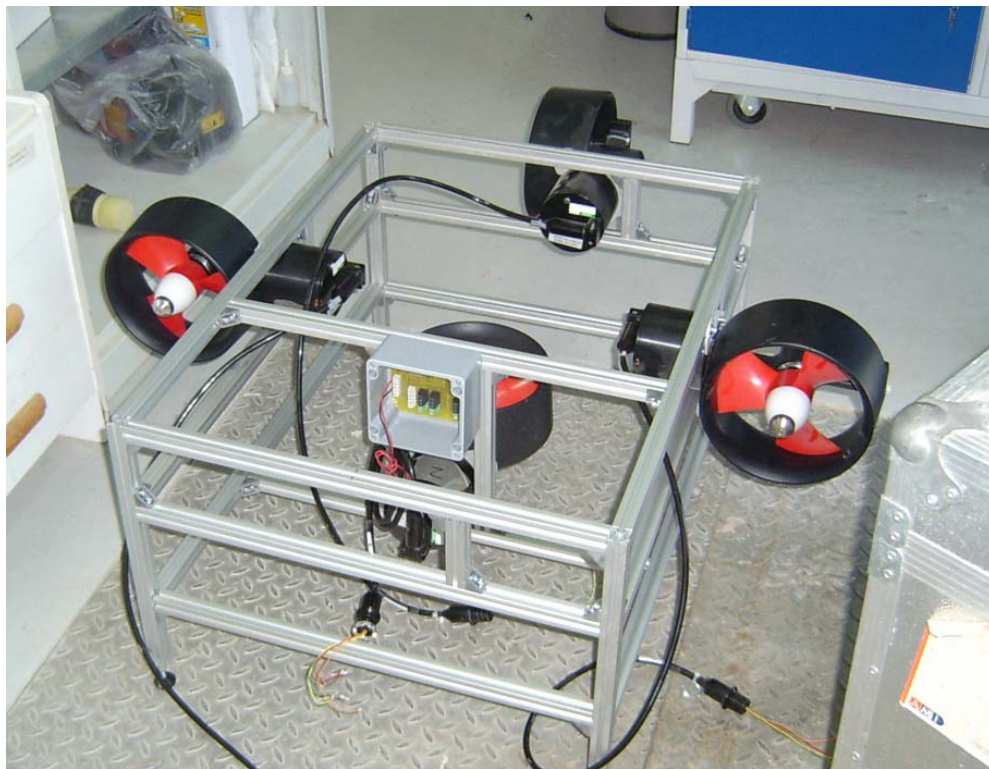


Figura 29 Disposició de motors



Figura 30 Construcció del flotador

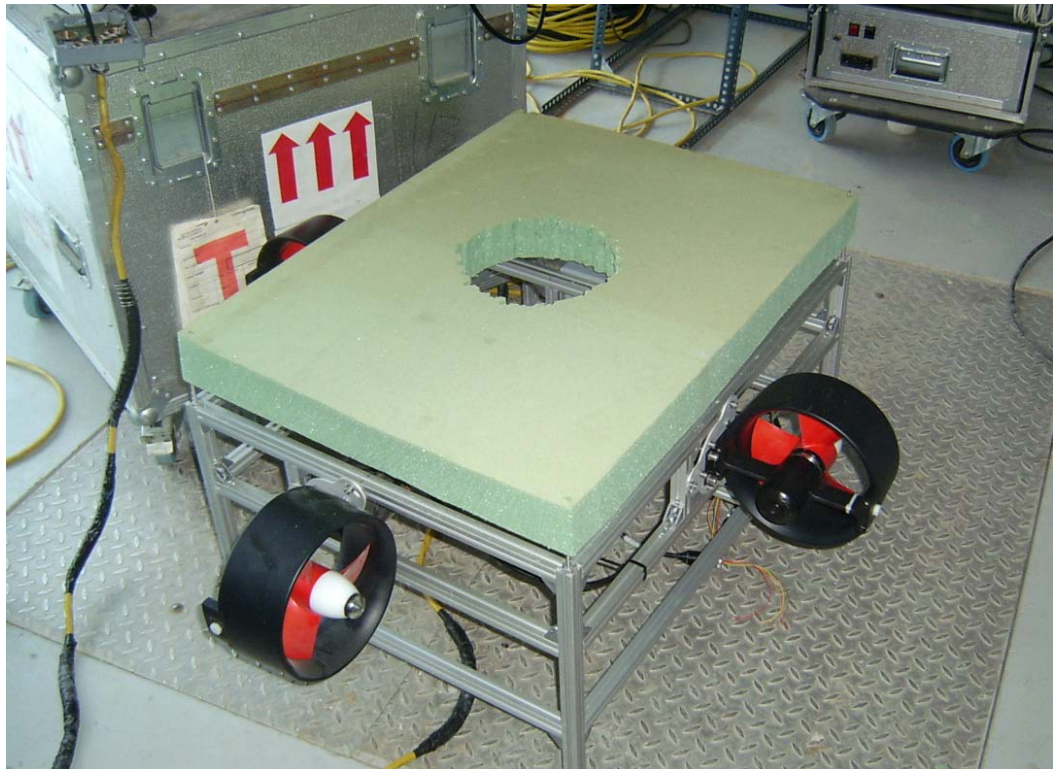


Figura 31 Construcció flotador

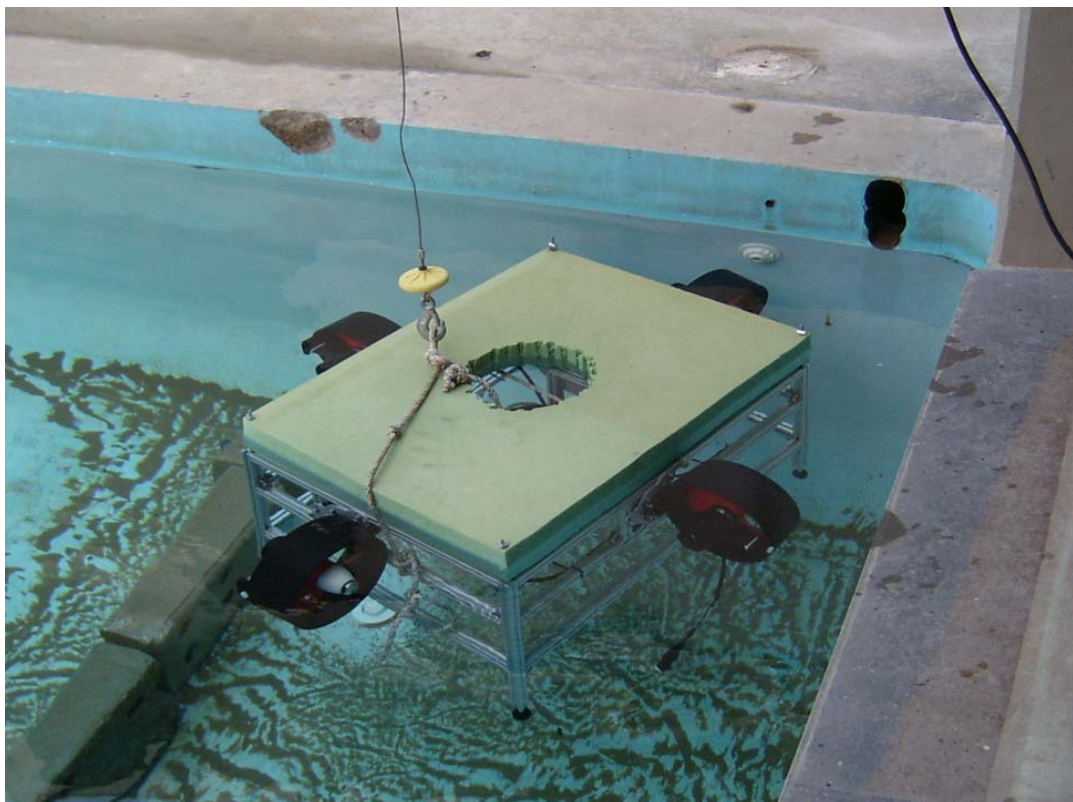


Figura 32 Primeres proves de flotació



Figura 33 Muntatge de la tapa



Figura 34 Segellat de la tapa



Figura 35 Flotador

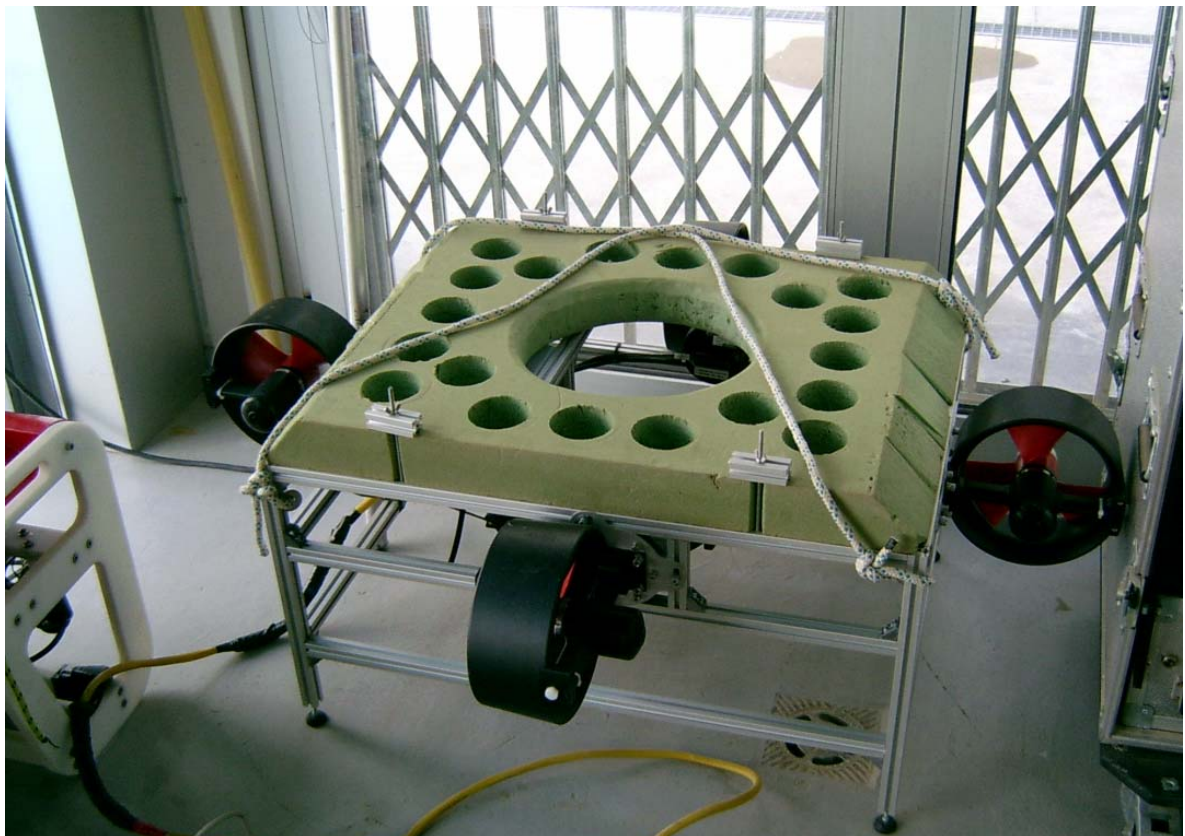


Figura 36 Vehicle finalitzat



Figura 37 Ordinador utilitzat durant les proves



Figura 38 Fonts d'alimentació

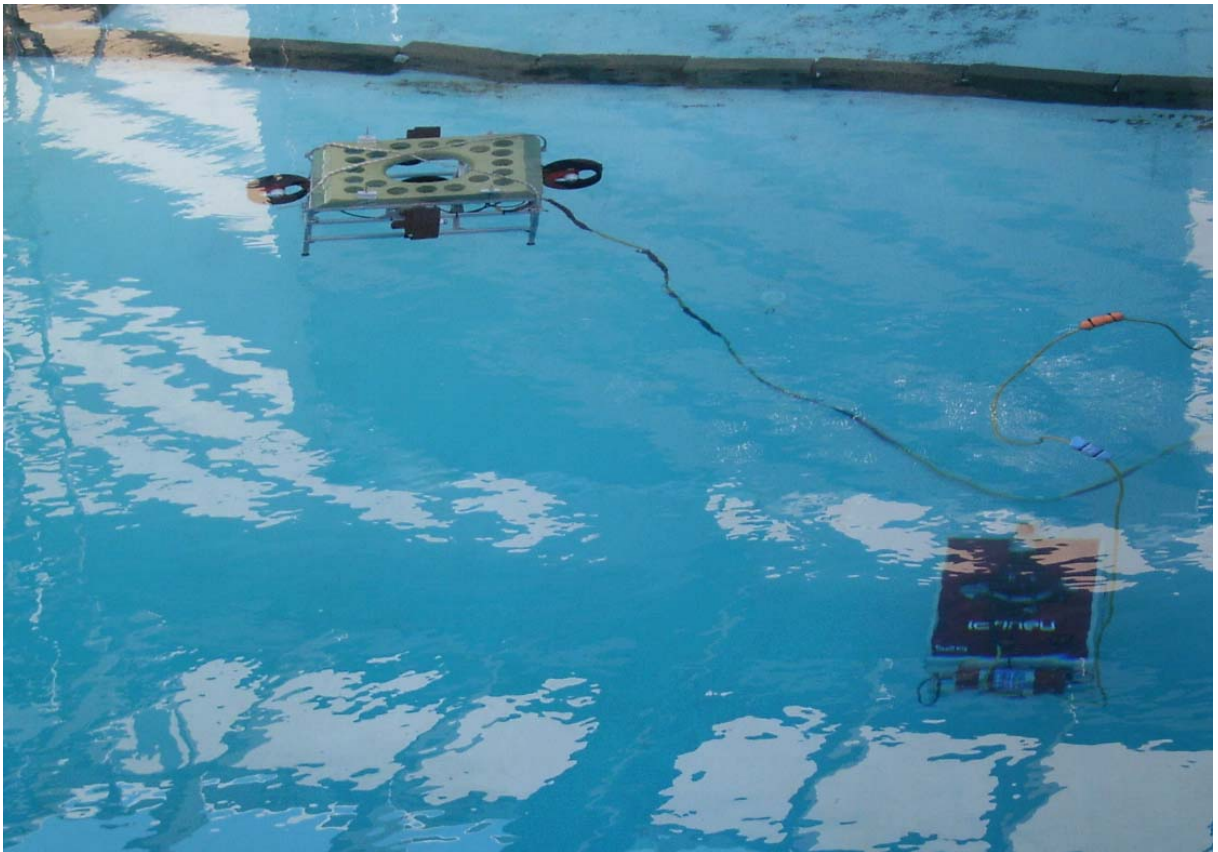


Figura 39 A l'aigua amb el "germà gran" ICTINEU

6- INTERFÍCIE GRÀFICA

6.1 REQUERIMENTS INTERFÍCIE

La interfície gràfica ha de permetre controlar independentment cada un dels propulsors. Ha de permetre visualitzar la informació enviada per cada un d'ells. Es controlaran els propulsors en tres modes diferents:

