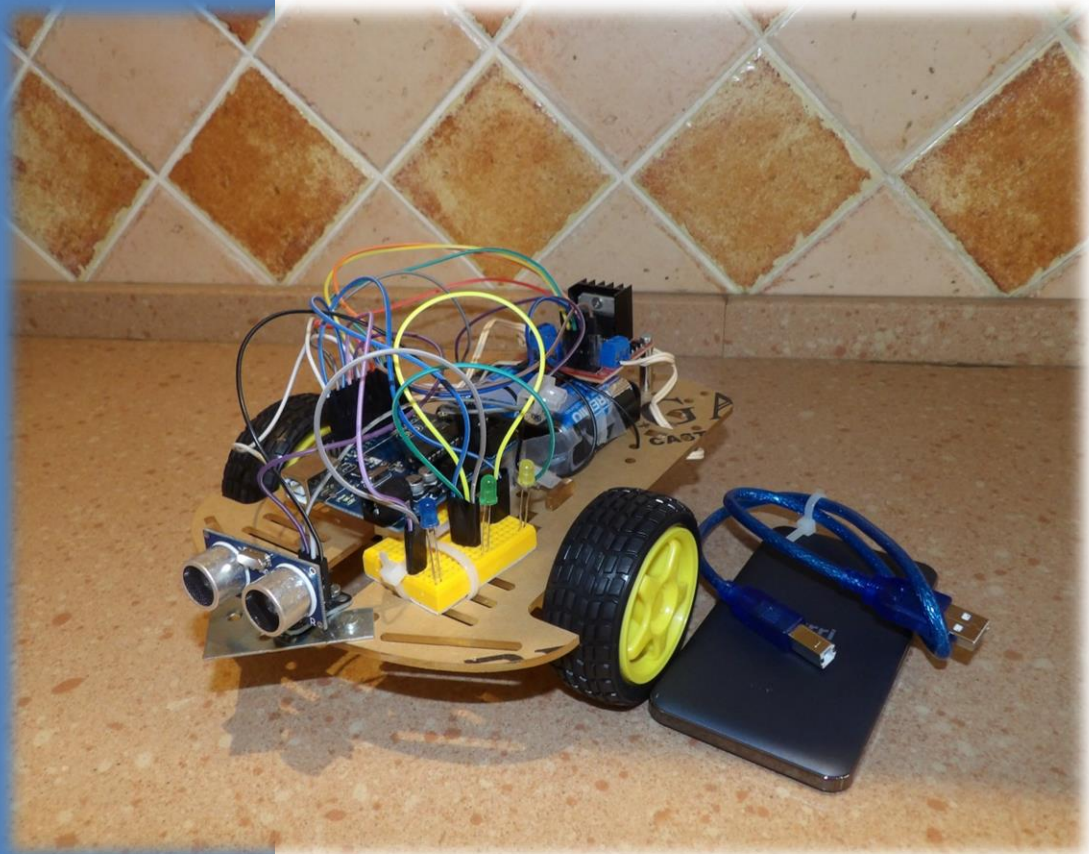


El món de la Robòtica

Estudi del món de la robòtica i construcció d'un robot.



Professor: Salvador Cabré

Alumne: Àngel Piera Garcia

Curs: 2n BATX B

Promoció: 2015-2017

ÍNDIX

1. Metodologia i objectius	3
2. Introducció	7
2.1. Història de la robòtica	7
3. El món de la Robòtica	20
3.1. Conceptes bàsics i parts de un robot	20
3.1.1. Sensors dels robots	21
3.1.1.1. Sensors interns	21
3.1.1.1.1. Sensor de posició	21
3.1.1.1.2. Sensor de velocitat	22
3.1.1.2. Sensors externs	23
3.1.1.2.1. Sensor de proximitat	23
3.1.1.2.2. Sensor de força	24
3.1.1.2.3. Sensor de tacte	24
3.1.1.2.4. Sistema de navegació	24
3.1.1.3. Telemetria	24
3.1.2. Actuadors del robot	25
3.1.2.1. Actuadors neumàtics	25
3.1.2.1.1. Cilindres neumàtics	25
3.1.2.1.2. Motors neumàtics	25
3.1.2.2. Actuadors hidràulics	26
3.1.2.3. Actuadors elèctrics	27
3.1.2.3.1. Motors de corrent continua (DC)	27
3.1.2.3.2. Motors pas a pas / Steppers	27
3.1.2.3.3. Motors de corrent alterna (AC)	28
3.1.2.4. Transmissors i reductors	28
3.1.2.5. Sistema de locomoció	29
3.1.3. Computador control	30
3.1.3.1. Microcontroladors	31
3.1.3.1.1. PLC (Programmable Logic control)	31
3.1.3.1.2. Arduino	31
3.1.3.2. Llenguatges de programació	32
3.1.3.2.1. Llenguatge C	32
3.1.3.2.2. Java	33

3.1.3.2.3.	Python	33
3.1.3.2.4.	NXC	34
3.1.3.2.5.	VHDL	34
3.2.	Tipus de robots i utilitats	34
3.2.1.	Segons la seva aplicació	35
3.2.1.1.	Robots industrials	35
3.2.1.2.	Robots de servei	36
3.2.1.2.1.	Robots de investigació	36
3.2.1.2.2.	Robots militars	37
3.2.1.2.3.	Robots mèdics	37
3.2.1.2.4.	Nano robots	38
3.2.1.2.5.	Robots educacionals	38
3.2.1.2.6.	Joguines robòtiques	38
3.2.1.2.7.	Robots imprimibles	38
3.2.2.	Segons la seva autonomia / forma de control	38
3.2.2.1.	Tele-operats	39
3.2.2.2.	Semi-automàtics	39
3.2.2.3.	Automàtics	40
3.2.3.	Segons la seva generació	40
3.2.3.1.	Robots de 1a Generació (Manipuladors)	40
3.2.3.2.	Robots de 2a Generació (Robots d'aprenentatge)	40
3.2.3.3.	Robots de 3a Generació (Robots amb control sonoritzats)	41
3.2.3.4.	Robots de 4a Generació (Robots intel·ligents)	41
3.2.3.5.	Robots de 5a Generació	41
3.2.4.	Segons la seva arquitectura	42
3.2.4.1.	Poli-articulats	42
3.2.4.2.	Mòbils	42
3.2.4.3.	Humanoide	43
3.2.4.4.	Zoomòrfic	43
3.2.4.5.	Híbrids	43
3.3.	Construcció del robot	43
4.	Conclusions	55
5.	Bibliografia	58
6.	Annexes	63

METODOLOGIA

El treball de recerca és un important treball al qual se li ha de dedicar molt de temps i estima per poder adquirir nous coneixements i assolir una bona nota, per tant escollir un bon tema és gairebé tan important com desenvolupar-lo com és degut.

Al principi no sabia ben bé sobre què fer el treball ja que hi ha molts temes a triar i moltes coses que m'agraden. Llavors, després de molt pensar, vaig recordar un tema per fer el treball, que hem va agradar molt feia uns anys i que hem seguia agradant, parlem de la robòtica.

Aquesta idea deriva del meu gran interès per les noves tecnologies, i que fa dos estius vaig tenir el plaer de poder assistir a un curs amb places limitades de robòtica a la Universitat Rovira i Virgili durant la segona setmana de Juliol. El curset va tenir una durada de 20 hores que es van repartir en 5 dies segons el papers d'inscripció, però per sort en van ser algunes més. En aquest curs vaig obrir els ulls a un nou món que coneixia i desconeixia al mateix temps, ja que era molt més complex del que pensava i hem va agradar. Durant aquella setmana vaig aprendre moltes coses bàsiques i em vaig quedar amb unes bones vibracions. Tornant a l'actualitat, aquest curs em va obrir a un nou món i ara tindrè, durant el transcurs del treball, l'oportunitat de poder aprofundir més sobre aquest tema, i qui sap, potser pot acabar fent-me decidir derivar els meus estudis superiors cap a aquest món.

A primera vista, i amb la poca experiència que vaig agafar en un curset (reconec que, en un principi, el coneixement que tenia no devia ser ni un 5% del que és la robòtica actualment) crec que la creació d'un robot no és tasca fàcil i m'ha portat molta feina. També he de dir que en un principi no tenia ni idea del que era programar en serio, i els coneixements de programació que tenia del curset, és cert que s'hi assimilen en el mode de pensar, però no a l'hora d'escriure el que vols que el robot faci.

Dit això, el treball està estructurat de la següent manera:

Primer es farà un estudi a la història de la robòtica en la introducció, per entendre els robots de l'actualitat, saber des de quan els robots existeixen (saber si és un tema emergent o

tradicional), estudiarem els robots més importants de la història i es mostrarà constantment la gran influència que ha tingut la ficció en la robòtica.

A continuació, la part del corpus està dividida en les següents parts: conceptes bàsics i parts d'un robot, tipus de robots i utilitats, i per últim, la construcció d'un robot.

La part de conceptes bàsics i parts de un robot, l'he dividida segons els següents criteris:

- Sensors dels robots; en aquest subapartat es comentaran, analitzaran i explicaran els diferents sensors que existeixen en el mercat, el seu funcionament, i que són indispensables per dotar al robot d'informació. Aquests sensors els he dividit en sensors interns i externs, segons quina sigui la relació amb l'exterior, i va subjecte a la meua interpretació sobre ells, ja que hi ha molts que són prou discutibles.
- Actuadors del robot; on analitzarem, explicarem i compararem els diferents tipus d'actuadors segons les seves característiques. Però no només analitzarem els tres tipus existents (neumàtics, hidràulics o elèctrics), també parlarem en aquest subapartat sobre el sistema de locomoció i els transmissors i reductors, parts que són indispensables per a un bon funcionament dels actuadors.
- Computador control; on presento l'esquema bàsic de funcionament d'un robot, i estudio els dos microcontroladors més importants (Arduino i PLC) i els llenguatges de programació més emprats avui dia.

Després de la part de conceptes bàsics, trobem la de tipus de robots i utilitats, on simplement analitzo i defineixo algunes de les diferents maneres de les quals es poden classificar els robots; ja sigui pel seu físic (arquitectura), antiguitat, aplicació i forma de control.

I finalment en el corpus trobem la part de construcció d'un robot que evita obstacles, on després d'investigar i aprendre conceptes bàsics, necessitats i història de la robòtica, es construeix un robot. En aquesta part s'explica quins materials es necessiten, com es munta el robot i s'ensenya a programar un robot de les característiques del triat que pot ajudar molt a aprendre les nocions bàsiques de programació en C a Arduino.

Tota la investigació ha sigut duta a terme mitjançant l'ús de llibres de la Biblioteca Xavier Amorós de Reus, llibres complets en PDF, amb un gran ús d'internet i finalment amb l'ús d'apuntes o seminaris en línia trobats a internet i recomanats per experts.

També ha estat possible fer el treball amb l'ajut de diferents persones que m'han aconsellat, ajudat i explicat conceptes que desconeixia o no acaba d'entendre. Una bona part del treball d'estudi de les parts dels robots i explicació de conceptes de màquines i funcionaments han estat possibles amb l'ajut del meu pare. I la part de construcció d'un robot, des d'arribar a

l'idea de fer el robot que s'ha acabat fent, fins a la programació, ha estat possible amb l'ajut de l'Associació de Robòtica de la URV; amb ells he estat repetidament el contacte en la construcció del robot i gràcies a ells he après a programar-lo en gran part, però no sol han ajudat a construir el robot, sinó també han revisat tot el contingut del treball i han aportat la seva opinió sobre els apartats, donat coneixements i ajudant a fer-me crític amb la informació i explicacions que s'han fet.

OBJETIUS

Primer que tot m'agradaria aprofundir en els meus pocs i bàsics coneixements sobre la robòtica actual i passada, per poder avaluar la seva importància real en el món actual; m'agradaria descobrir com va sorgir tot el tema (en quina època van aparèixer els primer robots i com han anat evolucionant), quines normes segueix la robòtica i cap a on pot acabar derivant a l'actualitat.

Segon, m'agradaria conèixer quines són les coses bàsiques que s'han de saber i tenir presents per a construir un robot, coneixent doncs les parts que poden constituir-ne un, aprofundir el que sé sobre sensors, com es programa un robot (què cal saber per programar i què es necessita), voldria saber si existeixen molts llenguatges de programació i quin és el més emprat.

I com a últim i uns dels principals objectius, construir un robot, dotant-lo d'útils sensors estudiats prèviament, utilitzant les peces/parts que hagi après que necessita i que siguin indispensables per al robot, també dotar-lo d'algun detall no tant important que el faci més interessant, com és el cas d'un bronzidor. També, com que soc conscient que l'hauria de programar per mi sol, utilitzar el millor programa i codi per a les característiques del robot que acabi fent i per últim m'agradaria ser capaç de poder cercar-li un de similar a la vida quotidiana amb el que es podria comparar el futur robot.

Dits els objectius, aquests m'agradaria que responguessin en generala les següents preguntes: Com de gran és el món de la robòtica? I quina dificultat té construir un robot?

Primer que tot voldria donar les gràcies al meu tutor del treball, el Salvador Cabré, pel suport i consells que m'ha donat durant el curs del treball, fent-me mirar cap a detalls i direccions adequades. També m'agradaria agrair als meus pares per haver-me ajudat molt en el treball, ja sigui explicant-me conceptes que no acabava d'entendre, aguantant que els hi estava demanant ajuda constantment per fer proves en el robot i per donar-me tan bons consells que m'han ajudat molt a arribar fins a aquest punt. També agrair en especial a la meva cosina Loreto Capilla per revisar-me, escoltar-me i aconsellar-me, i preocupar-se pel treball.

També gratificar a tota la meva família en general per haver-me escoltat en tot moment parlar sobre el treball i per haver-me ajudat i animat des del principi. També agrair al professor de la universitat URV, Albert Oller per posar-me en contacte amb l'associació de robòtica i haver-me donat la possibilitat de poder utilitzar material que finalment no ha estat necessari, però que agraeixo molt. I per últim, i molt més important agrair a l'associació de robòtica URbots de la URV, per haver-me ajudat i aconsellat; però en especial vull dirigir-me als dos encarregats de l'associació, Gerard Miró i Jordi Ramírez, vull agrair-los de tot cor per haver-me ajudat tant, per haver-me donat consells, revisat el treball, per estar sempre disposats a ajudar-me i resoldre'm dubtes, i el més important, per ensenyar-me a programar el robot que he fet. Sé que sense la seva ajuda no hagués estat capaç d'arribar fins aquí. Moltes gràcies nois, i moltes gràcies a tots el que heu fet possible aquest camí i projecte, espero no haver defraudat amb el projecte.

INTRODUCCIÓ

2.1. HISTÒRIA DE LA ROBÒTICA ¹

Encara que molta gent pensi i cregui que la robòtica radica d'aquest darrer segle XX i es desenvolupa molt ràpidament durant aquest segle XXI, cal dir que estan molt equivocats. I és que és molt fàcil caure en aquest error, ja que la tecnologia últimament està progressant molt ràpidament i això proporciona més facilitats a l'hora de crear un robot. Però realment la robòtica no ha estat creada com a tal recentment, no radica dels darrers dos segles, tot va ja començar a l'època egípcia amb les estàtues articulades religioses.

Els considerats com a primers "robots"², radiquen a l'antic Egipte (aprox. 2000 aC). Aquest "robots" consistien en figures religioses articulades amb mecanismes mecànics on un sacerdot les manipulava d'amagades per fer creure a la civilització que era un missatge dels Déus, tot i que sembla que no sigui un robot tal i com es coneix actualment, és on van començar el seu desenvolupament.

Un exemple és la cara d'Anubis, on el seu sacerdot, des del darrere el podia manipular, i amb l'ajut d'un tub es podia comunicar amb els assistents i dir tot el que interessava.



Més endavant, a l'època dels grecs (aprox. 100 aC) es van perfeccionar els sistemes mecànics i els van introduir en àrees com l'agricultura, fent maquinàries, però efectives. Un exemple és Heró d'Alexandria que va fer un sistema de circulació de l'aigua o sistemes d'apertures de portes molt avançat per a l'època. Però també van introduir els seus nous coneixements en l'àrea

Fig. 1. Cara Anubis articulada.³

¹ Informació extreta de: Fundamentos de la robòtica (1997: 2-8), Robòtica: manipuladores y robots móviles (2001: 2-3), El gòlem i els fets miraculosos del Mahral de Praga (2013: 7-26), Historia de los robots (Documental), Robots de la antigüedad (Documental 2014), www.es.slideshare.net, www.educaixa.com, www.slideplayer.es/slide/2261813/, www.elmundo.es, www.lacantimploraverde.es, www.leyendasdetoledo.com, www.itespresso.es, www.elpais.com, www.japantimes.co.jp, www.adept.com i www.ri.cmu.edu

² No eren robots autosuficients, però es consideren com una introducció.

³ Figura exposada al Museu del Louvre (Paris, França).

de la robòtica, fent ja els primers autòmats⁴ capaços de funcionar sense la intervenció continua humana, i la seva utilitat es limitava a entretenir a la reialesa.

Molts d'aquests avenços van ser duts a terme gràcies al fet que l'enginyer Heró, va descobrir que al escalfar l'aigua, aquesta s'evaporava, fet que produïa que s'expandís i que el seu volum variés, i es podia aprofitar aquest principi per moure objectes, i així molts dels seus invents aprofitaven aquest principi com a font principal.



Fig. 2. Mecanismes d'Heró.⁵

Durant la cultura àrab (segles VIII a XV), aquests van utilitzar els coneixements mecànics i d'autòmats principalment per a la pràctica, més concretament per a la vida quotidiana de la reialesa, com per exemple, en dispensadors per beure i rentar-se. Aquesta etapa n'és un gran exemple de cap a on tendeix a derivar més l'ús d'aquestes màquines en l'actualitat, ja que van deixar a un segon pla l'apartat de diversió per anteposar la seva utilitat per ajudar-nos.

Durant aquest període, cal esmentar que al segle XIII, van sorgir les històries de l'*Home de Ferro* de Carlemany i la del *Cap Parlant* de Roger Bacon, aquest suposats autòmats podrien ser reals, tal i com mostren les seves poques referències, que a la par fan dubtar de la validesa i els transforma en mites.

Al segle XIV, Alatzell va redactar diverses coses molt avançades a la seva època sobre els robots, a la par que en va dissenyar algun per a entretenir al rei, i d'altres d'abocar l'aigua; aquest es diferenciava de la resta ja que la seva idea de robot era aplicar-los per ajudar en tasques de la llar, aprofitant com feia Heró l'aigua per crear força i moure els seus complexos robots que posseïa principalment la reialesa. També un autòmat molt conegut d'aquesta època és el Gall d' Estrasburg, d'autor desconegut. Aquest autòmat servia per donar les hores movent les ales i el pic, i és el més antic que es conserva.

Durant els segles XV i XVI, a l'època del renaixement, alguns enginyers es van endinsar molt en aquest tema, com és el cas de Leonardo da Vinci, que va aportar molts nous coneixements sobre la dinàmica, especialment sobre la de l'aigua, la qual va estudiar amb profunditat. També els seus estudis sobre la mecànica van propiciar a creure que en un futur els autòmats⁶ podrien ser una realitat. També s'assegura que Da Vinci, l'any 1499, que va

⁴ Un autòmat es una maquina que imita la figura i moviments d'un ser animat.

⁵ https://www.educaixa.com/microsites/ilusionismo/mecanismo_heron/ [Consulta: 16-08-2016].

⁶ Amb autòmats es refereix a robots com els coneixem actualment, però encara no el nom actual no existia.

fer per al rei Lluís XII de França, un lleó autòmat que s'obria el pit amb la seva garra i mostrava l'escut d'armes del rei. D'aquest autòmat no es conserva cap apunt directe de Da Vinci de la seva realització, ni dibuixos ni es conserva el mateix lleó original, ja que es creu que es va perdre. Però tots els seus apunts sobre mecanismes apunten que el va fer. De fet, un restaurador anomenat Boaretto Renato, amb ajut d'aquests apunts i descripcions escrites d'aquella època per altres persones, ha recreat aquest lleó, el qual es trobava en una exposició al Castell Clos Lucé (França) fins al gener del 2010. Un altre projecte en el qual Leonardo va treballar i va deixar constància escrita, va ser el de la creació d'un autòmat de forma humanoide, el qual pretenia imitar els gestos humans. No es té constància de que fes aquest projecte físicament, però va deixar tants apunts que en l'actualitat l'han recreat. Bàsicament aquest autòmat tenia forma humana, era de ferro i es movia a base d'engrenatges i cordes que es tensaven i destensaven per crear moviments simples.

Altres autòmats importants d'aquesta època, en especial per a Espanya, segons una llegenda que apunta a ser veritable, diu que l'any 1525, Juanelo Turriano, un rellotger de professió i enginyer, va construir a Toledo un autòmat anomenat *El Hombre de Palo*. Conta



Fig. 3. Hombre de Palo. ⁷

la llegenda que aquest autòmat es dedicava a moure's per la ciutat demanant caritat per a la construcció d'un nou hospital. Curiosament es movia per les zones més transitades i turístiques de la ciutat, cosa que fa pensar i es creu que el posaven allà i aquell autòmat; que tenia forma d'home i caminava, movia cap, ulls, boca i braços; era real, i fins i tot s'han escrit llibres afirmant que existia. De fet coneixent que el situaven en llocs estratègics, feia aquells limitats moviments i que la tecnologia d'aquella època unida a que ell era rellotger fa creïble que l'autòmat fos real. També se sap que aquest autòmat suposadament va anar passant de ma a ma fins que es va perdre la seva pista, aquest fet probablement és el que el converteix principalment en llegenda. També cal dir que aquesta llegenda atrau molts turistes curiosos a la ciutat de Toledo, on fins i tot se li ha dedicat un carrer.

la llegenda que aquest autòmat es dedicava a moure's per la ciutat demanant caritat per a la construcció d'un nou hospital. Curiosament es movia per les zones més transitades i turístiques de la ciutat, cosa que fa pensar i es creu que el posaven allà i aquell autòmat; que tenia forma d'home i caminava, movia cap, ulls, boca i braços; era real, i fins i tot s'han escrit llibres afirmant que existia. De fet

⁷ <http://elbichocurioso.blogspot.com.es/2014/03/juanelo-y-el-hombre-de-palo.html> [Consulta: 17-08-2017].

Un altre fet important del segle XVI, és el mite del Gòlem de Praga. Cap al 1580, el mite diu que el Rabi⁸ Judah Leow, conegut en aquella època com el Maharal de Praga, va construir un Gòlem⁹ autòmat de fang provinent del riu Moldavia, amb la finalitat de defensar als jueus. Però amb el temps aquest ja va complir totes les seves tasques d'heroi i fou apagat pel propi rabí. Tot i ser un mite, i no tenir cap validesa real demostrable, aquesta història ha estat un element clau per a totes les següents històries de robots.

Durant els segles XVII i XVIII, es van crear un bon nombre d'enginyers mecànics molt semblants als robots que coneixem avui dia. Tots ells tenien les mateixes característiques: principalment servien per a entretenir a les corts i eren creats a base de mecanismes de rellotgeria molt complexos, perquè els artesans pertanyien al gremi de la rellotgeria i dominaven el tema. Degut a la poca electrònica d'aquella època, els mecanismes de rellotges eren una molt bona alternativa per a fer autòmats i principalment utilitzaven elevadors de bronze, al haver molts, els canvis de posició mentre giren els mecanismes provocaven el moviments de l'autòmat. Les formes d'aquests principalment eren formes humanes, animals o recreacions de pobles. Els autors més influents d'aquella època foren Jacques Vaucanson i Pierre Jauqte Droz,.

Jacques Vaucanson és recordat per ser l'autor del primer telar mecànic, per construir varis ninots animats, on destaca un que representava a un flautista i era capaç aquest autòmat de tocar alguna melodia i l'altre molt famós un ànec (1778) amb la capacitat de fer soroll, beure, menjar, digerir i defecar el menjar.



Fig. 4. L'escriptor de Henry Maillardet.¹⁰

Pierre Jauquet Droz i els seus fills Henri-Louis i Jauquet van construir varis ninots autòmats, dels quals destaquen un que sabia escriure alguna paraula (1770), un que podia dibuixar (1772) i un que podia tocar alguna melodia a l'orgue (1773). Tots aquest ninots autòmats van causar molt de furor en aquella època i encara es conserven en el museu d'Art i Història de Neuchâstel a Suïssa. Parlant de ninots automatitzats podem mencionar que Henry Maillardet, també en va fer alguns, dels quals destaca un que també podia dibuixar a principi del 1800 i es troba actualment a Filadèlfia on encara fa dibuixos perfectes. El més curiós de tot és que quan aquest autòmat va ser adquirit per peces pel museu de Filadèlfia, no es sabia l'autoria i es descobrí reconstruint-lo amb els plànols.

⁸ Un rabí és un mestre o doctor de la llei jueva.

⁹ Un gòlem és una antiga paraula grega que defineix una criatura d'argila de forma humana creada de manera artificial per virtut màgica i gràcies a Déu.

¹⁰ <http://www.monografias.com/trabajos86/grandes-inventores/grandes-inventores2.shtml> [Consulta 17-08-2016].

Al mateix temps a Orient, els inventors xinesos i japonesos estaven desenvolupant nous autòmats amb

finalitats d'entretenir i ajudar. D'entre aquest destaca la nina autòmata del te que s'impulsava amb ajuda de ressorts¹¹ i portava una petita tassa de te a uns metres endavant. El més sorprenent de tot és que els materials que van fer servir no eren durs, el contrari, utilitzaven materials flexibles com el bambú per a les creacions. Aquest ús dels materials va ser el més destacable de les creacions pel gran domini que tenien sobre aquest tipus de material.

El 1816, es va escriure potser un dels llibres més conegut de robots i ciència ficció, estem parlant de Frankenstein, un robot que va ser creat de forma humana i que es tornà boig i volia acabar amb tot el que li sortia per davant. Aquest llibre tenia com a principal objectiu mostrar l'amenaça que podia aportar la tecnologia nova, en especial els robots. Arran d'aquesta novel·la es van fer moltes, amb argument de què els robots no ens voldrien sol obeir, sinó que ens voldrien manar i convertir en els seus esclaus. En aquesta època la tecnologia representava molt de respecte, ja que avançava a passos molt grans i la gent que no entenia molt, tenia molta por i sol veia el seu potencial de manera negativa i als seus creadors com a uns revolucionaris als quals témer.

A finals del segle XVIII i principis del XIX, la robòtica va produir unes increïbles màquines principalment per al sector tèxtil. On per primer cop a inicis de segle (1801) Joseph Jacquard va crear amb més de cent cartes de fusta una espècie de memòria en forma de patrons per crear diferents dissenys de tèxtil per al seu telar. Aquest dispositiu va ser la primera cosa amb capacitats per ser programada. També hi destaquen a finals de segle la filadora giratòria de Hargreaves, la filadora mecànica de Crompton (1779) i el telar mecànic de Cartwright (1785). A partir d'aquests nous invents es van introduir els dispositius mecànics a la producció i això va automatitzar la indústria per primer cop a la història.

L'any 1833, l'anglès Charles Babbage va inventar el primer ordinador. El seu motor analític funcionava principalment a base d'engrenatges de bronze i era capaç d'emmagatzemar i calcular 1500 dígits.

Gràcies a la incorporació de l'electricitat, aquesta va ser capaç d'alimentar els grans telers automàtics i l'any 1876 va aparèixer un grup d'autòmats de forma humana i mida real, que representava a una banda completa de músics que eren capaços de tocar melodies davant d'una audiència. A finals del 1800, Thomas Alva Edison, amb la creació del fonògraf, va donar pas a la creació d'una nova col·lecció de joguines capaces de cantar, però aquestes no van tenir gaire èxit per causar por als infants degut a les seves males veus i dificultat d'ús.

¹¹ Són operadors elàstics que emmagatzemen energia i la retornen automàticament. Són exemples les molles.

En el segle XX, les novel·les, relats i films cinematogràfics continuaven amb l'afer de seguir

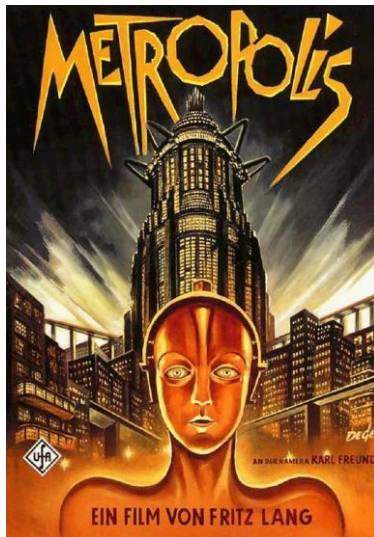


Fig. 5. Cartell pel·lícula *Metropolis*.¹²

mostrant robots fora de control per reivindicar la perillositat de les màquines sense ànima, cosa que associaven amb la possible maldat. L'any 1921, per primer cop a la història, es fa servir la paraula robot, gràcies a l'escriptor txec Karel Capek, que estrenà en el teatre nacional de Praga l'obra *Rossum's Universal Robot (R.U.R.)* Aquesta paraula prové d'una paraula eslava *robot*, que significa treball realitzat forçadament. Després d'aquest ús de la paraula en aquest significat nou, es pensava que la paraula cauria en desús però va continuar sortint en novel·les i en el cinema per primer cop a la pel·lícula de Fritz Lanz *Metropolis*, basada en

la novel·la feta per la seva dona, Thea von Harbou, l'any

La diferència vertadera entre un autòmat i un robot, és que aquest segon és capaç de reaccionar amb el medi ambient perquè té una intel·ligència artificial (IA) de la mida que sigui, i no sols fa una acció continua repetitiva. Però tots dos realment tenen una gran similitud.

Aquestes històries de robots van inspirar molt a les novel·les dels 50 anys següents sobre aquest tema i van crear a la par un gust per les màquines robòtiques avançades al públic, on l'any 1930 un suposat robot molt avançat als demès anomenat *Alpha* construït per a una Exposició britànica va tenir molt èxit, ja que podia establir una conversació continuada amb el presentador i movia el que se'l demanava però probablement tot ja estava preparat i no era tan autònom.

En aquella època, més concretament el 1939, el robot més avançat de tots era el de l'enginyer J.M Barnet, *Elektro*; un robot de 130 kg, 11 motors i 48 servomotors¹⁴. Fou preparat principalment per a l'exposició de Nova York. Aquest robot era capaç de caminar, moure's i establir una conversació de



Fig. 6. Robots Elektro i Sparko.¹³

¹² http://www.eldiario.es/clm/cinetario/Diseccion-Metropolis-Fritz-Lang-genetica_6_420367973.html [Consulta: 18-08-2016].

¹³ <http://cyberneticzoo.com/robots/1940-sparko-the-robot-dog-american/> [Consulta: 18-08-2016].

¹⁴ Motor auxiliar destinat a comandar un servomecanisme, que és un dispositiu mitjançant el qual s'aconsegueix que un sistema mecànic subordinat, de potència superior a la de l'òrgan de comandament, operi d'acord amb les ordres transmeses per aquest òrgan.

qualsevol tema amb qualsevol persona. Aquest robot després el van fer servir per a fer exhibicions i l'any 1940 se'l va acompanyar d'un gos robòtic anomenat *Sparko*, el qual bordava i es movia mínimament. Tots dos van millorar la mala imatge que les novel·les volien donar dels robots i van causar molt d'èxit. Però es va descobrir, sense afectar a la seva imatge, que realment *Elektro* no era capaç de parlar per si mateix al 100%, i ho feia una persona per darrere enganyant a la gent, així podia parlar de tot tema amb qualsevol. Aquest fet recorda al que feien els egipcis i el que va passar al renaixement amb l'autòmat creat per Leonardo Torres Quevedo, que construï un autòmat que podia guanyar a tothom als escacs, fins i tot a Napoleó Bonaparte es presumeix, però el que realment passava era que s'hi amagava una persona l'interior. Per tant aquest tipus d'enganyifes no són cap novetat mirant al passat.

El 1928, els japonesos van realitzar el seu primer robot. Aquest s'anomenava *Gakutensoku* i fou creat pel biòleg japonès Makoto Nishimura, el qual, amb la pel·lícula *Metròpolis*, filmada al seu país, es va influenciar del nou estil de robots. Però no volia fer un de dolent i volia fer un que fos ideal. El nom d'aquest robot significa <<aprenent de la llei de la naturalesa>>, i aquest robot, tenint forma humanode tan sols podia fer expressions facials bastant reals amb l'ajuda de mecanismes de pressió d'aire.

Més tard, després de que els robots milloressin la seva imatge amb *Elektro* i *Sparko*, l'escriptor i professor d'universitat Isaac Asimov al 1945 en una història per la revista *Galaxy Science Fiction* va publicar les tres lleis de la robòtica que després utilitzà en totes les seves histories.

1. Un robot no pot perjudicar a un humà, ni tampoc sense actuar ell que es permeti que un humà sigui danyat¹⁵.
2. Un robot ha d'obeir les ordres d'un ésser humà, però no pot obeir cap que entri en conflicte amb la primera llei.
3. Un robot ha de protegir la seva existència, però si aquesta interfereix amb la vida humana no pot protegir-se a si mateix.

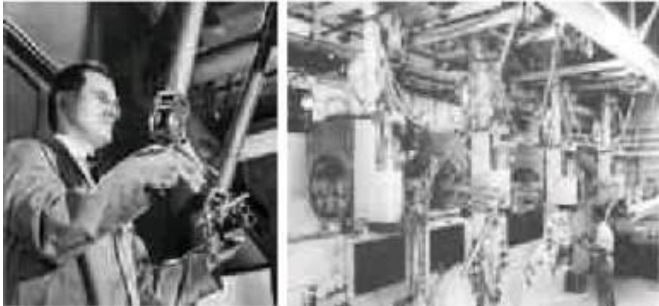
Més tard, al 1985, en la novel·la *Robots i Imperi*, Isaac Asimov va afegir una quarta llei:

4. Un robot no pot perjudicar a la humanitat o, per falta d'acció, permetre que la humanitat pateixi mals.

Aquesta última llei, tot i arribar més tard, pretenia anteposar-se a la primera de les altres tres lleis. Cal dir que Assimov va divulgar la robòtica d'una manera increïble que ningú ho havia fet fins llavors i fins ara.

¹⁵ La segona part vol dir que sempre hauria d'actuar per assegurar el ben estar humà.

Tornant a la cronologia, al 1948 després de l'èxit de les escriptures d'Assimov i les seves lleis, es va crear el primer telemanipulador de la història. Creat per R.C Goertz del Argonne National Laboratory, creà una màquina que podia manipular elements radioactius sense sotmetre a les persones ja que es feia controlar des de una distància segura fent servir un dispositiu mecànic mestre-esclau. Tota la feina era duta a terme des de la distància per un



operador, el qual observava el que succeïa des de un cristall molt gros. Més tard, al 1954, aquest mateix inventor va perfeccionar el seu manipulador fent servir l'electrònica en tot el sistema i així creà el primer telemanipulador de servocontrol bilateral¹⁷.

Fig. 7. Telemanipulador de Goertz (1948).¹⁶

Retornant al èxit d'Assimov, i les seves escriptures que revolucionaren molt el món de la robòtica, les novel·les i filmografies van utilitzar aquest nou món per a les seves històries i imaginar coses inexistents però que entusiasmen molt. Un exemple és la pel·lícula del 1956, *Planeta perdut (Forbidden planet)*. Amb la gran influència d'Assimov, aquest film tenia un robot com a personatge principal, el qual complia amb les lleis d'Assimov i així es mostra en el film, on li donen l'ordre al robot de disparar contra un humà i aquest entra en un dilema que el curtcircuita. El robot, anomenat *Robbie* tot i ser de la ciència-ficció va ser construït a la vida real per al film i moltes coses que feia a la pel·lícula ho feia realment ell, menys tenir la seva intel·ligència artificial. Aquest va costar 125.000 \$, preu desorbitat per aquella època. El disseny del robot *Robbie*, estava basat en la ciència destacant que tenia tres giroscopis i un ordinador com a estabilitzador al cap, tot i ser un disseny poc estètic, aquest robot i el seu paper a la pel·lícula va fer pensar molt en serio la idea de crear robots amb intel·ligència artificial.

Més enginyers destacats per grans invents i avenços de la robòtica d'aquesta dècada, trobem a Ralph Mosher, que al 1958 creà el primer dispositiu amb dos braços robòtics teleoperats amb un exosquelet i un operari. Aquesta màquina va interessar molt al món nuclear i de la indústria espacial dels anys seixanta. La majoria d'invents d'aquest tipus, relacionats amb els telemanipuladors i braços robòtics han tingut un selecte grup de consumidors i no s'han desenvolupat tantíssim en els últims anys ni les capacitats han variat tant en l'actualitat, sol s'han fet petites millores com l'aportació de la realitat virtual. Però la

¹⁶ http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0708/archivos/_15/Tema_5.1.htm [Consulta: 19-08-2016].

¹⁷ Mecanisme auxiliar que multiplica automàticament y amb exactitud l'esforç realitzat per una màquina, i que intervenen les dues parts (operador i màquina).

introducció de la programació per ordinador, ha fet que el telemanipulador evolucioni a robot, tot i que encara existeixen els telemanipuladors i com vull recalcar, no han evolucionat gaire. Per tant, una conclusió d'aquests fets és que els telemanipuladors existeixen però el seu següent nivell són els robots programats.