6.1.1 MODE FUNCIONAMENT INDIVIDUAL

En aquest mode només es podrà controlar un propulsor al mateix temps. En aquest mode es visualitzaran totes les dades del propulsor. A més es podran gestionar totes les comandes possibles per al propulsor. Permetrà programar el propulsor.

Aquest mode serà l'utilitzat en el moment de programar els motors i per a realitzar els assajos individuals.

6.1.2 MODE FUNCIONAMENT CONJUNT

En aquest mode es visualitzarà la velocitat de cada propulsor. Es permetrà l'assignació de consigna de cada un dels propulsors individualment.

Aquest mode no és pràctic dins l'aigua, però permet la verificació del funcionament de cada motor abans de l'ús del vehicle i durant les operacions de manteniment.

6.1.3 MODE FUNCIONAMENT CONTROLAT

En aquest mode es seleccionarà el desplaçament i direcció del vehicle i el programa s'encarregarà d'assignar les consignes adequades a cada un del propulsors. Permetrà també el gir del vehicle i el seu moviment vertical.

És el mode operatiu del vehicle un cop a l'aigua.

6.2 PANTALLES INTERFÍCIE

6.2.1 ELEMENTS GENERALS

En la part dreta de la pantalla, el switch Obrir Port Permet obrir un port. El port a obrir es pot seleccionar amb el Combo Box que està situat a sota. Si el port està obert el led Verd s'activarà.

Certs controls en les pantalles no estaran activats fins que el port no estigui obert.

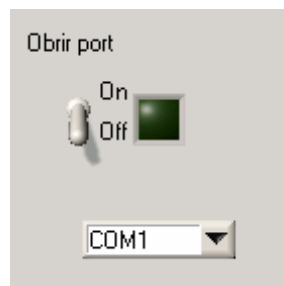


Figura 40 Controls de port

A la part inferior de la pantalla hi ha la finestra de missatges. Aquesta finestra mostrarà missatges respecte a l'estat de port, respostes a algunes comandes i missatges d'error en el cas que n'hi hagués. El pulsador Netejar esborra el contingut de la finestra.