El primer patent de dispositiu robòtic va ser sol·licitat el 1954 per un inventor britànic (C.W. Kenward) i va ser rebuda l'any 1957 al Regne Unit. Però qui realment va establir les bases del robot industrial modern fos el inventor i enginyer estatunidenc George Devol, que a la par és considerat l'avi de la robòtica. La seva idea es va iniciar l'any 1954, i es basava en la transferència d'articles programats i fou patentada al 1961 a EEUU. L'any 1956, posà en coneixement per treballar junts al director d'enginyeria Joseph Engelberger, també considerat com el pare de la robòtica, i tots dos al cap de 4 anys van fundar l'empresa Unimation (Universal Automation) i instal·laren la seva

primera màquina *Unimate* a la fàbrica General Motors de Nova Jersey (després de molts anys buscant finançament i persones que confiaren en el seu increïble projecte), on aquesta automàticament feia tasques de fundació ràpidament. Anys després continuaren en la seva tasca de creació de braços robòtics programats per a tot tipus de cosa i al 1968 van firmar amb Kawasaki per ampliar-se per el Japó més ràpidament.



Fig. 8. Primer braç robòtic d'Unimate. ¹⁸

Arran d'aquest fet es fundà el 1972 l'Associació de Robòtica Industrial de el Japó (JIRA), dos anys després es fundà també una altra a Amèrica coneguda com el RIA¹⁹.

A Europa els robots automàtics no arribaren fins que al 1973 l'empresa sueca ASEA construís el robot IRb6, un robot totalment automàtic i de funcionament elèctric, i l'any següent el IRb60, un robot millorat al seu antecessor. Tots dos eren molt semblants al *Unimate* d'Estats Units. I el 1980 es fundà la Federació Internacional de Robòtica amb localització a Estocolm.

Altres invents d'aquesta època, són per exemple les "tortugues" cibernètiques de Grey Walton a finals dels anys 40, aquestes demostraren que els robots podien moure's lliurement amb ajut de sensors de contacte, hidròfons per escoltar i vàlvules cibernètiques per veure. Però qui realment va aportar més és el conegut robot "La bèstia" construït als 60

¹⁸ <http://www.roboticsbible.com/robot-drive-systems.html> [Consulta: 19-08-2016].

¹⁹ Vol dir Robotics Institute of America (Institut de Robòtica d'Amèrica) al principi però al 1984 canvià el significat per Associació d'Indústries Robòtiques.

per John Hopkins, el qual tenia com a objectiu l'autonomia i supervivència autònoma del robot buscant per sales endolls per carregar-se i a l'hora identificar el seu entorn amb ajuda de molts sensors.

Després d'aquests grans avenços en la robòtica, el següent objectiu pels grans pensadors i enginyers fou crear intel·ligències artificials per poder optimitzar els robots i fer-los més semblants a nosaltres, crearen els primers ordinadors (*The Etniac* fou el primer) i amb ells les primeres intel·ligències artificials que superaven en velocitat a les humanes, però en connectar-les amb accessoris com braços robòtics i càmeres de vídeo per observar, per fer-les més avançades i així acabar-se fent robots complexos, aquestes mostraven moltes dificultats a l'hora de fer coses simples com moure peces d'un lloc a l'altre per si mateixes.

Mentrestant a Stanford en el 1969, es creà la primera màquina mòbil quasi irracional. *Shakey*, que era com es deia el robot; amb 1,50 m, una ràdio connectada a un ordinador i una càmera de televisió per veure, era capaç de moure's, analitzar l'espai creant mapes del lloc (fins i tot detectava moviment) i moure coses de poc pes cap al davant. Era un robot molt complex per a la tecnologia existent però els seus punts febles eren la visió, la seva velocitat i fiabilitat d'èxit. Aquest va ser millorat i reemplaçat per *Flakey*, un altre robot de característiques similars però molt més millorat. Aquest, creat a finals dels anys 70 a la SRI (Stanford Research Institute), també se'l coneixia com "*Arturito*" i feia accions al moment com donar un missatge determinat a una persona de part d'una altra a sales diferents, i també sabia detectar on podia arribar a ser i les interferències del camí com persones caminant. Estava equipat amb un millor software, millors càmeres de TV i bons sonars.

Anys després els robots van anar evolucionant cada cop més per semblar-se més als humans, i d'altres per ser més eficients i fer coses que no podem fer, com braços robòtics per manipular isòtops radioactius a temps real sense perills o creant robots per investigar l'espai (com per primer cop va fer el robot Sam, que servia per a l'espai i zones radioactives de manera tele-operada).

Un grup de graduats de Stanford als anys 70, va reconèixer la utilitat dels braços robòtics i crearen l'empresa Vicarm Inc., la qual feia braços robòtics computitzats i elèctrics especialment per a l'àrea de la investigació. Anys després aquesta empresa va ser adquirida per Unimation, que va ser finançada per General Motors després per crear el robot *PUMA*, el qual va suposar una gran referència per als altres robots, sent una bona imatge. La idea d'aquest robot fou que fos un braç robòtic que treballés com un humà amb humans i fou molt venut.

Després aquests robots van ser millorats molt gràcies a una millor visió dels objectes que prèviament havien sigut registrats per l'ordinador, amb aquest avenç els robots eren més

productius i crearen molta esperança. Al mateix temps General Motors es va adonar de la importància i de la possible i imminent revolució que arribaria dels robots i va voler crear la seva divisió de robots, ja que posseïa també la meitat dels robots més moderns. L'empresa nord-americana Westinghouse, també va veure aquest potencial i no es va voler quedar enrere en aquest món i va comprar l'empresa Unimation. Arran d'aquest fet també es va fundar Adept al 1983, la qual es va especialitzar en la visió de les màquines. El bon rendiment d'aquesta empresa fa que encara existeixi però Japó domina aquest sector. També ara en l'actualitat General Motors i Westinghouse s'han retirat d'aquest món.

Altres successos importants foren que, arran de l'error nuclear al reactor 2 de la central de Three Mile Island, que acabà amb un gran nombre de residus radioactius per la central, provocà que es desenvolupessin un parell de robots per a inspeccionar la central sense perill. Aquests foren el CRR, que reconeixia amb sensors i era molt fort, i el BRR que podia reconèixer en àrees molt residuals i podia accedir per tot arreu. Per primer cop el BRR va entrar a la part més interior de la central i va ser capaç de reconèixer i donar informació útil i va tornar amb èxit amb ajut d'una grua però tenia el pla B de tornar amb un cable que portava sempre lligat molt dur que alhora servia per connectar el robot amb els operaris. No confiaven gaire amb l'èxit que al final va aconseguir i fins ara sol aquest robot ha arribat tan lluny en aquell reactor. Després d'aquest gran fet, es va crear un tercer robot per rentar escombraries molt pesades, ja que era de dimensions molt grans, però al final va tenir altres usos per altres llocs diferents de la central.

Anys després, al 1983, l'empresa Odetics va crear un molt bon robot amb extremitats i gran força de moviment per a objectes externs, es movia bastant ràpidament per ser un robot amb extremitats, però aquest tipus de robots tenien encara molt per aprendre.

A principis dels anys 80, el fundador d'Atari, Nolan Bushnell va crear un projecte que tenia com a protagonistes els androbots i, com a objectiu, que totes les cases en tinguessin un en cosa de pocs anys, que fos bonic i que fos d'utilitat per tu. El primer d'aquesta gama fou *TOPO*, el qual era molt primitiu i no sabia ni distingir al seu amo d'una taula, ni sabia rentar. Aquest sol estava programat per cantar, parlar i explicar acudits i havia de ser controlat per un ordinador. El seu successor fou *BOB*, era més intel·ligent i més autònom. Aquest comptava amb un cervell incorporat reprogramable, múltiples processadors, un bon sistema operatiu, molts sensors de diferents tipus per detectar l'ambient. Aquest robot era capaç de reconèixer veus i feia activitats bàsiques com portar-te un refresc. Tot i ser molt avançat, el seu preu alt (de 700 a 2000 \$) i la falta de tecnologia va fer que es deixés aquest projecte fora de mercat.

Als mitjans dels anys 80 va aparèixer el *Nab Lab*, amb les intencions de ser un robot que pogués navegar per si mateix sense problemes, com que tot el que necessitava tenia unes

dimensions molt grans, el robot es va situar dins d'una furgoneta gran equipada de totes dels parts del robot (ordinadors, bateries, sensors, càmeres...). Aquesta furgoneta, sembla mentida, però és el primer automòbil que va circular sol i podia reaccionar a coses de l'exterior com per exemple persones creuant de sobte i sabia reconèixer i fer un camí desitjat. L'inconvenient era que tan sols va arribar a agafar els 32 km/h i tenia dificultats per detectar gent amb bicicletes o canvis molt bruscos. El seu successor el *Nab Lab 2* va aportar més novetats i amb ajuda dels microordinadors va reduir la mida al d'una minivan. Tenia un nou sistema de visió anomenat *Alvin*, que podia aprendre a conduir en 5 minuts després d'observar a algú fer-ho prèviament. Va arribar a més de 80 km/h. Però no va ser fins al *Nab Lab 5* on les millores van ser molt notables, aquest ja tenia la mida d'un automòbil convencional i aportava un nou sistema de visió anomenat *Ralph*, capaç de reaccionar en un tràfic molt dens. Va ser capaç de viatjar de Washington DC fins a Califòrnia per un 98,8% de les seves aportacions, amb aquest model es pretenia que els robots mòbils tinguessin una aparença més moderna. Aquesta tecnologia l'han fet servir en armament militar i en la agricultura per tractors i maquinaria. Però l'objectiu principal de Nab lab era crear robots de reconeixement de l'atmosfera. Un exemple d'ell és el *Nomad* de la NASA, que utilitzava aquesta tecnologia i va ser capaç de, durant 6 setmanes, analitzar el terreny i traçar el seu recorregut per un desert simulant que estava a Mart i rebia algunes ordres des d'alguna escola. Va ser sense dubte un gran èxit d'aquesta tecnologia.

L'any 1991, la universitat Carnegie Mellon va crear el robot *Ambler*, un robot gegant de 6 potes, de moviment independent, dissenyat per poder accedir a arres complicades i amb l'objectiu de ser automàtic i que pugui resoldre qualsevol problema mediambiental i físic. En caminar analitzava el terreny i trobava una solució accessible fent més de 1000 moviments. Aquest robot comptava amb un ordinador a bord, bateries per l'autonomia i un gran nombre de sensors d'alta tecnologia. Aquest tipus de robot fou dissenyat per anar a Mart, però les seves dimensions no permetien el transport. Després d'aquesta creació es va crear el seu successor, el robot *Dante*, molt semblant però amb mida més reduïda i millor tecnologia, aquest va ser enviat a un volcà de l'Antàrtida per fer proves com si estigues a Mart, i després de tres mesos muntant-lo allí en cabanyes, només va poder fer tres passes i el fred el va derrotar. Però no va quedar tot aquí, temps més tard van crear a *Dante* “, amb moltes més millores. Però quan es



Fig. 9. Robot Ambler.²⁰

trobava fent proves en un volcà per seguretat va ser retirat d'allí per a no ser destruït, però ja

²⁰ http://www.ri.cmu.edu/research_project_detail.html?project_id=362&menu_id=261 [Consulta: 19-08-216].

va ajudar a fer lectures sísmiques, analitzar l'aire i per fer fotografies en un llarg temps de prova satisfactòria.

En 1993, Joseph Engelberg va tornar amb un nou robot, el *HelpMate* (L'ajudant), definit per el mateix creador com una caixa intel·ligent sense braços. Aquest va ser comprat per hospitals d'Estats Units per servir als seus pacients d'una manera més eficient i deixant que els metges es poguessin centrar més en els pacients, ja que bàsicament aquest robot portava el menjar i medicines a les habitacions. Era una bona inversió perquè era autosuficient i sabia quan recarregar-se.

L'any 2000 va aparèixer un robot que va sorprendre a tots els enginyers i entesos del tema, Honda després de 10 anys de treball va crear a ASIMO, un robot que era capaç de caminar, pujar escales, auto mantenir-se i funcionar sol, cosa que es creia per aquella època

impossible. I s'ha d'afegir que aquest robot encara es considera com l'humanoide més desenvolupat del món, almenys segons Honda.

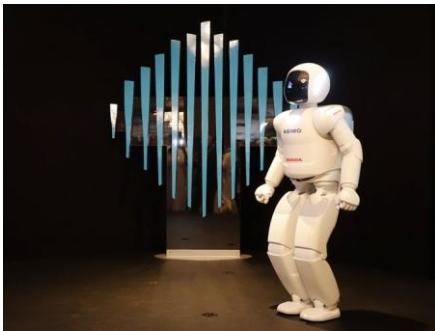


Fig. 10. Robot ASIMO.²¹

I fins a l'actualitat, l'evolució de la robòtica s'ha centrat molt a crear millors sistemes per fer-los més ràpids i més petits per crear millors màquines que s'adaptin al lloc de treball. Més millores significants han estat la recent incorporació al mercat dels *drones*, uns aparells voladors que han estat un gran avenç, principalment per aconseguir

millors gravacions en la indústria de la imatge, futbol, etc. Però que també han significat un gran invent per al rescat de persones en zones complicades, ja sigui en un bosc o en el mar per proporcionar un flotador més ràpidament; i també per l'assistència mèdica per *drone*, que actualment està en desenvolupament .

²¹ <http://asimo.honda.com/gallery/> [Consulta: 20-08-2016].

EL MÓN DE LA ROBÒTICA

3.1.- CONCEPTES BÀSICS I LES PARTS DE UN ROBOT

El terme Robòtica va ser creat per Isaac Asimov en les seves novel·les per descriure la tecnologia dels robots i imaginar un món amb uns robots de tecnologia increïble i inofensius per als humans. Existeixen diferents formes de definir robòtica segons el punt de vista, vagi dirigit o bé a la paraula robot o al seu objectiu. Però la més comunament acceptada és “La robòtica es una ciencia o rama de la tecnología, que estudia el diseño y construcción de máquinas capaces de desempeñar tareas realizadas por el ser humano o que requieren del uso de inteligencia. Las ciencias y tecnologías de las que deriva podrían ser: el álgebra, los autómatas programables, las máquinas de estados, la mecánica o la informática”²².

La robòtica, com diu la seva definició, és un àrea de la tecnologia que dissenya i construeix màquines que capaces de dur a terme diferents tasques. A partir d'ara ens centrarem en la paraula robot i objectiu de principal de construcció i programació de la robòtica.

Els robots són el resultat de la robòtica, i bé com hem vist anteriorment en els antecedents històrics, els robots no són cosa senzilla de fer i molt menys poc complexos. Per dur a terme la construcció i programació d'un robot calen moltes coses, les quals ara tractarem amb l'objectiu de conèixer més profundament la morfologia del robot per tenir en compte al final en la construcció del nostre robot. A partir d'ara dividirem el treball en els següents apartats per aprofundir molt sobre cada un i així no deixar de banda cap detall important. Aquests apartats seran:

- Sensors del robot
- Actuadors del robot
 - Transmissió i reductors
 - Sistema de locomoció
- Computador central

²² Definició extreta de <https://robotica.wordpress.com/about/> [Consulta 31/08/2016.].

3.1.1.- SENSORS DELS ROBOTS²³

Els sensors són aparells electrònics que fan possible que el robot rebi informació necessària per al seu control. Es podria fer una comparació entre els robots i els humans i els sensors vindrien a ser els seus nervis i sentits. Però per a que funcioni tot correcte no sol és posar el(s) sensor(s), cal fer una relació entre el que es vol rebre i quina acció donar segons el rebut, tot d'acord amb el processador (que seria el cervell en relació a nosaltres). Existeixen diferents receptors de informació basats en diferents principis, tant físics com químics, dels quals els més destacats són:

- Mecànica: posició, velocitat, força,...
- Termotècnia; temperatura, calor,...
- Electricitat; voltatge, resistència, ...
- Magnetisme: permeabilitat, densitat de fluid, ...
- Química: estructura cristal·lina, concentracions, ...
- Radiació: intensitat, freqüència, ...

Però no sol és rebre la informació, cal processar-la i controlar-la correctament, i es pot fer hidràulicament, elèctrica i electrònicament o radiantment. Actualment, el més utilitzat és mitjançant el processament electrònic, el qual per funcionar requereix una traducció de magnituds a senyals elèctriques.

I després d'haver fet un cop d'ull als sensors, i ara ja saber que són, com actuen i quines son les seves característiques, parlarem dels principals sensors que existeixen i que són alguns essencials per considerar a una màquina com a robot. Cal indicar que les següents classificacions, hi ha sensors que poden considerar-se de un tipus o del altre segons com s'interpreti.

3.1.1.1.- Sensors interns

Són aquells sensors, la principal tasca dels quals és conèixer tota la informació relacionada amb el estat del propi robot, com podria ser saber quina posició tenen les seves articulacions per poder moure-les sense cap error de càlcul. Hi ha tres tipus de sensors interns, aquests són els de posició i velocitat.

3.1.1.1.1.- Sensor de posició

És aquell element (electrònic, mecànic,...) que mitjançant la variació i/o control de un fenomen (físic, químic, lumínic) és capaç d'identificar la posició exacta d'un element extern

²³ Informació dels sensors extreta de: Robótica: manipuladores y robots móviles (1997: 166-197) i Fundamentos de la robótica (2001: 36-46).

(exemple: els sensors de posició amb cèl·lules foto elèctriques d'una màquina empaquetadora són els encarregats de detectar la pròxima peça a empaquetar). També a les màquines són importants aquests tipus de sensors per controlar la posició angular de la màquina. Aquests tipus de sensors són normalment acoblats al eix del motor). Els principals tipus més utilitzats són els coneguts *encoders*, *resolvers* i potenciòmetres.

Els *encoders* o també coneguts com codificadors òptics funcionen bàsicament amb un sistema de il·luminació, d'un fotoreceptor acoblats a un disc transparent codificat amb marques (quantes més, millor sistema de referència disposa) que amb l'ajut d'un sistema rotatiu i dels càlculs adequats que solucionen el problema de reconèixer per a quin sentit està girant i així evitar un error al comptador. Els *encoders* són aparells que han de requerir d'una gran precisió en la seva fabricació per evitar problemes futurs.

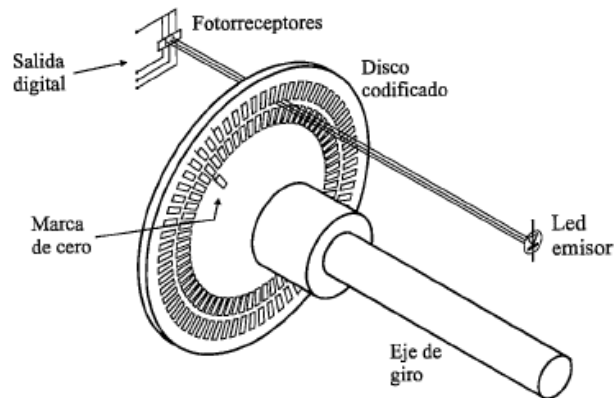


Fig. 11. Infografia *encoder*.²⁴

Els *resolvers* són un altre tipus de sensor de posició analògica, que és dotat d'una infinitat de resolucions teòriques. El seu funcionament es basa principalment en l'ús d'una bobina a l'eix excitada per una portadora²⁵, i per altres dues al seu voltant. Els *resolvers* són per excel·lència molt més superiors en robustesa, rang dinàmic, resolució i estabilitat tèrmica als *encoders*.

Els potenciòmetres són una altra alternativa de sensor de posició però de baixes prestacions i rendiment significativament baix en comparació dels altres dos esmentats anteriorment, que normalment són utilitzats per a robots educacionals o robots molt simples.

I per últim també existeixen els LVDT (sensors lineals de posició) que tenen una gairebé infinita resolució i gaudeixen de tenir poc fregament i alta repetibilitat de procés.

3.1.1.1.2.- Sensor de velocitat

És un aparell indispensable per a millorar el comportament mecànic dels actuadors del robot, ja que analitzen la velocitat de cada actuator i reductor mentre alhora es retroalimenta en un bucle accionat pel propi motor. Tot aquest procés és analògic, i també es dut

²⁴ Extreta del llibre *Fundamentos de la robótica*.

²⁵ Part de un *resolver* que excita les bobines per al seu funcionament, generalment a 400Hz.

a terme gràcies al un taco generatriu, que gràcies a les forces magnètiques proporciona una tensió proporcional a la velocitat de gir de l'eix. Aquest aparell utilitza com a recurs unes dents magnetitzades per a fer la mesura de la velocitat de gir.

Aquest sensor en general és molt important per regular la velocitat del gir de les seves parts (actuadors, reductors, motor,...) per derivar si es cal potència i velocitat a on calgui o evitar un treball extra que no cal.

3.1.1.2.- Sensors externs

Són aquells que tenen la missió de reconèixer quin és l'estat de l'entorn i així fer possible un càlcul instantani per fer la tasca correctament. Per tant aquest tipus de sensors tenen una interacció amb l'espai extern al robot. Els sensors considerats com a externs per excel·lència són els de proximitat, força, tacte, navegació i distància.

3.1.1.2.1.- Sensor de proximitat

Són aquells sensors capaços de detectar un objecte dintre del rang de moviment del robot, ja sigui amb contacte o sense, de l'objecte amb el robot. En el segon cas, podria ser amb l'ajut d'un interruptor, que mecànicament informaria que hi ha un objecte en el rang de proximitat del robot. Normalment aquests tipus de sensor s'utilitza com a auxiliar i s'utilitza sovint per la seva fàcil execució que es basa en el codi binari. Dintre d'aquest tipus de sensors existeixen diferents tipus basats en la seva detecció com podrien ser inductius (detecta presència o pot comptar els objectes metàl·lics sense cap contacte), capacitius (son més grans que els inductius, però no requereixen ser objecte metàl·lics per a que els identifiqui, però tenen problemes en treballs en condicions humides o en terra), basats en l'efecte hall (detecten objectes ferromagnètics per la deformació que causen en el camp electromagnètic), òptics (amb ajut de una càmera per exemple), amb l'ús d'ultrasons, per contacte directe (com podria ser amb un interruptor), i per Cèl·lula *Reed* (que detecten quan un objecte amb camp magnètic s'apropa i es tanca la cèl·lula de vidre que sempre està oberta). Aquest tipus de sensor també pot ser utilitzat no sols per dir si hi ha objectes o no, si no que també per a dir quina distància hi ha fins a l'objecte.



Fig. 12. Sensors de proximitat.²⁶

²⁶ Extreta del llibre *Robótica: Manipuladores y robots móviles*.

3.1.1.2.2.- Sensor de força

Són sensors normalment situats en les extremitats dels robots (per exemple en la pinça o ma del braç robòtic) i ajuden a calcular gràcies a la deformitat que causa l'objecte sobre el sensors de mida molt reduït quina pressió exercir sobre aquest sense causar deformacions en ell.

3.1.1.2.3.- Sensor de tacte

Són sensors que amb interruptors o petites agulles detecten si tenen un objecte o paret al front seu i actuen segons la seva programació, aquest sensor és un dels bàsics a la gama de robots de *Lego Mindstorms*.

3.1.1.2.4.- Sistema de navegació

Són sensors molt presents en la robòtica mòbil per poder mesurar les posicions, orientacions, velocitats i acceleracions determinades del un determinat vehicle. Són utilitzades diferents tecnologies basades en diferents principis físics. Les principals són:

Els sensors *Doppler* utilitzats principalment per vehicles o robots aeris i marítims perquè permet el càlcul d'una velocitat absoluta respecte al terra basant-se en l'efecte *Doppler*, que es basa en conèixer on es reflexa una ona en la superfície mentre es mou el mòbil.

També hi ha un gran ús del compàs magnètic per saber quina orientació té el robot o vehicle. Però la millora al compàs magnètic és el giroscopi, ja que aquest últim no rep anomalies electromagnètiques i ferromagnètiques i també són útils en l'espai on no hi ha camp giromagnètic visible.

I per últim també existeix el GPS, present en molts vehicles o robots mòbils que proporciona una posició molt exacta i ajuda als càlculs de distància molt bé.

Però també caldria esmentar l'existència del INS (Sistema de Navegació Inercial), que calcula els tres eixos del moviment i evidentment velocitat i posició.

3.1.1.3.- Telemetria

I per últim, tots aquests sensors, ja siguin interns o externs, hi ha un aparell general que reuneix la informació d'aquests en l'anomenada telemetria. Aquest artefacte és molt freqüent en robots mòbils i en sectors de l'automobilisme com la Formula 1 i Moto GP, i en avions i submarins. Aquest té una gran importància a nivell informatiu del robot i objecte que el faci servir.

3.1.2.- ACTUADORS DEL ROBOT²⁷

Els actuadors tenen la tasca principalment de generar forces per crear moviment en els elements del robot mecànics (com podria ser moure un braç articulat de un robot humanoide, aquest disposa d'actuadors per moure's) tot prèviament ordenat per la unitat de control o computadora. Si fem una comparació amb el cos humà per entendre millor, els actuadors vindrien a ser els músculs que executen les ordres del cervell. Els més utilitzats en la robòtica són els que utilitzen energia neumàtica, hidràulica o elèctrica; però en la actualitat s'ha difós més l'ús de motors elèctrics. Però per dir quin tipus d'energia és la més adequada per l'ús en un robot s'han d'analitzar els següents paràmetres: potència, control, pes i volum, precisió, velocitat, manteniment i finalment el cost.

I a partir d'aquests paràmetres analitzarem més detingudament els tres tipus d'energia utilitzada per actuadors destacant els seus punts forts i febles.

3.1.2.1.- Actuadors neumàtics

Aquests tipus d'actuadors utilitzen com a font d'administració d'energia el aire, normalment a una pressió de entre 5 i 10 bar. Aquest tipus d'actuadors són molt utilitzats en la indústria i es subdivideixen en dos tipus:

3.1.2.1.1.- Cilindres neumàtics

Els cilindres neumàtics funcionen amb el desplaçament que provoca la diferencia de pressió dels dos costats que causa d'un èmbol (el qual també es troba acoblat a un pinyó-cremallera) dins d'un cilindre. Aquests cilindres poden ser de simple o doble efecte.

3.1.2.1.2.-Motors neumàtics

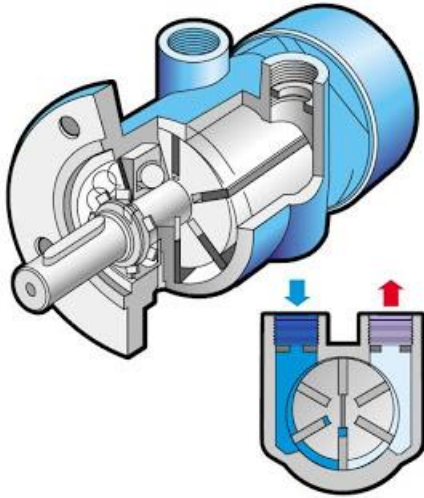
Aquests motors tenen com a finalitat, mitjançant l'aire a pressió, fent un moviment de rotació. I cal esmentar que existeixen dos tipus de motors neumàtics, els motors d'ales rotatives i els motors de pistons axials. Però també cal destacar una cosa d'aquest motors, per crear un moviment de rotació, també és possible fer servir cilindres neumàtics, de fet és més comú i simple.

En resum , és visible que el funcionament principal dels actuadors neumàtics es basa en el funcionament de l'aire a diferents pressions i aquest provoca moviment en els seu components. A destacar d'aquest tipus cal dir que són molt simples i robustos i fan possible el seu ús en tot el sistema de moviment d'un manipulador simple. Però també té una sèrie de desavantatges significatius a l'hora de triar el seu us, i es que degut a que requereixen

²⁷ Informació dels actuadors extreta de: Fundamentos de la robòtica (2001: 25-36), Anatomy of a robot (2003: 275-279) i Accionamientos y actuadores eléctricos (Apunts universitaris).

aire comprimit requereixen de la seva respectiva instal·lació de subministració d'aire amb els seus respectius conductes. També un altre inconvenient és que no aconsegueixen una bona precisió de posicionament i això dona molt que pensar si es requereix molta precisió com

seria en un robot mèdic, que qualsevol error seria molt greu.



No obstant a aquests desavantatges, cal esmentar que aquest actuadors són usuals i les fàbriques que els usen són capaces de donar-los un cert grau d'automatització, un exemple seria la empresa alemanya FESTO, que és famosa per utilitzar principalment entre d'altres energies, la neumàtica en els seus actuadors.

Fig. 13. Motor neumàtic amb aletes rotatives.²⁸

3.1.2.2.- Actuadors hidràulics

Aquests actuadors no són gaire diferents als actuadors neumàtics en quant a funcionament ens referim, però tenen una gran diferència i és que aquests utilitzen com a energia olis minerals a pressions de entre 50 i 100 bar, fins a vegades superar els 300 bar. És visible aquesta diferència però no és la única. Per començar el grau de compressibilitat dels olis és inferior al del aire, per lo qual la precisió en aquest cas és millor. L'ús del sistema hidràulic ens dona, per motius semblants, la possibilitat de poder dur a terme un control continu amb una notable precisió. També, com que es treballen a pressions més altes, el grau de força que pot arribar a fer és significativament superior als neumàtics, però no sol queda aquí, aquests actuadors presenten una estabilitat durant la càrrega estàtica sense una aportació d'energia. També cal destacar que la robustesa i autolubricació fan d'aquests actuadors una millora important als neumàtics.

Però entre totes les millores es presenten algunes objeccions, i la principal és que durant la instal·lació és comú acabar trobant fuges d'oli i la instal·lació també cal dir que és més complicada de dur a terme, ja no sol per la feina sinó també per el requeriment de moltes màquines necessàries per instal·lar sense errors l'actuador.

²⁸ <http://industrial-automatica.blogspot.com/2010/09/elementos-de-fuerza-cilindros-y-motores.html> [Consulta:25-10-2016].

Com a referència, el primer robot manipulador important, el UNIMATE 2000 i 4000 van utilitzar aquest sistema d'actuadors.

3.1.2.3.- Actuadors elèctrics

Aquest tipus d'actuadors, per la seva precisió, facilitat de control i senzillesa han fet que siguin els més utilitzats en gairebé la majoria de robots industrials de l'actualitat. Dintre d'aquest tipus d'actuadors en podem distingir tres que ara analitzarem més detingudament, i aquests són: el motors DC, els motors AC i el motors pas a pas.

3.1.2.3.1.- Motors de corrent continua (DC)

De tots els tipus d'actuadors elèctrics, aquest és el més utilitzat de tots per ser molt fàcil d'utilitzar. El funcionament d'aquest tipus d'actuador es basa en la força electromotriu ²⁹ que es genera en el rotor del motor al passar una corrent continua en el mateix per l'acció de un camp magnètic del estator, segons la llei de Lorentz. Aquest tipus de motor, un altre motiu per fer-ne ús d'aquests, es per la seva facilitat en el control i variació. Els motors DC, com ja hem dit, son molt emprats per ser senzills d'utilitzar, i un lloc molt freqüent on podem trobar-ne un de simple seria dintre d'un lector de CD d'ordinador de torre.



Fig. 14. Motor DC.³⁰

3.1.2.3.2.- Motors pas a pas/ Stepper

Els motors pas a pas, generalment no han estat utilitzats industrialment degut a que els que hi havia disponibles en el passat eren molt petits i els passos de posicions consecutives que oferien eren molt grans, cosa que impedia molts cops utilitzar-los en tasques senzilles que requerien posicions simples. Però no obstant el passat d'aquets actuadors, en l'actualitat han anat millorant les característiques tècniques, facilitant principalment l'ús en accionaments industrials, millorant el problema de canvis de posicions consecutives que

²⁹ La força electromotriu és la força que es genera sobre un conductor elèctric, el qual està sotmès a un camp magnètic.

³⁰ La fotografia pertany a l'autor d'aquest estudi.

tendien a ser molt grans. El funcionament d'aquest dispositiu electromecànic es basa en convertir una sèrie d'impulsos elèctrics en moviment al rotor del mateix. Existeixen tres tipus de motors pas a pas, i són: els de imants permanents, els de reluctància variable i els híbrids. Avui dia són molt emprats per exemple en les impressores.

3.1.2.3.3.- Motors de corrent alterna (AC)

I per últim, aquest tipus de motors degut a que són complicats de fer anar, han dificultat el seu ús dintre de l'àrea de la robòtica fins fa no gaire temps, però han arribat amb un gran assortiment de millores que fan d'aquest tipus de motor un digne competidor amb els motors DC. Aquest tipus de motor, el seu funcionament es basa en posar una corrent alterna en el estator³¹, fent així generar un camp magnètic giratori en el mateix que fa girar el rotor, el encarregat de fer moviment. Aquest tipus de motors són també un altre motiu d'ús per ser econòmics. Cal esmentar també que existeixen tres tipus diferents, els quals són els motors universals, asíncrons, i síncrons.

Un cop coneguts els actuadors, ja sabem que són, quines característiques tenen i quins tipus existeixen. Però cal dir que els actuadors no funcionarien com els coneixem i no disposessin de l'ajut d'aquests components: els transmissors i reductors, i el sistema de locomoció. A continuació coneixerem més profundament que són i quina tasca fan dintre d'aquest apartat.

3.1.2.4.- Transmissor i reductors³²

La transmissió i els reductors són dos elements bàsics en la morfologia i més important control del robot. Com a petita introducció podem dir que els transmissors s'encarreguen bàsicament de transmetre el moviment des dels actuadors fins a les articulacions. I els reductors simplement s'encarreguen d'adaptar el parell i velocitat des de l'actuador fins al moviment requerit amb un valor determinat a mida del desitjat.

Transmissors: Com ja hem dit, els transmissors es fan servir per transmetre moviment a les articulacions del robot, i això és degut a que normalment en els robots d'envergadures significatives, els actuadors com és lògic tenen un pes elevat i per evitar la inèrcia a caure, es situen els actuadors a la base i per operar correctament requereixen l'ajut dels transmissors per transmetre el moviment desitjat. Per a que un sistema de transmissió sigui el adequat ha de tenir un mida i pes reduït per poder assegurar una bona mobilitat, però cal dir que aquest ha de ser el suficientment adequat per evitar que no afecti negativament al

³¹ Part interna que tot motor elèctric porta, es situa al centre i a simple vista es veu com un pal que sobresurt al centre.

³² Informació extreta de: Fundamentos de la robòtica (1997: 19-25).

moviment, o bé produint massa desgast dels components. Avui en dia els transmissors són generals, és a dir, que no existeixen d'específics per a la robòtica i s'utilitzen els requerits per el robot, que molt probable pot ser fins i tot molt semblant al d'un cotxe. Llavors per fer-nos una idea del que és un sistema de transmissió podriem posar com a exemple el que porten els cotxes, o més ben dit, el canvi de marxes, on aquest modifica el moviment de l'actuador (en aquest cas el motor del cotxe) per fer-lo rotar com sigui desitjat i consegüentment amb altres transmissors moure les rodes.

Reductors: Continuant amb la introducció anterior, en els reductors, a diferència dels transmissors, sí que n'existeixen d'específics per al món de la robòtica, ja que aquesta requereix unes condicions de funcionament diferents a altres sectors que també en facin servir aquests sistema. Usualment en la robòtica, els reductors més emprats son aquells que compten amb moviment circular (com a moviment de funcionament) tant d'entrada com de sortida gràcies a que se'ls sol acompanyar d'engranatges o similars que ajuden al compliment de la regulació de velocitat. Per a que un reductor sigui el més adequat es busca que sigui el més petit possible, de menor pes, amb menys rasament i rapidesa de reduir la velocitat de nivells alts a baixos en un sol pas. També és usual que amb els reductors es busqui que aquest faci un control de parells elevats i un joc amb els angles per reduir-los i així fer cicles curts si es desitja. Els models més comercialitzats són els de les empreses Harmonic Drive (empresa estatunidenca) i Cyclo-Getriebebau (empresa alemanya).



Fig. 15. Reductor.³³

3.1.2.5.- Sistema de locomoció³⁴

Quan parlem de sistema de locomoció en robòtica ens referim al sistema amb el que dotem al robot per poder-se moure's en el medi i cal dir que aquests sistema sol s'utilitza en robots mòbils. Existeixen tres tipus de sistemes de locomoció: per rodes, per potes i per ales o hèlixs.

La locomoció per rodes és sol possible si l'ús és únicament per superfícies principalment llises, els avantatges respecte al sistema per potes són que aquest consumeix menys energia i requereix menys programació per dur a terme les accions requerides.

³³ <http://www.directindustry.es/prod/harmonic-drive-ag/product-4733-440510.html> [Consulta: 25-10-2016].

³⁴ Informació extreta de: Anatomy of a robot (2003: 148) i font pròpia.

El sistema de locomoció per extremitats, a diferencia de les rodes et dóna més possibilitat per accedir a terrenys difícils plens d'obstacles, però aquest avantatge també és una complicació, i és que per aconseguir tal resultat es requereix una programació tan forta que poques coses significatives s'han pogut dur a terme més enllà de poder pujar i baixar escales com a problema més difícil i on la velocitat no és que sigui el punt fort. Llavors com és previsible aquest tipus requereix més energia i uns mecanismes més complexos on el control es complica. Però no obstant aquesta utilitat principal també es pot fer servir les potes simples (sense tenir moltes articulacions) per a aconseguir unidireccionalitat, reduint així la locomoció tan complicada.

I per hèlixs o ales són el tipus de locomoció més modern que han incorporat els *drones*, aquest tipus de locomoció es basa en un sistema locomotriu rodant. Aquest tipus de locomoció dota al robot per poder volar i accedir a tot tipus d'àrees que amb els altres dos tipus de locomoció no es podia, però aquest es troba amb problemes com la força que pot tenir per portar coses, ja que si és molt pesat ja sigui el robot mateix o alguna cosa externa que es vulgui portar, aquest no seria capaç de volar. Aquest tipus de locomoció i robot actualment és molt emprat per tasques de reconeixement i petits rescats.