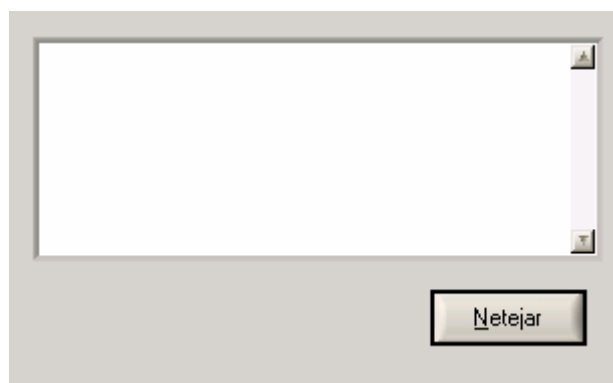


Figura 41 Finestra de missatges

A la part inferior esquerra hi ha la finestra de gràfiques. Aquesta finestra mostra els valors dels paràmetres dels propulsors. Es pot habilitar amb el control On/Off situat al costat.

El polsador gravar permet gravar les dades obtingudes en un arxiu de dades. El nom de l'arxiu es pot configurar en la finestra Nom Arxiu.

El polsador Netejar Esborra totes les dades preses fins al moment

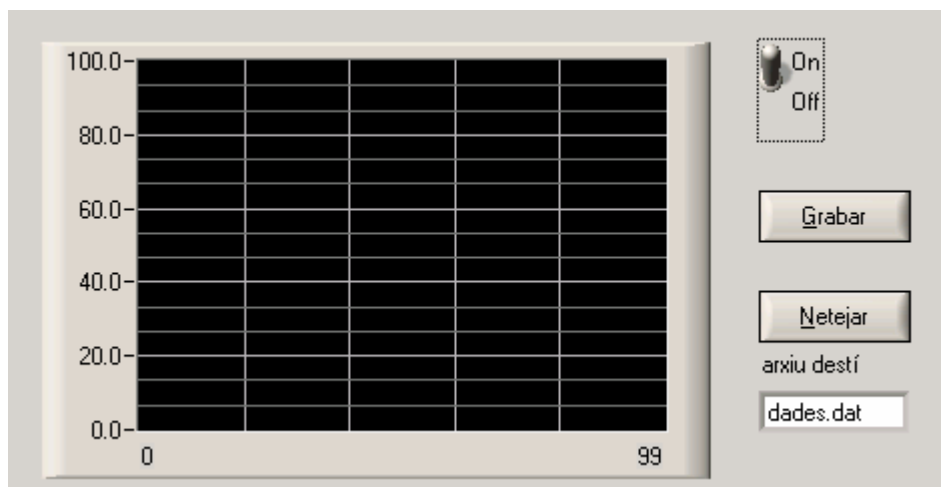


Figura 42 Controls de gràfiques

El polsador sortir permet tancar l'aplicació

En la part superior hi ha unes pestanyes que permeten seleccionar el mode de funcionament actiu. Els modes són els comentats abans.



Figura 43 Pestanyes modes de funcionament

6.2.2 PANTALLA INICIAL

Aquesta pantalla no és operativa, només mostra informació sobre l'aplicació. Mostra també la numeració de cada propulsor per a identificar-lo si es necessari.

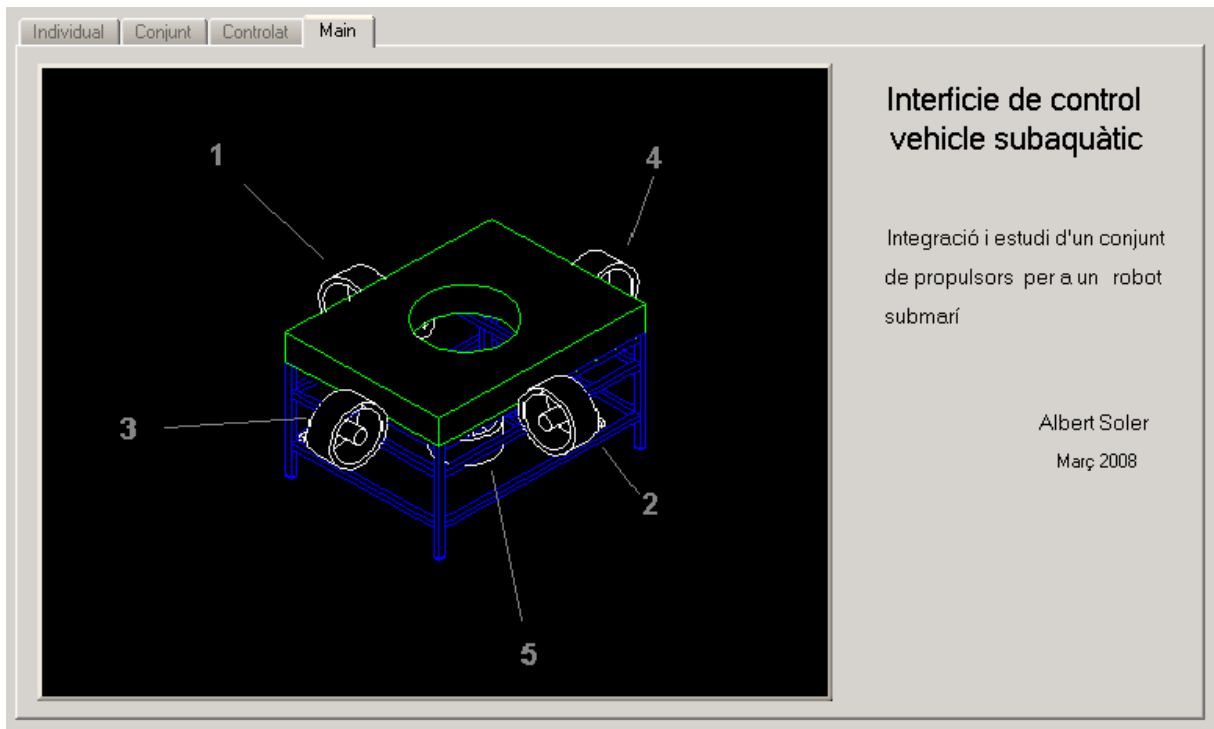


Figura 44 Pantalla inicial

6.2.3 PANTALLA DE CONTROL INDIVIDUAL

Aquesta pantalla permet el control complet d'un dels motors. Els seus controls s'especifiquen a continuació

6.2.3.1 Indicador de velocitat

Aquest indicador ens mostra de manera gràfica i numèrica la velocitat actual de gir

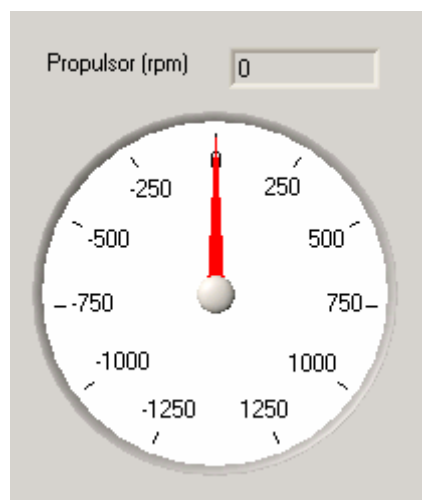


Figura 45 Indicadors de velocitat.

6.2.3.2 Indicador d'intensitat

Aquest indicador ens mostra la intensitat que circula per el propulsor.

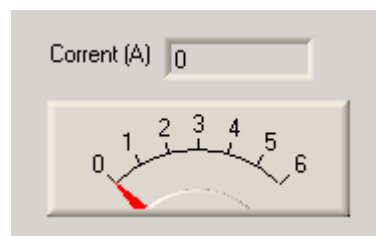


Figura 46 Indicadors d'intensitat.

6.2.3.3 Control de consigna de velocitat

Aquest control ens permet assignar una consigna al propulsor. Les consignes es donen en tant per cent i el seu rang es des de -100 a 100. Per motius de seguretat s'ha afegit un switch que deshabilita el moviment. Aquest control només esta activat quan el port està obert.

A més es pot seleccionar quin dels propulsors es vol controlar amb el control Propulsor.

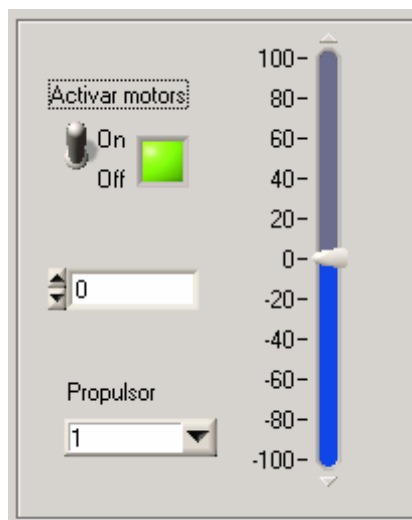


Figura 48 Controls de consigna de velocitat

El pulsador Stop atura el moviment del propulsor. S'ha dimensionat un pulsador bastant gran per a poder pulsar-lo fàcilment en cas de necessitar una aturada ràpida.

6.2.3.4 Controls d'altres comandes

Aquests polsadors permeten executar comandes específiques dels propulsors. Les comandes de lectures estan sempre habilitades. Les comandes de configuració, per seguretat, han de ser habilitades amb el switch corresponent.

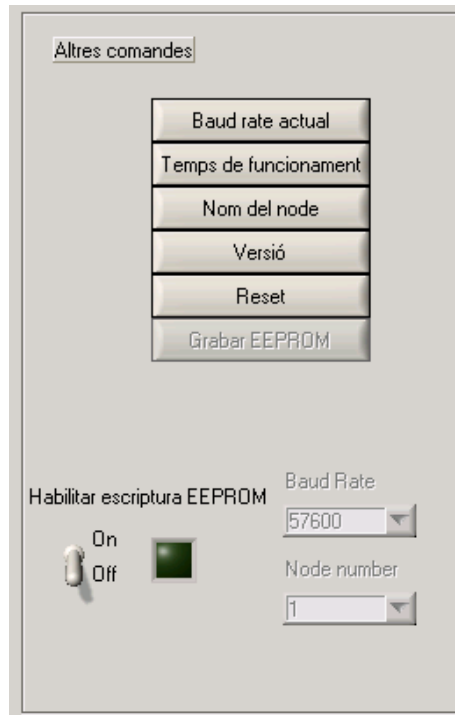


Figura 49 Controls altres comandes

6.2.4 PANTALLA CONTROL CONJUNT

Com en el cas del control individual existeix un switch de seguretat que permet deshabilitar els controls dels motors.

El switch Enable Feedback habilita la lectura de velocitat i intensitat dels propulsors.

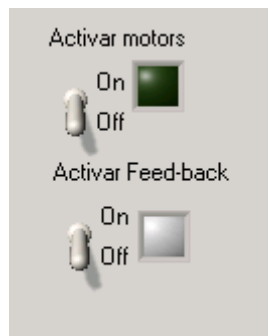


Figura 50 Switches de control

Per a cada propulsor existeix un control que permet seleccionar la consigna de velocitat. Incorpora un indicador de velocitat.

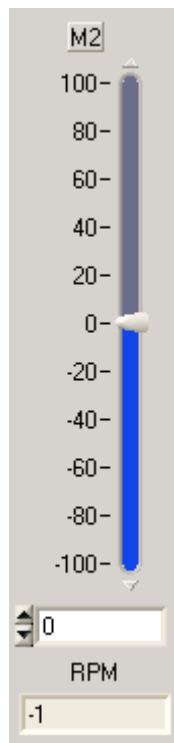


Figura 51 Control de velocitat

Existeix un check box en la part superior que serveix per a forçar la mateixa velocitat en els dos motors paral·lels. Permet desplaçar el vehicle en línia recta o comparar la velocitat de gir dels dos motors quan es fa una inspecció visual del vehicle abans del seu ús.