3.1.3.- COMPUTADOR CONTROL

Ara arribem a la part clau i, conseqüentment, més important del robot, i aquesta és on se li proporciona una certa "intel·ligència" per poder dur a terme la tasca per la qual es requereix. El funcionament del robot llavors es basaria segons el següent esquema:

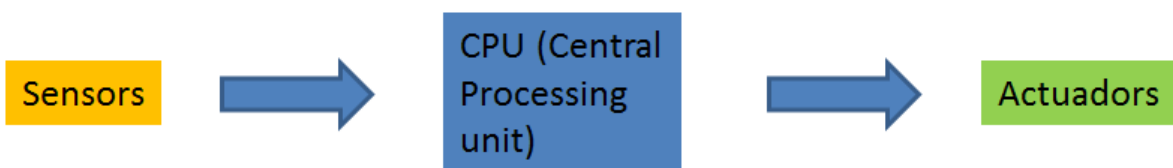


Fig. 16. Esquema funcionament robot.³⁵

Es pot observar que el CPU, és la part central del esquema de moviment/actuació d'un robot o màquina, fent rebent i emetent informació, tal i com faria el nostre cervell . Per dur a terme aquesta fase cal tenir un computador o microcontrolador i programar aquest mitjançant un llenguatge de programació. Ara parlarem doncs de dos dels microcontroladors més utilitzats en robòtica i dels llenguatges més famosos i útils que s'empren per la seva programació.

³⁵ La fotografia pertany a l'autor d'aquest estudi.

3.1.3.1.- Microcontroladors³⁶

3.1.3.1.1.- PLC (Programmable logic control)

El PLC, com bé diu el seu nom, és un dispositiu electrònic que està fet per ser programat ja sigui per l'empresa que el subministra o bé per l'usuari que el compra. Aquest dispositiu serveix per resoldre problemes seqüencials de les màquines o processos industrials per estalviar costos de manteniment i per ser més fiables. La programació d'aquests dispositiu és bastant simple, i foren creats per l'empresa General Motors per substituir els antics sistemes de relevadors³⁷ que tenien per aquest. Si parlem del camp d'ús actual d'aquest controladors podem dir que és molt extens però principalment s'utilitzen per les màquines. I finalment els punts que el distingeixen són fàcils d'elaborar i amb poc materials, manteniment econòmic i cost de fabricació baix, d'entre altres coses que també són molt importants a l'hora de comprar un controlador segons la seva utilitat.

3.1.3.1.2.- Arduino

Quan parlem de Arduino, ens podem referir a dues coses: a la placa hardware amb un microcontrolador i a un programa de programació de robots . Des del punt de vista de l'apartat, ens estem referint al que be a ser la placa, però també és important saber que també ens podem referir a aquelles dues altres coses, i després s'entendrà millor.

Arduino, com be havíem dit, és una placa hardware que incorpora un microcontrolador reprogramable i una sèrie de pins femella que serveixen per posar en contacte el microcontrolador amb els diferents sensors, actuadors i, molt important, amb la font d'alimentació de forma molt simple y còmoda. Quan parlem d'Arduino com a placa, és un terme molt ampli, ja que existeixen molts models que depenen de la seva finalitat, característiques, etc. ja siguin físiques (més pins femella per a més connexions amb sensors, actuadors, ...) o internes, que permetrien emmagatzemar més memòria i conseqüentment un codi de programació més complex. Dos dels models més famosos oficials de Arduino són el *Arduino UNO* i el *Arduino Mega R3*. Aquests dos són molt semblants, la diferència que tenen és que el *Arduino Mega R3* té més pins femella que el model més simple Arduino UNO. Abans he mencionat oficials, ja que al mercat existeixen còpies idèntiques als microcontroladors d'Arduino, que molts cops no tenen més diferència que el nom i poden donar bon resultat, a la par que són considerablement més econòmics (ideals per als que comencen al món de la robòtica).

³⁶ Informació dels microcontroladors extreta de: Arduino: curso de formación (2013: 63-66), www.intrave.wordpress.com i www.arduino.cc.

³⁷ Els relevadors són uns sistemes que s'utilitzaven en l'antiga indústria per processos específics, que foren substituïts per ser tant problemàtics si requerien algun tipus de canvi en el seu procés de treball.

També havíem dit que Arduino és un programa que serveix per programar, i aquesta és una de les bones característiques que fan d'Arduino un producte molt complet, ja que si compres una placa d'Arduino no cal preocupar-se per quin programa fer servir, ja que Arduino té el seu programa de programació gratuït per a tothom que tingui un dels seus productes (i si no és oficial també funciona). Aquest programa es pot programar amb diferents llenguatges de programació estàndard com Python, Java, etc. Però principalment s'utilitza el llenguatge C, que ara analitzarem junt els altres.

3.1.3.2.- Llenguatges de programació³⁸

3.1.3.2.1.- Llenguatge C

C és un llenguatge de programació que està molt associat al sistema operatiu UNIX, sistema on per primer cop es va emprar aquest codi millorant el seus antecessor B y BCPL. Tot i que aquest codi està molt associat amb el sistema UNIX, no vol dir que sigui exclusiu per a aquest. C es pot emprar en tot tipus de disciplina programativa, ja sigui des de màquines automàtiques a programes informàtics, però cal ressaltar que el seu principal ús és per als sistemes operatius de màquines.

C es converteix en un bon programa ja que proporciona una varietat de dades, que això vol dir en informàtica els valors que es poden agafar (això pot fer varia en rang de valors que es fan servir), quines operacions es poden fer (suma, resta, etc.) i quines restriccions poden haver. Les dades fonamentals són les de caràcter (fa referència als valors que es poden emprar en la programació), enters (es fa servir per representar nombres enters) i números de punt flotant o flotants (es fa servir per representar nombres reals). Després de declarar aquestes dades inicials o també anomenades variables, hi ha unes altres posteriors que molts cops es formen cop a combinacions de varies. C és bon programa ja que proporciona molta informació molt útil, en el cas de màquines aconseguix posicionar-se molt bé, tot i que pot tenir moltes articulacions i ho aconseguix resoldre molt bé. L'esquema de programació bàsic es divideix en tres fases, on primer defineixes les variables/dades, inclous funcions (segons fase de dades) i finalment adjuntes accions a base de condicionaments i bucles.

També C és considerat un llenguatge de relatiu baix nivell, això vol dir que opera igual que les computadores, mitjançant combinacions i operacions aritmètiques com be dèiem abans en el seu funcionament.

³⁸ Informació dels llenguatges extreta de: Lenguaje de programación C (1991: 1-4), www.java.com, www.codejobs.biz, www.pcdemano.com, www.aprenderaprograma.es, El lenguaje VHDL conceptos básicos (Apunts universitaris) i font pròpia.

I per últim, C s'utilitza en moltes màquines, sistemes informàtics, etc., però un dels llocs més característics en el món de la robòtica a baixa escala és que s'utilitza per programar Arduino.

3.1.3.2.2.- Java

Java és un codi de programació que entre altres va orientat a objectes, i que es va popularitzar al 1996, en la difusió de la versió JDK 1.0, i actualment es un dels llenguatges més utilitzats per a la programació en el món, especialment en aplicacions de xarxa per a telèfons. Java va néixer com a intenció de millorar el robustos llenguatges anteriors d'aquests, C i C++ (evolució parcial del C tradicional). Tot i que Java és com una evolució amb intent de millora del C i derivats, i manté una relació amb aquests, no cal conèixer ni saber programar els seus anteriors per programar amb Java, encara que si es sap, facilita les coses.

Aquest és molt utilitzat per les empreses i els seu desenvolupadors, ja que és un codi que permet proporcionar més serveis, millorar la productivitat i les comunicacions entre d'altres motius.

3.1.3.2.3.- Python

Python és un llenguatge de programació creat a finals dels anys 80 pel matemàtic holandès Guido Van Rossum amb l'objectiu de crear un llenguatge senzill i que servís per substituir el llenguatge C que predominava en aquell moment.

Aquest llenguatge aposta com bé hem dit per la simplicitat, utilitat i rapidesa a l'hora de programar, ja que requereix de menys línies de programació que C o Java. Un altre dels propòsits generals d'aquest llenguatge, és que servís no sol per la programació d'un tipus específic d'utilitat, aquest és útil per programar, ja siguin webs, robots, etc. És a dir, tot tipus de programes, fent-lo llavors molt productiu i flexible, amb un gran potencial. També s'ha de dir que aquest llenguatge es pot utilitzar per programar Arduino, pot semblar estrany ja que normalment Arduino es programa amb C de base, però gràcies a una llibreria anomenada Nanpy, permet programar amb Python a Arduino, fent llavors una manera ideal per introduir la robòtica al petits per ser més fàcil de programar.

Visualment, aquest llenguatge consta d'una sintaxis molt clara i visual amb l'aportació de marges obligats durant la programació per evitar l'ús de paraules clau, com les que hem vist que utilitza C, per exemple.

Les últimes versions d'aquest llenguatge són el *Python 300* y *Py3K*, també denominats comunament per simplificar com *Python 3*.

3.1.3.2.4.- NXC

Not eXactly C, és un llenguatge de programació/programa que Lego va desenvolupar per a la seva gama de productes *Lego Mindstorms* per a fomentar l'aprenentatge de la robòtica entre els nens i nenes. Aquest programa i codi es basa principalment en el funcionament del llenguatge C però en aquesta versió no es programa a base d'escriure les coses, aquí tot es basa en crear el moviment mitjançant quadres amb les accions que es desitja i afegint variables simples com velocitat, temps de moviment, rotacions, etc. És una molt bona alternativa per aprendre, i és la més utilitzada en la robòtica educacional, fins i tot s'organitzen competicions de lluita del tipus sumo, de circuits i recorreguts per promoure l'aprenentatge. Hi ha molts models d'aquesta gama de Lego tant diferent al tradicional Lego. El model per excel·lència és el *Lego Mindstorms EV3*, el qual pot ser muntat de diverses formes.

3.1.3.2.5.- VHDL

VHDL va aparèixer als anys 80 un programa iniciat pel Departament de Defensa dels Estats Units i més endavant fou definit com l'estàndard de la IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*). Aquests llenguatge és molt utilitzat al món, però principalment a Europa per programar sistemes PLD (Programmable Logic Device) per exemple, tot i que es pot fer servir aquest llenguatge per detectar errors en sistemes. Aquest llenguatge s'adapta a totes les necessitats del dissenys de circuits digitals, té una síntesis lògica entre altres característiques que el fan convertir en un codi molt complet.

3.2.- TIPUS DE ROBOTS I UTILITATS³⁹

En la robòtica es poden classificar els robots de maneres diferents, i algunes d'aquestes classificacions podrien ser:

1. Segons la seva aplicació
2. Segons la seva autonomia/ forma de control
3. Segons la seva generació
4. Segons la seva arquitectura

³⁹ Informació de tots els apartats extreta de: Fundamentos de la robòtica (1997: 8-14), www.infromaticoscarvajal.wordpress.com, www.roboticapuno.blogspot.com.es, www2.udec.cl/~rzunigac/pagcyp/pag11.htm, www.platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/ctrl_rob/robotica/intro.htm, www.mundo.sputniknews.com, www.fib.upc.edu/retro-informatica, www.quo.es, www.republica.com, www.lavanguardia.com, www.imprimalia.com i www.prezi.com.

A continuació analitzarem cada una de les seves classificacions, donant els diferents exemples de cada grup i posant exemples de robots existents per a cada subgrup de cada grup.

3.2.1.- Robots segons la seva aplicació

El robots que es classifiquen segons la seva aplicació analitzen principalment la seva utilitat per davant dels components del robot o antecedents. Dintre d'aquest grup existeixen diferents subgrups que distingeixen més profundament la seva aplicació Aquest subgrups son:

3.2.1.1.- Robots industrials

A l'hora de definir i dir què és un robot industrial, sorgeix la diferència entre el mercat japonès i l'uropeu-americà. De la banda occidental, un robot industrial exigeix molta complexitat respecte al control, mentres que en la banda oriental creu que qualsevol dispositiu amb articulacions destinat a la manipulació és un robot industrial. Per tant a l'hora de fer una definició universal per aquest tipus de robots és complicat. Per tant sol ens fixarem amb model occidental, però encara així existeixen diferents definicions, nosaltres ens fixarem amb la que comunament s'accepta més i prové de la Associació de Indústries Robòtiques (RIA), que aquesta diu segons el llibre *Fundamentos de la Robótica* (2007:10): "Un robot industrial es un manipulador multifuncional reprogramable, capaz de mover materias, piezas, herramientas o dispositivos especiales, según trayectorias variables, programadas para realizar diversas tareas".

Tot i que aquesta definició és la més acceptada, les altres existents es diferencien d'aquesta o bé per ser lleugerament modificades, com és el cas de la de la ISO (Organització Internacional d'Estàndards); o bé per a l'hora de definir diferenciar entre el que és un manipulador d'un robot dintre de l'àrea de robots industrials, com és el cas de l'AFNOR (Associació Francesa de Normalització) i de la IFR (Federació Internacional de Robòtica).

Aquesta definició té grans similituds amb les altres existents dependent de qui la defineixi, i en relació amb el model oriental, aquesta definició de robot industrial és més complexa i precisa, ja que la oriental veu els robots industrials d'una manera menys extensiva i complexa de com ho fan els occidentals.

També existeixen distintes formes de catalogar els robots industrials, com diu la AFRI (Associació Francesa de Robòtiques Industrials) que ho fa d'aquestes maneres: per tipus (Tipus A, B, C, D deixant les dues primeres lletres per a manipuladors i les dues ultimes per als robots) i per generació (de 1a a 3a, basant-se en la programació i habilitats).

I després la IFR també distingeix quatre robots dintre de l'àrea de robots industrials, els quals són: seqüencials, de trajectòria controlable, tele manipulats i adaptatiu. Aquesta última manera de classificar aquest tipus de robots és més simple que la de la IFR però tot i així, coincideix en gran part.

Són exemples de robots industrials els típics braços robòtics de les grans

cadenes de fabricació d'automòbils, peces, etc. ; braços robòtics com el *Unimate* 2000,

que va ser creat principalment per treballar en fàbriques com ho faria un humà, però més eficientment.



Fig. 17. Braços robòtics cadena muntatge de Mercedes.⁴⁰

3.2.1.2.- Robots de servei

Es podria definir com a robots de serveis tots aquells dispositius electromecànics mòbils o estacionaris, que poden tenir un o varis braços mecànics, que són controlats per un programa d'ordinador que realitzen tasques no industrials com podria ser en àmbits de la medicina, de la llar, militars,...

Dintre de l'àrea de robots de servei existeixen diferents tipus de robots que depenen principalment de la seva àrea de servei, tot i que el mateix tipus de robot pugui ser utilitzat en diferents àmbits, o sigui que sol depèn aquesta classificació de la seva utilitat. Aquests són:

3.2.1.2.1.- Robots d'investigació

Són aquells robots que normalment no tenen una funció concreta, però són realitzats majoritàriament per universitats, investigant i desenvolupant robots ja sigui per descobrir noves possibilitats de robots o bé per aprendre sobre aquests. Aqueixos projectes poden ser públics o privats. També altres robots d'investigació són aquells que es desenvolupen per enviar a algun lloc, sigui terrestre o fora del planeta per

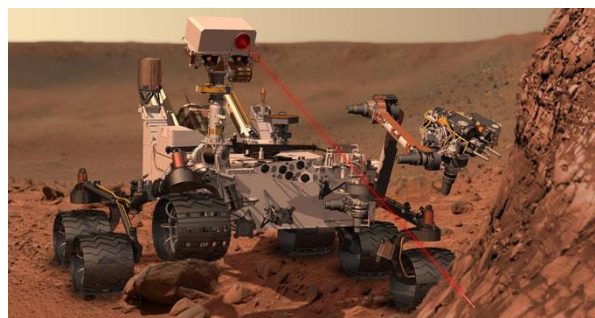


Fig. 18. Robot Curiosity de la Nasa.⁴¹

⁴⁰ <http://www.diariomotor.com/2015/10/19/mercedes-benz-futuro-industria-4/> [Consulta: 6-12-2016].

⁴¹ https://www.nasa.gov/centers/dryden/Features/msl_curiosity_colloquium.html [Consulta: 6-12-2016].

descobrir i entendre noves coses. Un exemple de robot d'investigació molt important de la història de la robòtica fou el robot *Ambler*, que començà sent un robot d'investigació dut a terme per una universitat i estudiants. I un altre exemple de robot d'investigació, en aquest cas per investigar noves coses, fou el desenvolupat per la NASA conegut com *Curiosity*, que fou enviat a Mart el 2011 per analitzar la superfície marciana.

3.2.1.2.2.- Robots militars

Són aquells robots, la finalitat dels quals són aplicacions militars específiques, com podria ser assistència o guiar a l'exercit en operacions especials. Són utilitzats els robots en operacions específiques, ja que solen ser en ocasions més eficaços i segurs que els humans per la seva duresa, i també per evitar fer tasques d'un risc elevat. És un exemple l'innovador i actual robot desenvolupat per Irak anomenat *Alrobot*, el qual és un robot similar a un tanc que es manipula des d'un ordinador a un 1km de distància màxima tenint així al seu operador en el camp de batalla ocult i segur. Amb aquest robot es pretén fabricar-ne més per aturar el terrorisme, ja que de moment la seva prova en la primera operació pretén recuperar una ciutat ara en mans de la Daesh.

3.2.1.2.3.- Robots mèdics

Són robots l'aplicació dels quals principalment és en el camps de les operacions quirúrgiques donada la gran precisió que aporten gràcies als seus múltiples braços robòtics. Amb diferents usos i ben dotats de càmeres d'alta precisió, aquests robots assisteixen al cirurgià en les operacions i també poden ser controlats a distància. També alguns models són capaços de treballar de forma auto suficientment . També són utilitzats per crear pròtesis que simulen molt be els moviments i per últim també



Fig. 19. Robot mèdic Da Vinci.⁴²

hi ha robots mèdics que recreen algun òrgan per fer alguna tasca com les diàlisis a cors mecànics externs. Un exemple de robot mèdic és el famós robot quirúrgic Da Vinci, el qual va ser el primer robot acceptat per assistir en les operacions humanes i que ha salvat moltes vides.

⁴² <http://www.teknon.es/robot-quirurgico-da-vinci> [Consulta: 6-12-2016].