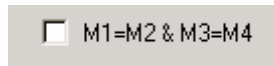


Figura 52 Forçat de funcionament simètric

6.2.5 PANTALLA FUNCIONAMENT CONTROLAT

Aquesta pantalla serveix per a operar amb el vehicle. A diferència de les pantalles anteriors en que assignàvem consignes als motors, en aquesta la magnitud que demanem es la força efectuada per el vehicle i la seva direcció i sentit. El programa s'encarrega de calcular les consignes adequades per a cada tipus de moviment.

L'algoritme utilitzat en el càlcul de consignes es basa en les fórmules obtingudes en l'Annex de càlculs.

6.2.5.1 CONTROLS DE MOVIMENT

El conjunt de polsadors de direcció permet desplaçar horitzontalment el vehicle en la direcció de la fletxa. En deixar anar el polsador el vehicle s'atura.

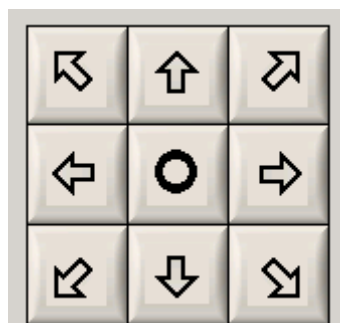


Figura 53 Controls de direcció

Existeix un control que ens permet ajustar de manera més fina l'angle de desplaçament. S'ajusta la direcció en la roda i a l'apretar el polsador el vehicle es desplaça.

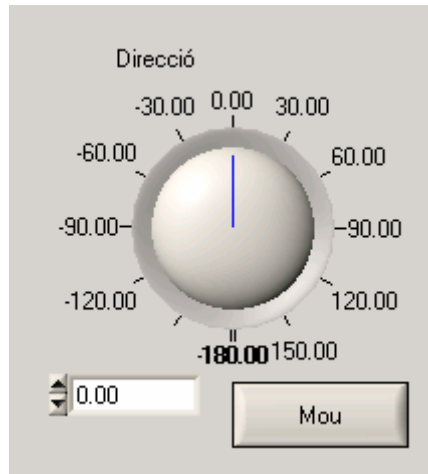


Figura 54 Control fi de direcció

6.2.5.2 CONTROLS DE GIR I MOVIMENT VERTICAL

Existeixen uns controls que ens permeten girar el vehicle sobre si mateix, girar el vehicle amb desplaçament i el moviment vertical.

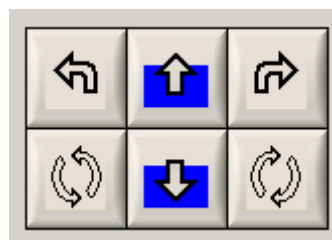


Figura 55 Controls de gir i moviment vertical

6.2.5.3 CONTROLS DE CONFIGURACIÓ

La força efectuada en el desplaçament i en els girs es configura mitjançant els controls de configuració.

Hi ha 4 controls de configuració diferents. El primer d'ells ajusta la força de desplaçament horitzontal (de 0 a 20 kgf.), el segon ajusta la força del desplaçament vertical (de 0 a 10 kgf.) mentre que el tercer ajusta el diferencial de força que s'aplicarà als motors anterior i posterior per efectuar un gir.

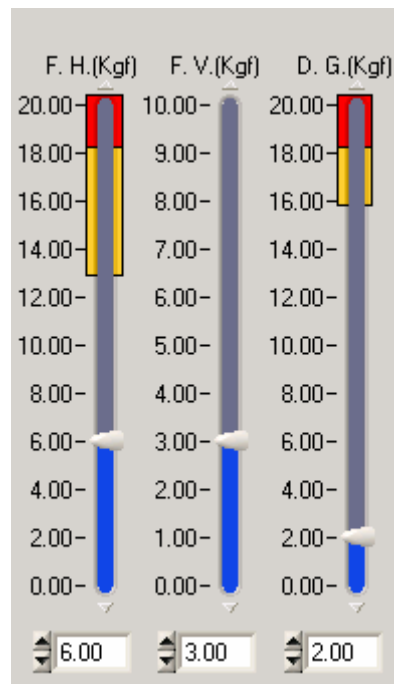


Figura 56 Controls de configuració de moviment

El quart control ens permet aplicar un offset d'ajustatge al motor de desplaçament vertical que anuli petites variacions de flotabilitat.

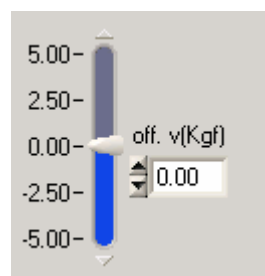


Figura 57 Offset força vertical

7- RESUM DEL PRESSUPOST

El cost total d'execució del present projecte/treball fi de carrera es de cinc mil quatre-cents cinquanta-dos euros amb vuit cèntims d'euro, sense i.v.a.

8- CONCLUSIONS

8.1 EL PROPULSOR

El propulsor s'ajusta a les característiques del fabricant. La informació subministrada per el fabricant és fiable. El Propulsor és potent, robust i fàcilment integrable en el robot que es pretén construir.

La xarxa dissenyada es considera adequada per a la seva implantació en el futur robot.