3.2.1.2.4.- Nano robots

Els nano robots son un àrea de la robòtica en desenvolupament que té com a base la nano tecnologia. L'objectiu d'aquesta branca de la robòtica és crear nano robots amb intenció de curar malalties actualment incurables o per millorar les maneres de curació. Els nano robots estarien fets d'ADN del pacient i tindrien probablement un cost elevat. Actualment, aquesta branca s'està desenvolupant i fent proves, però encara no per humans. La principal malaltia que es pretén eradicar amb aquesta tecnologia és el temut càncer.

3.2.1.2.5.- Robots educacionals

Són aquells robots el propòsit dels quals és educar, principalment a alumnes de primària i secundària. Solen ser robots simples, la utilitat i construcció dels quals sol dependre de la imaginació de la persona si no acudeix als manuals. A l'hora d'operar, aquest tipus de robot sol ser molt senzill i divertit. Els robots més destacats d'aquesta classe són els famosos LEGO Mindstorms, els quals son senzills i divertits d'utilitzar, i aprens a programar de manera fàcil amb un bon grapat de diferents sensors. També actualment es solen organitzar concursos amb aquest tipus de robots per promoure'ls.

3.2.1.2.6.- Joguines robòtiques

Són aquells robots la finalitat dels quals és entretenir principalment als nens i nenes petits. Tradicionalment aquests han tendit a ser mascotes que podien caminar i fer sorolls, però també destaquen els helicòpters, cotxes teledirigits, "drones", ninos explica contes, etc. Cal destacar que tot i ser pensats i fets per a ser juguines, aquets robots superen en possibilitats d'ús al mítics i emblemàtics robots de la antiguitat, gràcies a la millor tecnologia existent.

3.2.1.2.7.- Robots imprimibles

Són aquells robots els quals les seves peces són impreses per una impressora 3D. L'aplicació d'aquests robots és molt diversa; pot ser per ús personal com a entreteniment o principalment per a la educació, fent la creació de robots més assequible i econòmica. Un exemple de robot és el ArduSkyBot, el qual és dotat d'algun sensor i té limitades accions, principalment aquest robot imprimible es mou.

3.2.2.- Robots segons la seva autonomia / forma de control

L'autonomia, s'entén normalment com la capacitat que té un dispositiu de funcionar un determinat temps connectat a una font d'alimentació independent. Aquesta definició és

bàsica gairebé en tota la branca de la tecnologia, però quan ens referim a la robòtica ens referim a la capacitat que té un robot a reaccionar a diferents fenòmens que se'l presenten de manera natural o inesperada. Vol dir, resumidament, que el robot sigui més útil en totes les situacions ja que sabria com actuar aprenent principalment de les experiències. Dintre d'aquest gènere, els robots es podrien classificar en els següents subgrups:

3.2.2.1.- Tele-operats

Es tracta com a robots tele-operats, aquells que requereixen un control a distància ja sigui sense fils amb l'ajut del Bluetooth o Wi-Fi per exemple; o bé amb ajut d'un cable físic com és solia fer abans del descobriment de les xarxes de sense fils. Aquest robots requereixen un control normalment per falta d'una intel·ligència artificial suficientment perfeccionada ja que en branques com la medicina, els robots són imprescindibles per assegurar un bon resultat; o bé en robots dedicats per a ser joguines per fer-los més fàcils d'utilitzar i jugables. Normalment el control d'aquest tipus de robot és a base d'una varietat de joysticks ⁴⁴depenent de la



Fig. 20. Robot BB-8 Sphero.⁴³

complexitat del robot. Són exemples de robots tele-operats els típics cotxes radio control, qualsevol robot controlat amb un comandament o Smartphone com podria ser el cas la versió de joguina del robot BB-8 de Star Wars VI.

3.2.2.2.- Semi-Automàtics

Són aquells robots que tot i ser controlats per humans, tenen un sistema d'autonomia parcial que els permet corregir algun error d'acció fet pel controlador humà. Aquest tipus de semi automatismes poden ser de dos tipus, o bé quan el robot detecta algun error en el control humà aquest pren el control o evita aquest error autònomament; o bé són robots pràcticament autònoms però requereixen d'un petit control cada determinat temps. Pot semblar que sigui ja més automàtic que semi-automàtic per l'autonomia però al necessitar ja un operador deixa de ser autònom al 100%. Són exemples alguns tipus de cotxe semi intel·ligents que disposen de sistemes de correcció de conducció i sistemes d'aparcament automàtic: altres exemples podrien ser robots de serveis, com un robots embolicador de palets, que necessiten algun operari per determinades accions.

⁴³ <https://www.juguetronica.com/droide-bb-8-star-wars> [Consulta: 6-12-2016].

⁴⁴ Un joystick és una palanca de control que permet el desplaçament manual i amb rapidesa de principalment el cursor del ordinador o videojoc, però en aquest cas per moure a alguna part del robot o a aquest complet.

3.2.2.3.- Automàtics

Són aquells robots que són dotats d'una autonomia capaç de prendre decisions sense supervisió humana, però abans de ser automàtics requereixen d'una certa programació establerta per un humà posant totes les dades necessàries per actuar d'acord amb diferents situacions. Aquest tipus de robots són els que al llarg de la història s'han intentat sempre fer ja que es considerava el punt més alt dels robots. Un exemple de robot automàtic és el recent i famós *I Robot*, que es dedica a netejar la casa de forma automàtica i és capaç de detectar les imperfeccions de la superfície i evitar-les sense cap tipus de control.

3.2.3.- Robots segons la seva generació

Una altra manera de classificar els robots, és per la seva Generació. Aquest mètode de classificació té en compte principalment de quina època procedeix i quina tecnologia posseeix. Es pot dir que és una classificació d'evolució combinat amb aptituds de millor tecnologia. Aquest es divideixen en:

3.2.3.1.- Robots de 1a Generació (Manipuladors)

Els robots de primera generació, són els que obren la taula de classificació segons la generació. Es consideren principalment tots aquells dels anys 50, on les màquines robòtiques eren dissenyades i dutes a terme amb un control relativament senzill, fent servir principalment el dissenys del braç robòtic. Aquests robots eren o bé tele-operats o bé eren dotats de una programació senzilla amb errors elevats i rebien algun tipus d'anomalia fora de la programació. Això vol dir que els robots no se'n adonen del seu entorn, sol fan accions programades (si són programats). Un exemple d'aquest grup seria el primer braç robòtic de la història, el conegut *Unimate 2000*, un manipulador que va demostrar que els robots tenien potencial.

3.2.3.2.- Robots de 2a Generació (Robots d'aprenentatge)

Els robots d'aquesta etapa assoleixen a tots aquells creats fins els anys 80, aquests robots són més intel·ligents que els anteriors ja que els equipen d'un bon grup de sensors amb l'objectiu de poder conèixer al robot més el món que l'envolta i amb l'objectiu de poder reaccionar de manera autònoma a una anomalia o a algun desnivell físic. Els sensors més utilitzats solien ser càmeres de televisió i sensors sonars entre d'altres. Una altra implementació és que ara els robots poden aprendre moviments d'un operador mitjançant un seguiment dels moviments desitjats, però la velocitat en aquests no es el punt fort. Un exemple és el robot *Shakey*, que ja podia moure's sol i detectar el terreny on estava.

3.2.3.3.- Robots de 3a Generació (Robots amb control sonoritzat)

Són robots de la tercera generació tots aquells dels anys 80 i 90. Ara els robots compten amb una gran novetat, els controladors (ordinadors), que utilitzen dades programades o la informació que rep dels sensors. Vol dir llavors, que tot i ser dotats de una programació prèvia, si aquest veu amb els sensors que no pot ser duta a terme, rectifica l'acció i la duu a terme. Els robots ara es consideren de fil tancat i no obert com solia ser, vol dir que ara aquests són conscients del món i s'adapten. Un exemple d'aquesta generació molt rellevant és el conegut *HelpMate* de Joe Engelberger, el qual dotava de totes aquestes característiques i va contribuir molt ajudant en els 12 hospitals que va ser venut.

3.2.3.4.- Robots de 4a Generació (Robots intel·ligents)

Aquesta es la generació actual, on el robots es caracteritzen per tenir uns sensors molt bons d'alta tecnologia que envien la informació molt ràpidament al PC incorporat i mitjançant complexes estratègies de càlcul processen la informació i actuen d'una manera més efectiva i audaç que com es solia fer, a mes que el marge d'error és menor. Aquets robots es denominen com a intel·ligents, per tenir una intel·ligència artificial bastant sofisticada per la tecnologia existent però encara per millorar, per arribar a la complexitat de la humana. Les existents funcionen gairebé com les nostres, mitjançant coneixements, xarxes neuronals i altres xarxes d'anàlisi i obtenció de dades. Aquest robots son bastant fiables i es poden utilitzar a tot tipus de tasca. És un exemple el robot que va revolucionar el món al any 2000, *Asimo*, que feia tasques que es consideraven impossibles per a un robot.

3.2.3.5.- Robots de 5a Generació

La cinquena generació de robots és la reservada a la següent de la actual. Aquesta nova generació sorgirà al aconseguir intel·ligències artificials 100% autònomes i que sàpiguen actuar sense cap supervisió humana i la seva intel·ligència sigui equiparable a la nostra. També una altra implementació a aquesta generació, apart d'uns millors sensors i arquitectura més optimitzada, serà l'ús de la nano tecnologia, ara en procés de desenvolupament. Un cop arribada aquesta

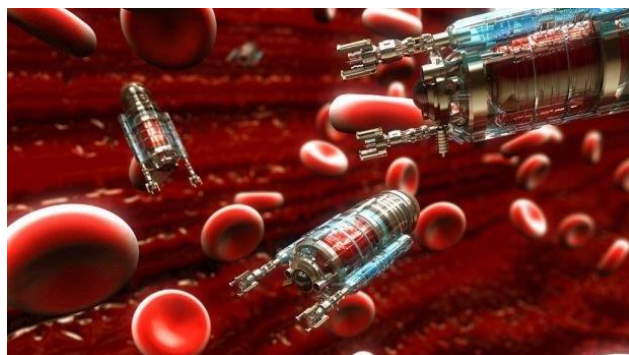


Fig. 21. Concepte Nano Robots.⁴⁵

⁴⁵ <http://elcomercio.pe/ciencias/inventos/nanorobots-nueva-forma-combatir-cancer-noticia-1820287> [Consulta: 6-12-2016].

generació, els robots ja haurien de complir les lleis que Asimov va redactar, però que encara no tenen un ús directe perquè el robots no tenen tanta autonomia. Podrien arribar a ser exemples robots a la nostra imatge i intel·ligència, i els esperats nano robots per a la branca de la medicina per curar malalties greus sense causar mals grans.

3.2.4.- Robots segons la seva arquitectura

Quan es distingeix a un robot per la seva arquitectura és principalment per la seva forma externa, que pot ser fins i tot metamòrfica gràcies a la incrementació recent de la flexibilitat funcional del robot i als nous materials. Els robots, des de el punt de vista extern, es poden classificar de diverses formes:

3.2.4.1.- Poli articulats

Aquests robots solen adaptar diverses formes i configuracions adaptades a la seva tasca, però tots comparteixen la característica de ser gairebé sedentaris i estar fixats en una àrea de treball limitada, aquest robots tenen una mobilitat reduïda respecte a moure's distàncies, però no vol dir que algun sigui dotat d'alguna guia per moure's mínimament, tot i que aquesta no és la funció principal; la principal és operar en un sector de manera més efectiva que els humans i en tasques complicades. Els exemples per excel·lència d'aquest sector són els manipuladors (braços robòtics), amb l'exemple del clàssic Unimate 2000.

3.2.4.2.- Mòbils

Els robots mòbils són aquells que han sigut dotats de una gran capacitat de desplaçament, basats principalment en cotxets o plataformes i amb un bon sistema locomotor-mecànic de tipus rodant. Aquest tipus de robots són dotats de molt bons sensors per poder posicionar-se i saber actuar davant de qualsevol tipus d'anomalia inesperada i per saber com actuar de per sí pot ser sense un operador. Llavors és evident que aquests robots són dotats d'una intel·ligència increïble si són autònoms. Molts d'aquests robots ajuden en cadenes de producció per transportar peces, ja sigui per la seva autonomia, tele-operats o amb guies. Existeixen molts tipus de robots mòbils, tots ells basats específicament en la seva aplicació o característiques externes.

- Robots amb rodes.
- Robots eruga o amb cadena.
- Robots amb potes o zoomòrfics.
- Robots aeris.
- Robots marins o submarins.
- Robots humanoides.
- Robots manipuladors mòbils.
- Robots transformables.

3.2.4.3.- Humanoide

Són aquells robots que intenten reproduir al complet o parcialment la forma i comportament dels humans. Des dels principis sempre s'ha imaginat com a robot un a la imatge i semblança nostra i s'ha imaginat en moltes novel·les i films. Actualment els robots andròides estan bastant més millorats que els de fa menys de 30 anys, però encara queda moltíssim per desenvolupar ja que la morfologia cinemàtica humana és molt complexa. Un exemple dels andròides més desenvolupats fins al moment és el robot *Asimo*.

3.2.4.4.- Zoomòrfics

Els robots zoomòrfics són robots que s'assemblen a la forma dels animals, normalment terrestres amb potes, com les aranyes, o sense, com serps. Aquests robots, en el que destaquen principalment és el la gran adaptació al terreny per el seu disseny, però el seu punt feble és el mateix que el dels humanoïdes, la mobilitat. De fet aquest gènere i el dels humanoïdes són com cosins germans per les grans similituds, on sol varia la forma. És un exemple de robot zoomòrfic el gos AIBO, creat per Sony.

3.2.4.5.- Híbrids

Els robots híbrids, com bé diu el nom és la combinació de dos coses compatibles, en la robòtica, els robots híbrids pretenen trobar un robot més complexes, de fet qualsevol manipulador combinat amb un sistema de moviment com un robot eruga, ja es consideraria un híbrid d'aquells dos tipus de robot. Un exemple real de robot híbrid és el *Curiosity* de la NASA destinat a Mart, que és capaç de moure's i amb un trepant incorporat recollir mostres

3.3.- CONSTRUCCIÓ DEL ROBOT

En aquesta part començarem a aplicar tots els conceptes apresos en la investigació del món de la robòtica.

Com bé hem pogut veure en l'apartat de Història de la robòtica, des de temps molt llunyans s'ha procurat fer màquines lo més autònomes possibles, que no requerissin aplicar cap tipus de control humà, és a dir, que fossin lo més autosuficients possible. A més a més, el primers robots de la robòtica amb sensors i CPU, han tingut tots la mateixa utilitat o funció: moure's per un determinat espai sense xocar amb les parets, demostrant de que la tecnologia tot ho pot fer possible. Aplicant aquest fet històric i demostrant la part central del funcionament d'un robot que hem vist en l'apartat del Computadors central, l'esquema del qual era que es rebia una informació pels SENSORS, aquesta informació la processava la CPU i finalment passava l'acció desitjada a dur a terme als ACTUADORS, llavors s'ha decidit fer un robot que sigui capaç de moure's per un espai, sense necessitar de un control constant i que

evidentment sigui capaç de no xocar, evitant obstacles que se'l presentin durant el recorregut automàticament, també que tingui una doble alimentació amb una bateria portàtil per a un millor funcionament, i que quan detecti un objecte molt a prop i hagi de fer un gir sobre el seu eix, piti i emteixi una llum depenent a la distància que trobi objectes.

Per tant, per a la construcció del robot, optarem per utilitzar els següents materials:

- ✓ Com a microcontrolador es farà servir una placa Arduino UNO, pel gran nombre d'opcions/projectes que es poden fer amb ella, per ser la més utilitzada en robots "simples" o "primers robots", per disposar de un bon programa per poder programar (Arduino), i finalment i més important, perquè per programar, com bé ja sabem es fa servir el llenguatge C.



Fig. 22. Placa Arduino Uno.⁴⁶

- ✓ Com a sensors es farà servir un sensor d'ultrasò HC-SR04. Es fa servir aquest tipus d'ultrasò per ser bons guies per al tipus de robot que es pretén aconseguir.

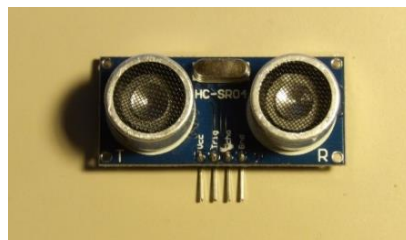


Fig. 23. Sensor d'ultrasò HC-SR04.

- ✓ També es necessita un adaptador de sensors LRE-A (model exclusiu de l'empresa Leantec).
- ✓ Com actuadors farem servir dos motors DC amb reductora (1:120) que ja de sèrie estan junt a un petit sistema de transmissió que és un petit pal rotatori connectat al rotor del motor.

⁴⁶ Les figures 22 i 23 pertanyen a l'autor del estudi.

- ✓ També és necessita un controlador de motors, i es farà servir un Doble Pont-H. El model el qual es fa servir és un L298N, el qual es capaç de controlar els dos actuadors del robot.

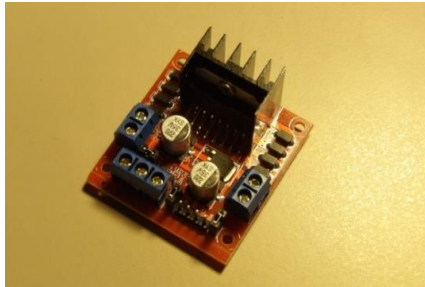


Fig. 24. Doble Pont-h L298N.⁴⁷

- ✓ Per fer el robot més interessant, es farà servir un mòdul brunzidor passiu magnètic, que té una intensitat de so de 85db a 10cm.

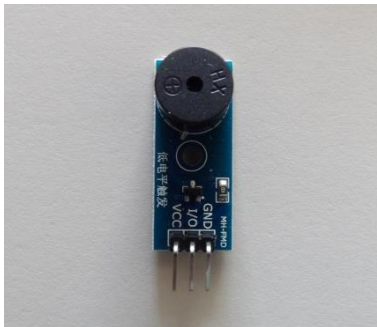


Fig. 25. Mòdul brunzidor.

- ✓ Per la connexió entre mòduls i motors es faran servir diferents cables mascle-mascle i mascle-femella.
- ✓ Es necessita un xassís per posar tots el components que consti de diferents forats per posar-hi el cablejat i tornavisos.
- ✓ I com materials extres necessitarem d'un porta piles per a 4 piles AA, una bateria portàtil o similar, varis tornavisos i femelles, cablejat elèctric, un interruptor ON/OFF per al circuit, 8 cilindres separadors mascle-femella (opcional, però recomanable), dues rodes, brides, borns d'entroncament, una placa de proves, tres leds de diferents colors i una roda de suport posterior.



Fig. 26. Materials diversos i xassís.

⁴⁷ Les figures 24,25 i 26 pertanyen a l'autor de l'estudi.

Un cop amb tots els materials, comença la construcció. Personalment he adquirit els productes a través de les plataformes Ebay y Amazon, i recomano pel bon servei que hem van proporcionar i la rapidesa d'enviament del material a les empreses Leantec, Modutronic, Electrrio⁴⁸ i el venedor particular *Pagarpoquito.com*.

I ara començarem l'assemblatge del Robot. Cal indicar que és molt senzill muntar-lo però que cal fer-ho amb atenció ja que en el tema de posar el cablejat, qualsevol cable fora de lloc farà impossible que funcioni o que no circuli com és degut l'alimentació per tot el circuit. Comencem:

1. Muntem les següents parts bàsiques tal i com indica el manual de l'empresa que es troba als annexes, procedent d'on s'ha comprat el set del xassís:

Nota: no és precís muntar el robot en aquesta ordre, però és la forma més còmoda i ràpida de fer-ho. També es veu que s'instal·len els discos per *encoders* en les dues rodes, aquests no es faran servir en el robot, però et donen la possibilitat en cas de compra d'un sensor infraroig per poder controlar el moviment a base de rotacions de les rodes.

2. A la part superior del xassís hi cargolarem els sensors d'ultrasò, el microcontrolador Arduino, el Doble Pont-H, el mòdul brunzidor i els leds sobre la placa de proves. Aquests poden ser instal·lats en diferents llocs del xassís, però situarem el sensor d'ultrasò al centre davanter del xassís amb l'ajut d'un adaptador de sensors per donar-li altura i pugi veure el que té davant.; l'Arduino al centre del robot amb ajut de de separadors cilíndrics; el Doble Pont-H, al damunt del porta-piles amb ajut de dos separadors cilíndrics; i el mòdul brunzidor al costat del Doble Pont-H cargolat directament al xassís, també es posa la placa de proves a la part davantera amb amb els trets leds i la bateria portàtil es posa entre el porta piles i la placa arduino (aquesta servirà per donar una alimentació directa al Arduino i així doncs que el controlador de motors i els motors tinguin una alimentació específica, ni és necessari però aconsellable).
3. Fem les connexions fent servir cablejat elèctric i els cables mascle-mascle i mascle-femella tal i com indica la següent imatge:

⁴⁸ Va amb dues "r" el nom d'aquesta empresa, no és cap error.

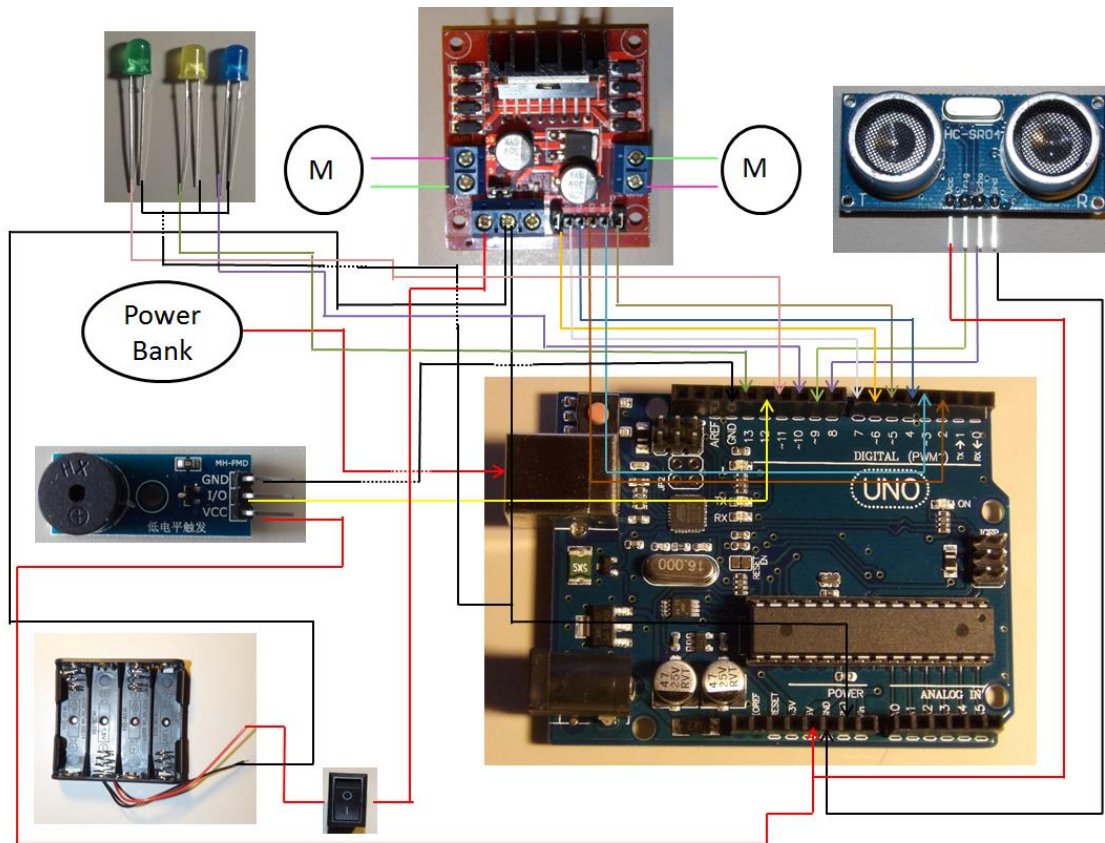


Fig. 27. Esquema de connexions de cables.⁴⁹

Nota: El color dels cables no influeix en res, és orientatiu i per no confondre's, no obstant això, amb els de color tant vermell com negre s'ha de ser prou curós a l'hora de fer la connexió ja que si es varia malament la polaritat, el circuit no funcionaria. Es pot observar que en el pin 5V hi han connectats varis cables procedents de diferents llocs, això és així, no és cap error. Aquí s'ha de fer un entroncament de cables i és recomanable fer-ho soldant per assegurar un millor connexió, però en aquest cas s'ha fet servir borns d'entroncament que faciliten la connexió. Si ens fixem en el controlador de motors (Doble Pont-H), als laterals hi ha les sortides positives i negatives que van connectades als motors de corrent continua. Aquests molts cops no indiquen la polaritat de connexió i el recomanat i el que s'ha fet és anar provant fins descobrir quina polaritat tenia cada "palet", on un cop esbrinat quin era quin, s'ha soldat per assegurar una millor connexió.

⁴⁹ La fotografia pertany a l'autor de l'estudi.

4. Ara ja tenim el robot completament assembletat i sol falta buscar-li un nom. Aquest és diu The Ardubeast AD, en tribut al robot antic *the beast* (la bestia) que té característiques similars a aquest robot, i per l'ús de la placa Arduino com a "cervell". I el AD final fa referència a les inicials dels mesos de creació del robot i finalització/naixement (Agost i Desembre).



Fig. 28. Imatges del robot.⁵⁰

Un cop tot llest, ens assegurem que funciona i passem a la part més important, la part que farà que el robot sigui un robot i tingui "vida". Farem servir el programa Arduino, i el llenguatge C per programar, ja que és el més adient pel tipus de característiques del robot i pel tipus de Robòtica que estem fent anar. El programa Arduino es descarrega des de la següent web: <https://www.arduino.cc/en/Main/Software> (Web oficial d'Arduino) tot gratuïtament.

⁵⁰ El collage de fotografies pertany a l'autor de l'estudi.

Com bé sabem Arduino es programa amb el llenguatge C. Aquest llenguatge té un plantilla bàsica de programació que es divideix en tres parts:

1. Definir: En aquesta part definim les constants, les variables i incloem les llibreries. Les llibreries són uns fitxers de dades que et faciliten les empreses distribuïdores de sensors, i aquestes a part de donar informació sobre els sensors, fan que puguin funcionar amb la teva programació.

```
#include <LEANTEC_ControlMotor.h>
ControlMotor control(2,3,7,4,5,6); // MotorDer1, MotorDer2, MotorIzq1, MotorIzq2, PWM_Derecho, PWM_Izquierdo
#include <Ultrasonic.h>
Ultrasonic sensor (9,8,30000); // (Trig PIN, Echo PIN, microsegons max "distància màxima") 30000us = 5 metres( Aquesta ultima dada és el delay màxim)
```

Fig. 29. Programació (llibreries).⁵¹

Primer que tot es comença introduint les llibreries (en cas que en tinguin els sensors que el componen el robot), en el nostre cas tant el controlador de motors com el sensor d'ultrasons requereixen de les seves llibreries (aquestes les proporciona la pròpia empresa que els distribueix). Un cop incloses en el programa fent clic a Programa→Incloure llibreria→seleccionar les dues que necessitem (cada volta s'agrega una), s'ha de declarar sota de cada llibreria inclosa a quins pins hem connectat cada sensor tal i com es mostra en la imatge. En el cas de controlador de motors hem utilitzat els pins 2,3,7,4,5,6. I en el sensor d'ultrasons hem utilitzat els pins 9 i 8, i també indiquem quina és la distància màxima que l'ultrasò és capaç de detectar (aquesta és de 5 metres segons el venedor).

Nota: Es pot veure que després de declarar pins hi ha una doble barra i escrit, en C, per escriure explicacions sobre el propi programa es fa servir la doble barra (també hi ha maneres) i s'escriuen la mateixa línia. I després de declarar pin i dades sempre s'ha d'escriure un punt i coma (;).

Després d'afegir les llibreries, s'afegeixen les variables que a tot programa són necessàries, aquestes poden ser del tipus *char*, *int*, *long*, *short*, *float*, *double* i *void*. Aquestes dades elementals es diferencien entre elles segons de quants bytes siguin i a quin rang consegüentment poden correspondre tal i com mostra la següent taula d'un seminari fet pels professors de la URV Santiago Romaní i Pere Millán:

⁵¹ La fotografia pertany a l'autor de l'estudi.

1.1. Tipus de dades elementals.

TIPUS	BYTES	RANG
char (caràcter)	1	-128 a 127
int (enter)	2	-32768 a 32767
long (enter llarg)	4	-2147483648 a 2147483647
short (enter curt)	2	-32768 a 32767
float (real)	4	3.4 exp -38 a 3.4 exp 38
double (real doble precisió)	8	1.7 exp -308 a 1.7 exp 308
void (no res)	-	-

- void és el tipus de dades buit, i es fa servir per expressar que una funció no retorna res, o no rep cap paràmetre, etc.

- Possibilitat de definir signed o unsigned. unsigned especifica que només s'admetran valors positius i, per tant, permet treballar amb el rang ampliat (per exemple, unsigned char tindrà un rang de 0 a 255).

- Definició de variables: primer es posa el tipus i després el nom de les variables d'aquell tipus (float és el tipus i real és el nom de la variable).

```
int      i,lon,numero;
char     c;
unsigned char c2,kar;
float    real;
double   real_gran;
```

Fig. 30. Seminari professors URV.⁵²

Llavors, pel tipus de robot, sensors i controlador que es fa servir, per la distància es requereix d'un valor long; pel sentit, pel pin del mòdul brunzidor, pel nombre de sorolls del mòdul, pel número del so (el número de freqüència), i pels diferents leds que hem connectat amb els seus corresponents pins amb la variable int és més que suficient.

```
long distancia=0;
int sentido=1;      //El sentit pot ser positiu o negatiu (1 o -1)
int speakerPin=12;
int numTones=1;
int tones[] = {261};
int LedBlau=10;
int LedVerd=11;
int LedGroc=13;
```

Fig. 31. Programació (variables).⁵³

Nota: després de fer servir la variable, podem escriure en qualsevol idioma ja que és una variable que afegim la podem anomenar en l'idioma que es vulgui.

⁵² La fotografia pertany a un seminari en línia fet per dos professors de la URV.

⁵³ La fotografia pertany a l'autor de l'estudi.

2. Funcions: Definim les funcions del programa, que molts cops es podrien negligir, però en nostre cas serveix per estalviar escriure durant el programa, i així introduir un nou concepte.

```
void parada (uint16_t tiempo){
    control.Motor(0, 0);
    delay(tiempo);
}
```

Fig. 32. Programació (Funcions).⁵⁴

En la part de funcions, sol afegirem una que ens estalvia escriure molt més endavant a la part d'accions. El que fem és dir que amb parada els motors estaran parats sense variar el sentit (0,0), i afegim la variable *delay* per indicar que ens referirem a un temps determinat. Per tota acció, un cop es comença i s'acaba, s'ha de posar entre claus.

3. Accions: Posem el programa que vulguem que el robot segueixi. Per iniciar hem d'escriure *void setup* i s'inclou el sentit cap a on es mou el robot des del començament i es declara els diferents leds com a sortida d'ordre. Aquest *void setup* pot servir per una acció que volem fer un sol cop o per més constants, però ens interessa fer un robot que funcioni constantment. Llavors, després escrivim *void loop* i incloem tot el programa que vulguem que el robot segueixi a base de *if*, on el robot actuarà segons la distància que tingui fins l'objecte que tingui davant, avançant més ràpid, més lent, girant o fins i tot si necessita parar per girar bruscament cap a un sentit contrari. Segons aquesta estructura el robot estaria en moviment constant i actuant segons els *if*.

```
void setup(void) {
    sentido=1;      //Arranquem en sentit positiu (endavant)
    pinMode (LedBlau,OUTPUT);
    pinMode (LedVerd,OUTPUT);
    pinMode (LedGroc,OUTPUT);
}
```

Fig. 33. Programació (Void setup).

⁵⁴ Les figures 32 i 33 pertanyen a l'autor de l'estudi.

Com s'ha dit, la part d'accions es comença amb un *void setup*. En aquest robot es fa un *void setup* de les accions que es vol sempre en marxa, llavors es fa un *void setup* del *void* anterior que s'havia escrit i s'afegeix el sentit en que comença el moviment (en aquest cas en sentit positiu).

```
void loop(void) {
  distancia=sensor.Ranging(CM);

  if(distancia > 150){
    sentido *= -1;
    control.Motor(80, 0);
    digitalWrite(LedBlau,LOW);
    digitalWrite(LedVerd,LOW);
    digitalWrite(LedGroc,LOW);
    noTone(speakerPin);
  }else if(distancia > 100) {
    control.Motor(80, 0);
    digitalWrite(LedBlau,LOW);
    digitalWrite(LedVerd,LOW);
    digitalWrite(LedGroc,LOW);
    noTone(speakerPin);
  }else if(distancia > 80) {
    control.Motor(70,0);
    digitalWrite(LedBlau,HIGH);
    digitalWrite(LedVerd,LOW);
    digitalWrite(LedGroc,LOW);
    noTone(speakerPin);
  }else if(distancia > 50) {
    control.Motor(60,0);
    digitalWrite(LedBlau,LOW);
    digitalWrite(LedVerd,HIGH);
    digitalWrite(LedGroc,LOW);
    noTone(speakerPin);
  }else if(distancia > 25) {
    control.Motor(50,0);
    digitalWrite(LedBlau,LOW);
    digitalWrite(LedVerd,LOW);
    digitalWrite(LedGroc,HIGH);
    noTone(speakerPin);
  }else{
    tone(speakerPin, tones); delay(50);
    digitalWrite(LedBlau,HIGH);
    digitalWrite(LedVerd,HIGH);
    digitalWrite(LedGroc,HIGH);
    control.Motor(-200, 0);delay(400);
    control.Motor(200, 100*sentido);delay(500);
    parada(750);
  }
}
```

Fig. 34. Programació (Bucle).⁵⁵

⁵⁵ La fotografia pertany a l'autor de l'estudi.

Un cop acabat el *void setup*, es fa un *void loop* (bucle) d'accions que es volen que es repeteixin indefinidament. Llavors s'escriu *void loop (void)*, amb un *void* entre parèntesis ja que hem fet dos prèviament i es posen dades importants com que la distància del sensor d'ultrasons és en centímetres.

Després toca escriure els condicionants per a cada distància que detectin els sensors. Llavors s'inicia el condicionant *if* i s'introdueixen diferents condicions (*if* i *else if*) en funció a la distància a la que es trobi d'un objecte, dient en totes en quin sentit ha d'anar, la velocitat del motor i sentit [(n,m) en tot control de motor es fan servir dos valors, que anomenem per exemple n i m: el valor n és la velocitat a la que van els motors, la velocitat màxima dels motors d'aquest robot és de 255; i el valor m, es refereix al sentit al que va, si és 0 va al sentit que hem configurat al *void setup*, però a l'inici es fa servir el valor -1 amb un asterisc per enregistrar-lo per quan el fem variar més endavant amb un percentatge], també indiquen si fa soroll i no, s'introdueix quan i quin led fa llum, i s'introdueix una parada en l'últim condicionant per donar temps a reaccionar al sensor d'ultrasò en cas de gir.

Per exemple: Per distàncies majors a 150 cm, va en sentit 1, amb una velocitat de 80, sense mòdul brunzidor (sense soroll llavors) i cap led fa llum.

Llavors, si s'entén bé el concepte, en distàncies entre 50 cm i 25 cm, es va a una velocitat de 50 amb el mateix sentit, el mòdul brunzidor no fa soroll i s'encèn el led de color groc.

Es pot veure que després dels *if* i *else if* de distàncies, hi ha un *else*; aquest dona accions per a valors diferents als condicionats anteriorment, llavors comprèn valors entre 25 cm i 2 cm (aquest 2 cm és la distància mínima que el sensor és capaç de detectar). Aquí es diu que faci un soroll, tiri enrere a 200 de velocitat durant 0,4 s, després giri a 200 de velocitat i en sentit complert durant 0,5 segons tal com indica el *delay* per continuar el bucle, i para 0.75 s per donar temps a reaccionar al robot per si es troba en un lloc molt estret, i durant tot es procés els leds estan il·luminats.

I amb el final d'aquest bucle es tanca la clau del bucle i per tant es dona per finalitzada la programació del robot i conseqüent finalització del robot evita obstacles autònom.

Errors comuns: Durant el procés de programació és freqüent trobar-se amb errors que no permeten verificar i pujar bé el programa al robot per algun error. Es recomana quan el programa té un error i ho impedeix revisar atentament: haver posat els punts i comes a final de declaració dels pins de llibreries, a final de cada variable, a final de cada part que integra una funció *void*; també s'ha de revisar haver tancat correctament els claudàtors en tots els *void*; i per últim examinar també si el programa és correcte a les connexions de cables ja que és més que probable que si el programa és correcte el cablejat no hagi estat ben connectat; també es recomana que si tots els passos anteriors són correctes, observar si

tots els components funcionen com és degut, ja que pot haver cops que un motor sigui més potent que l'altre i faci que es desviï com les imperfeccions que poden tenir les rodes pot fer.

CONCLUSIONS

Al principi del projecte ja es sabia que aquest no resultaria fàcil encara que ja és tingués un petit coneixement sobre el tema. Arribat a aquest punt ja es poden respondre les preguntes i objectius que es van plantejar esbrinar en el treball.