A continuació es mostren les equacions del model matemàtic del propulsor:

$$\left\{ \begin{array}{l} F = -1.262 \cdot 10^{-5} \cdot \omega^2 \rightarrow \omega \leq 0 \\ F = 1.399 \cdot 10^{-5} \cdot \omega^2 \rightarrow \omega > 0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{(Eq. 8)} \\ \text{(Eq. 9)} \end{array}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \omega = 14.68c + 421 \rightarrow -90 < c < -53.089 \\ \omega = 6.75c \rightarrow -553.089 \leq c \leq 53,625 \\ \omega = 14.75c - 429 \rightarrow 53,625 < c < 90 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{(Eq. 10)} \\ \text{(Eq. 11)} \\ \text{(Eq. 12)} \end{array}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F(c) = -0.0027196c^2 - 0.1559903c - 2.2367814 \rightarrow -90 < c < -52.7 \\ F(c) = -0.000575c^2 \rightarrow -52.7 \leq c < 0 \\ F(c) = 0.0006374c^2 \rightarrow 0 \leq c < 53.62 \\ F(c) = 0.0030437c^2 - 0.1770504c + 2.5747336 \rightarrow 53.62 \leq c < 90 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} \text{(Eq. 13)} \\ \text{(Eq. 14)} \\ \text{(Eq. 15)} \\ \text{(Eq. 16)} \end{array}$$

On:

F: Força efectuada per el propulsor en kgf.

W: Velocitat de gir de l'hèlix en rpm.

C: Consigna de gir en %

A continuació es mostren gràficament les equacions anteriors

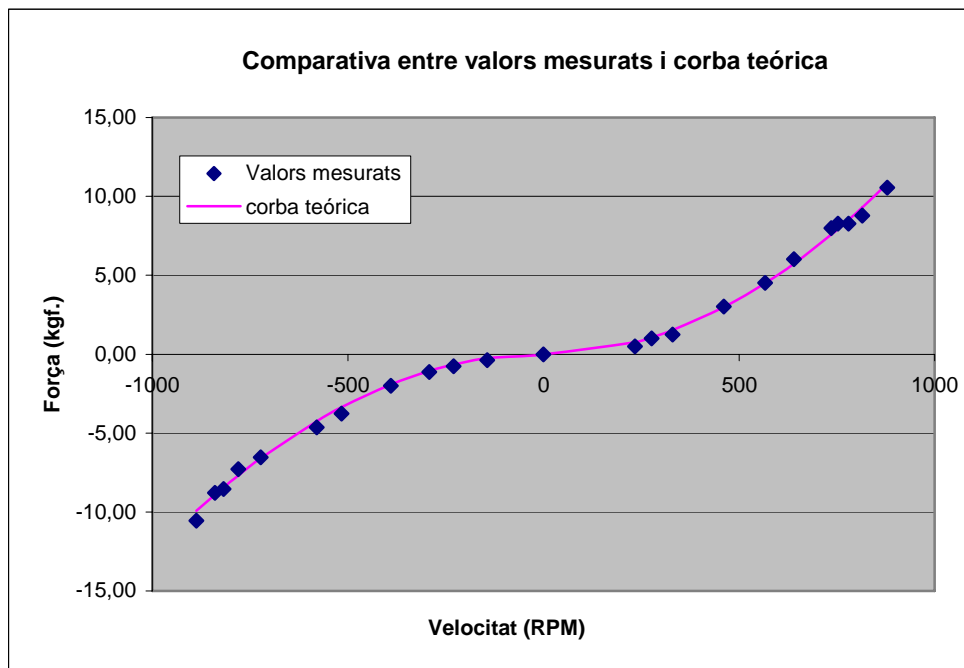


Figura 58 Força respecte velocitat

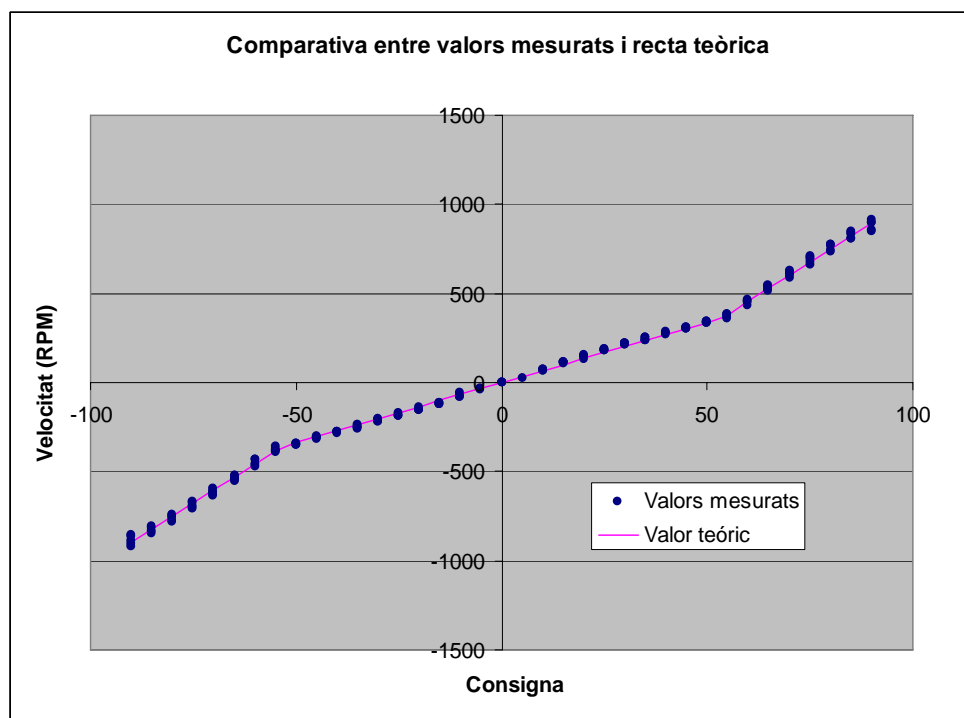


Figura 59 Velocitat respecte consigna

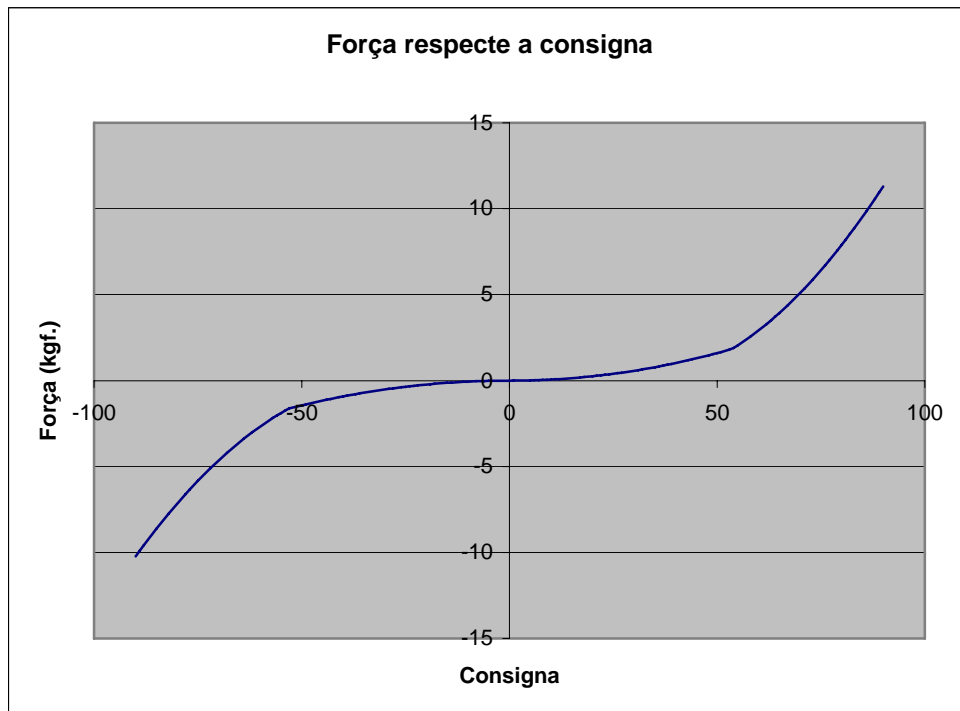


Figura 60 Força respecte consigna

El consum del propulsor respecte al la seva velocitat de gir es:

$$I(v) = 4 \cdot 10^{-12} v^4 - 2 \cdot 10^{-10} v^3 + 9 \cdot 10^{-5} v \quad (\text{Eq.17})$$

On:

I: Intensitat en ampers

v: Velocitat de gir en rpm.

Els temps de reacció respecte a consignes tipus escaló són molt curts, s'aproxima el sistema a un sistema instantani. No es consideren fenòmens transitoris, tot i que això no eximeix d'implantar un regulador en llaç tancat en cada un dels propulsors.

8.2 EL VEHICLE

El vehicle està operatiu i es podrà utilitzar en demostracions i per a provar dispositius.

S'ha comprovat el seu funcionament en l'aigua. El vehicle opera correctament en totes les direccions i efectua els girs correctament.

Petites desviacions per causes hidrodinàmiques s'aprecien a altes velocitats, però aquestes velocitats no s'assoliran habitualment en la piscina del laboratori a causa de les seves dimensions.

La configuració dels motors és adequada per al futur robot.

Albert Soler Hernández
Enginyer tècnic industrial esp. Electrònica

Girona, 18 de Juny de 2008

9- RELACIÓ DE DOCUMENTS

Aquest Projecte/Treball Fi de Carrera s'estructura en els següents documents: Memòria, plànols, plec de condicions, estat d'amidaments i pressupost.

10- BIBLIOGRAFIA

KHALID, SHAHID F.. LabWindows/CVI programming for beginners. National Instruments virtual instrumentation series. Prentice Hall. 2002

KHALID, SHAHID F.. Advanced topics in LabWindows/CVI. National Instruments virtual instrumentation series. Prentice Hall. 2002

PEREZ T, SOWERBY N., Thruster modelling, control and fault diagnosis for the seaeye falcon underwater remotely operated vehicle of the falcon. Technical report. Mechatronics research center. University of Wales. Newport

SEA EYE. Thruster SI-MCT01 instruction manual. Issue 7. 2006

11- GLOSSARI

Ack: Caràcter de la taula Ascii que significa missatge rebut. En el present treball fa referència a una trama buida que retorna el propulsor si la comunicació ha anat be.

Ascii: acrònim de American Standard Code for Information Interchange. Es un codi de caràcters basat en l'alfabet llatí.

Baud rate. Velocitat de transmissió de dades en una comunicació digital. Expressa els bits que es transmeten per unitat de temps.

Bit de paritat: Bit utilitzat en una trama per a verificar que no hi ha hagut errors en la transmissió. Pot ser parell o imparell.

Check box.: Control comunament utilitzat en aplicacions informàtiques que consta d'un requadre que pot estar marcat o buit. Permet manipular una dada binària.

Combo box: Control comunament utilitzat en aplicacions informàtiques en el qual en el moment de seleccionar-lo mostra una llista desplegable amb les opcions permeses.

Firmware. Software intern d'un component electrònic. En el present treball fa referència al software intern del propulsor.

Flotabilitat neutra. Per a que un cos tingui flotabilitat neutra en l'aigua cal que el seu pes sigui igual al pes del volum d'aigua que desplaça un cop submergit, o el que es el mateix, ha de tenir la mateixa densitat que el líquid on floti.

Node: En el present treball fa referència a cada un dels dispositius connectats a la xarxa de comunicació. Es a dir, els 5 propulsors i el PC de control

Switch: Control comunament utilitzat en aplicacions informàtiques que consta d'un commutador que pot estar activat o desactivat. Permet manipular una dada binària

Offset: Valor fix que es suma o resta a un paràmetre. Permet fer un ajustatge del punt de valor zero en un sistema.

Thruster: Motor que es basa en el principi d'acció i reacció. En català s'anomena propulsor. En el present treball fa referència als propulsors motiu d'estudi.