Primer que tot la història de la robòtica ha quedat clar que no és tan recent com es podia pensar al principi, aquesta s'ha comprovat que prové de fa molts anys amb els autòmats i màquines automàtiques que es desenvolupaven. També s'ha d'afegir a aquest punt que, tot i provenir de fa molts anys, en els darrers anys (principalment segle XX) la robòtica s'ha fet un renom important tant en el món actual com en les novel·les, convertint-se doncs en un tema molt recurrent en la literatura i més endavant en les pel·lícules. També des de la creació del braç robòtic industrial, la robòtica ha crescut molt ja que el seu potencial es va poder observar i aquest fet provocà que es desenvolupés molt i que molts enginyers i informàtics centressin esforços en desenvolupar màquines millors i més intel·ligents. Llavors sabent doncs que en aquests últims anys ha evolucionat tant, no és gens estrany pensar que la robòtica s'ha inventat fa poc, i és que en cert mode no és cap disbarat, ja que el terme robot com a tal sí que prové dels últims anys, però la idea i similars (autòmats i màquines automàtiques) són molt antigues i són els antecedents al que avui es coneix com a robòtica.

Gràcies a la història, es pot entendre l'actualitat dels robots actuals. Presentment ja s'ha vist que els robots es poden classificar de diverses formes. Però és molt clar que la robòtica va evolucionant des de fa anys cap a la creació de robots amb intel·ligència artificial (la coneguda com 5a generació de robots). També, consegüentment, amb l'evolució constant dels robots cap a l'autonomia absoluta, s'han creat molts robots i màquines que avui dia ens faciliten molt la vida, i fins i tot ens ajuden a salvar vides, com el robot mèdic *Da Vinci*. Però aquesta evolució també ha causat un gran temor en les persones que s'ha reflectit en la literatura i cinema, fent fins i tot que el famós escriptor i enginyer Isaac Asimov, en les seves novel·les, establís una sèrie de normes/lleis per als robots. Aquestes regles no són del tot oficials actualment com s'ha pogut observar en el cas dels robots militars, però aquestes són unes regles a seguir i tenir en compte per a molts inventors.

De la part més tècnica del treball i que influeix a la morfologia bàsica d'un robot, s'ha observat que un robot bàsicament funciona sota l'esquema bàsic Sensor→CPU→Actuadors. Tot i semblar molt bàsic aquest, analitzades cada part més detingudament s'ha observat que hi ha una gran varietat de tipus i característiques a tenir en compte, i en l'apartat de CPU aquestes varietats són encara més àmplies. És llavors, que en els sensors s'ha observat que existeixen un gran nombre de sensors basats en un fenomen físic diferent cadascun i que es classifiquen en interns o externs segons la interpretació pròpia dels quals, ja que hi ha sensors que es poden considerar tant interns com externs. Per exemple: un sensor de tacte pot ser considerat com intern o extern si en relacionem la interacció d'aquest amb ell mateix o amb l'exterior, és a dir, si serveix per detectar per exemple si té un objecte davant per l'accionament d'aqueix o per evitar que una mà robòtica es tanqui més del necessari en algunes parts que no es relacionen.

Dels actuadors, un cop coneguts els tres existents més famosos de la robòtica, es apreciable que per determinats robots prèviament s'haurà de fer un pensament de quin pot complir millor la tasca. Llavors si es busquen feines més ràpides i simples es triarien actuadors neumàtics. Per tasques d'altres càrregues necessitaríem fer un pensament i utilitzar els hidràulics. I per tasques que requereixen precisió, facilitat de control i fiabilitat d'entre altres, els actuadors elèctrics són els adients. També lligat als actuadors, s'ha observat que tant el sistema de locomoció, transmissió i reducció són sistemes i en el cas dels reductors component, que s'han de tenir molt en compte per al bon funcionament dels actuadors i, conseqüentment, del robot. Però més específicament el sistema de locomoció és un sistema molt important que al final també fa que el robot faci o unes tasques o d'altres i que aquest també funcioni.

Del CPU, hi ha molt a concloure ja que s'ha investigat i descobert que és molt complex i que al final és la part més important del robot. Dels microcontroladors, tot i que sol s'han analitzat els més importants de la robòtica no industrial, aquests s'ha vist que són el cervell del robot que ens dona la possibilitat per poder fer del robot una màquina intel·ligent amb l'ajut dels llenguatges de programació. Respecte als llenguatges de programació, a part de ser la intel·ligència del robot, s'ha vist que existeixen molts tipus de llenguatges i que aquests tendeixen a buscar la simplicitat a l'hora d'escriure i també donar moltes possibilitats. També s'ha observat que els llenguatges existents són una evolució o intent d'evolució per eliminar l'ús de l'anterior per facilitar les coses.

I de la part de la construcció del robot, ha estat sorprenent l'evolució que s'ha fet des del principi del muntatge fins al final i les hores que s'inverteixen en aquest. Des del punt de vista de la morfologia d'aquest el muntatge i tria de parts no és gens complicat, però de la programació hi ha molt que comentar. El microcontrolador utilitzat (Arduino UNO), ha donat

moltíssimes possibilitats de programació del robot ja que utilitza el llenguatge C, aquest és un llenguatge complex i amb una sintaxis clara com s'havia anticipat en l'estudi previ. Però a l'hora de programar es percep aquesta teoria molt clarament, adonant-te doncs que et proporciona moltes possibilitats, que és molt complex el llenguatge però alhora bastant clar i lògic, que la teoria del llenguatge s'ha de tenir molt clara per a que la programació sigui efectiva i correcte i, per últim, per programar és apercebibible que tot i sabent i tenint en compte les anteriors coses el més important al final és pensar molt en que s'escriu i què pot passar si s'escriu allò, és a dir que s'han de tenir en compte moltes coses.

Del robot construït es poden dir moltes coses. Aquest robot, tot i que per alguns pot semblar simple, ja s'ha vist que en el fons és complex i que requereix de molt d'esforç, però, quines utilitats té o podria tenir? És simple, l'actual robot tal i com és es podria considerar com un robot educacional amb la utilitat simple que per esquivar objectes i dir-te si es troba molt a prop d'un fent soroll. Però aquest mateix robot si s'equipés d'un sistema d'aspiració i un petit GPS, seria perfectament un robot de neteja que molts immobles ja disposen (el famós IRobot). Però no sol podria servir amb aquestes millores per a una casa, en una mida més gran i amb millors components podria servir per netejar una nau industrial o fàbrica i amb un detector acústic per l'encesa i apagat seria ideal. També aquest robot acompanyat d'un sensor d'infraroig i amb un xassís més robust, seria perfectament un robot de competició de lluites de robots sumo. Una altra utilitat seria, amb la incorporació d'un GPS, podria servir per fer un vehicle de reconeixement geogràfic d'una petita zona per elaborar mapes. I així amb petites incorporacions es podria aconseguir un robot molt útil, ja que la programació que té és prou complexa i útil per a molts robots.

I per concloure, ja es poden respondre a les dues preguntes plantejades al començament. La robòtica és un àrea que ja s'ha pogut veure molt complexa i que cada cop s'anirà expandint més i més fins la creació de robots molt similars als humans al cap de molts anys, ja que ara per ara ASIMO és el robot humanoide més desenvolupat i encara té molt a aprendre. I en relació a la dificultat de construcció d'un robot, ara ja es pot dir que sí, construir un robot és molt complex, no vol dir difícil però molt complex i que requereix de moltes hores que al final amb el resultat valen la pena.

BIBLIOGRAFIA

ACCIONAMIENTOS Y ACTUADORES ELÉCTRICOS. *Ingeniería de Máquinas*. Apunts universitaris fets per Rafael Sánchez Sánchez [En línia]. Huelva: Universitat de Huelva.

AVILÉS, Alicia i SARTO, Dolores: “Dissección: ‘Metrópolis’, de Fritz Lang. ‘La máquina genética del cine’”. *Eldiario* el 15 d’agost del 2015 [En línia].

BERGREN, Charles M. (2003): *Anatomy of a Robot*. Estats Units: McGraw-Hill. 306 p.

COWEN, Ron: “Las voces fantasmagóricas de la muñecas de Edison”. *El País* el 7 de maig del 2015 [En línia].

DENIA, Santiago: “Nanorobots, los robots que combaten el cáncer desde dentro”. *Republica* el 18 de gener del 2016 [En línia].

DIVERSOS AUTORS: *Fundamentos de robòtica*. Dins de BARRIENTOS, Antonio (coord.)(1997). Madrid: McGraw-Hill. 344 p.

EL LENGUAJE VHDL CONCEPTOS BÁSICOS. *Circuitos integrados y microelectronica* [En línia]. Madrid: Universidad Carlos III. <http://ocw.uc3m.es/tecnologia-electronica/circuitos-integrados-y-microelectronica/teoria_vhdl/vhdl-2-conceptos-basicos-1> [Consulta 27-11-2016].

FITA, Josep: “ Samuel Sánchez: “Hemos creado nanorobots que podrían combatir el càncer desde dentro del cuerpo””. *La Vanguardia* el 20 de novembre del 2014 [En línia].

HORNYAK, Tim: “The face that launched a thousand robots”. *The Japan Times* el 20 d’agost del 2008 [En línia].

KERNIGHAN, Brian W. I RITCHIE, Dennis M. (1991) : Lenguaje de programación C. Mèxic: Pearson Education. 274 p.

OLLERO, Anibal (2001): *Robòtica: manipuladores y robots móviles*. Barcelona: Marcombo. 447 p.

PÉREZ, Ana: “Robots médicos que salvan vidas”. *Quo* el 30 de maig del 2013 [En línia].

POVEDANO, Julián: “El hombre de madera que pedía limosna por Toledo”. *El Mundo* el 13 de febrer del 2009 [En línia].

ROSENBERG, Yudi de “El Gòlem i els fets miraculosos del Maharal de Praga”. Dins ROSENBERG, Yudi de (2013): *Introducció*. Martorell: Adesiara. p. 7-26.

SEMINARI D'INTRODUCCIÓ AL LENGUATGE “C”. Seminari fet per Santiago Romaní i Pere Millán [En línia]. Tarragona: Universitat Rovira y Virgili.

TORRENTE, Óscar de “Arduino: curso de formación”. Dins TORRENTE, Óscar de (2013): *CAPÍTULO 2. HARDWARE ARDUINO: ¿QUE ES ARDUINO?*. Mèxic: Alfaomega. p. 63-66.

VILLARREAL, David: “Realidad aumentada, avatares y robots: así es la Industria 4.0 de Mercedes-Benz”. *Diariomotor* el 19 d'octubre del 2016 [En línia].

“El león mecánico de Leonardo da Vinci vuelve a la vida”. *ITespresso* el 18 d'agost del 2009 [En línia].

“Irak se suma al desarrollo de robots militares con su ‘robotanque’ anti-Daesh”. *Sputnik Mundo* el 23 d'agost del 2016 [En línia].

“Nanorobots, una nueva forma de combatir el càncer”. *El Comercio* el 22 de juny del 2015 [En línia].

“Robots educativos, imprimibles y de bajo coste”. *Imprimalia 3D* [En línia].

WEBGRAFIA

ABC Electronics <<http://www.abcinnova.com/articulos-e-informacion/18-ique-es-un-plc-y-que-beneficios-tiene.html>> [Consulta: 24-11-2016].

Adept <<http://www.adept.com/company/about>> [Consulta: 19-08-2016].

Aprendeaprogramar.com

<http://www.aprenderaprogramar.es/index.php?option=com_content&view=article&id=368:ique-es-java-concepto-de-programacion-orientada-a-objetos-vs-programacion-estructurada-cu00603b&catid=68:curso-aprender-programacion-java-desde-cero&Itemid=188> [Consulta: 24-11-2016].

Arduino <<http://arduino.cc/>> [Consulta 7-10-2016].

Autómatas en la historia

<http://automata.cps.unizar.es/Historia/Webs/automatas_en_la_historia.htm> [Consulta: 17-08-2016].

Automatización Industrial <<http://industrialautomatica.blogspot.com/2010/09/elementos-de-fuerza-cilindros-y-motores.html>> [Consulta:25-10-2016].

Carnegie Mellon University

<http://www.ri.cmu.edu/research_project_detail.html?type=publication&project_id=362&menu_id=261> [Consulta: 19-08-2016].

Centro Médico Teknon <<http://www.teknon.es/robot-quirurgico-da-vinci>> [Consulta: 6-12-2016].

Codejobs <<https://www.codejobs.biz/es/blog/2013/03/02/que-es-python>> [Consulta: 24-11-2016].

Control y Robótica

<http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0708/archivos/_15/Tema_5.1.htm> [Consulta: 19-08-2016].

Cyberneticzoo.com <<http://cyberneticzoo.com/robots/1940-sparko-the-robot-dog-american/>> [Consulta: 18-08-2016].

DesarrolloWeb.com <<http://www.desarrolloweb.com/articulos/1325.php>> [Consulta: 24-11-2016].

Direct industry <<http://www.directindustry.es/prod/harmonic-drive-ag/product-4733-440510.html>> [Consulta:25-10-2016].

Educaixa <https://www.educaixa.com/microsites/ilusionismo/mecanismo_heron/> [Consulta: 16-08-2016].

El bicho curioso <<http://elbichocurioso.blogspot.com.es/2014/03/juanelo-y-el-hombre-de-palo.html>> [Consulta: 17-08-2017].

El Cajón de de Ardu <<http://elcajondeardu.blogspot.com.es/2014/01/tutorial-haciendo-sonidos-con-ardu.html>> [Consulta: 2-12-2016].

Electronilab <<http://electronilab.co>> [Consulta 10-12-2016].

Flickr <<https://www.flickr.com/photos/8449304@N04/6163899208/in/album-72157600587911285/>> [Consulta: 15-8-2016].

Fundamentos de Robótica

<http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0204/ctrl_rob/robotica/intro.htm> [Consulta: 24-08-2016].

Honda <<http://asimo.honda.com>> [Consulta: 20-08-2016].

Inteligencia artificial <<http://www2.udec.cl/~rzunigac/pagcyp/pag11.htm>> [Consulta: 24-08-2016].

Intrave <<https://intrave.wordpress.com/2015/02/20/para-que-sirve-un-plc/>> [Consulta: 24-11-2016].

Java <<https://www.java.com/es/about/>> [Consulta: 24-11-2016].

Juguetrónica <<https://www.juguetronica.com/droide-bb-8-star-wars>> [Consulta:6-12-2016].

La cantimplora verde <<http://lacantimploraverde.es/calle-del-hombre-de-palo-de-toledo/>> [Consulta: 17-08-2016].

Leantec <<http://www.leantec.es>> [Consulta: 7-10-2016].

Leyendas de Toledo <<http://www.leyendasdetoledo.com/index.php/leyendas/terror-milagros/24-hombre-de-palo.html>> [Consulta: 17-08-2016].

Monografia.com <<http://www.monografias.com/trabajos86/grandes-inventores/grandes-inventores2.shtml>> [Consulta 17-08-2016].

NASA <https://www.nasa.gov/centers/dryden/Features/msl_curiosity_colloquium.html> [Consulta: 6-12-2016].

PCdemano.com

<<http://www.pcdemano.com/modules.php?name=News&file=article&sid=19277>> [Consulta: 24-11-2016].

Prezi <<https://prezi.com/ndgjiudumyg/las-generaciones-de-los-robos-y-tipos-de-robots/>> [Consulta: 31-08-2016].

Retro informática <<http://www.fib.upc.edu/retro-informatica/avui/salut.html> robot medico> [Consulta: 25-08-2016].

Robótica Ing. Informática y de Sistemas <<https://robotica.wordpress.com/about/>> [Consulta: 31-08-2016].

Robótica Puno <<http://roboticapuno.blogspot.com.es/2013/01/clasificacion-de-los-robots.html>> [Consulta: 24-08-2016].

Robotics Bible <<http://www.roboticsbible.com/robot-drive-systems.html>> [Consulta:19-08-2016].

Slideplayer <<http://slideplayer.es/slide/2261813/>> [Consulta: 16-08-2016].

SlideShare <<http://es.slideshare.net/auraduquel/conceptos-basicos-de-robotica>> [Consulta: 14-08-2016].

Tecnología e informática

<<https://informaticoscarvajal.wordpress.com/robotica/clasificacion-de-los-robots/>> [Consulta: 24-08-2016].

PROGRAMES DE TELEVISIÓ EN VÍDEO

Historia de los robots. History Channel. <<https://www.youtube.com/watch?v=7w7P9j5CuRY>> [Consulta: 10-08-2016].

Robots de la antigüedad. History Channel, emès el 2014.

ANNEXES

En aquesta part s'hi troben documents i informació d'interès que serviren molt per a qualsevol persona que estigui interessada en construir un robot de les meves característiques i aprendre més informació útil. Es divideix en els següents apartats:

1. Informació tècnica i detallada de totes les peces que integren el robot.
2. Manual de muntatge del xassís del robot.

1.- Informació tècnica i detallada de totes les peces que integren el robot.⁵⁶

Placa Arduino UNO R3:

- Microcontrolador ATmega328.
- Voltatge d'entrada 7-12V.
- 14 pins digitals de I/O (6 sortides PWM).
- 6 entrades anàlogues.
- 32k de memòria Flash.
- Relotge de 16MHz de velocitat.

Sensor d'ultrasò HC-SR04:

- Dimensions del circuit: 43 x 20 x 17 mm
- Tensió d'alimentació: 5 Vcc
- Freqüència de treball: 40 KHz
- Rang màxim: 4.5 m
- Rang mínim: 1.7 cm
- Angle de detecció: 20°
- Duració mínima del puls de disparo (nivell TTL): 10 µS.
- Duració del puls eco de sortida (nivell TTL): 100-25000 µS.
- Temps mínim d'espera entre una mesura y el inici de l'altre 20 mS.
- Pins de connexió:

⁵⁶ Informació extreta de: www.arduino.cc, www.leantec.com, www.electronilab.co, i dels mateixos venedors de peces.

- VCC
 - Trig (tret de l'ultrasò)
 - Echo (Recepció de l'ultrasò)
 - GND
- Distància màxima= 5 metres Segons la fórmula = $\frac{\{(Temps \text{ entre Trig i l'Echo} \} * (Velocitat \text{ del so } 340 \text{ m/s})\}}{2}$

Doble Pont-H L298N:

- Voltatge d'alimentació, mínim de 5 V. Posseeix dues entrades, una de 5V per controlar la part lògica i una altre per alimentar les sortides al motor, que poden ser de 5V o més.
- La targeta té l'opció d'habilitar un regulador LM7805 integrat en aquesta per alimentar la part lògica amb lo que es pot alimentar la targeta amb 12V per exemple.
- Corrent màxima 2 Amperes.
- Posseeix 6 entrades de control
- Admet entrades de senyal PWM pel control de velocitat.
- Dimensions: 43 mm x 23,9 mm x 43 mm.
- Sortides: per 2 motors DC o per un motor bipolar pas a pas.

Mòdul brunzidor:

- Voltatge d'alimentació: 3.3 V a 5 V.
- Pins del mòdul: VCC, GND, I/O.
- Dimensions: 30 mm X 13 mm x 8 mm.
- Freqüència: de 2 K a 5 K.

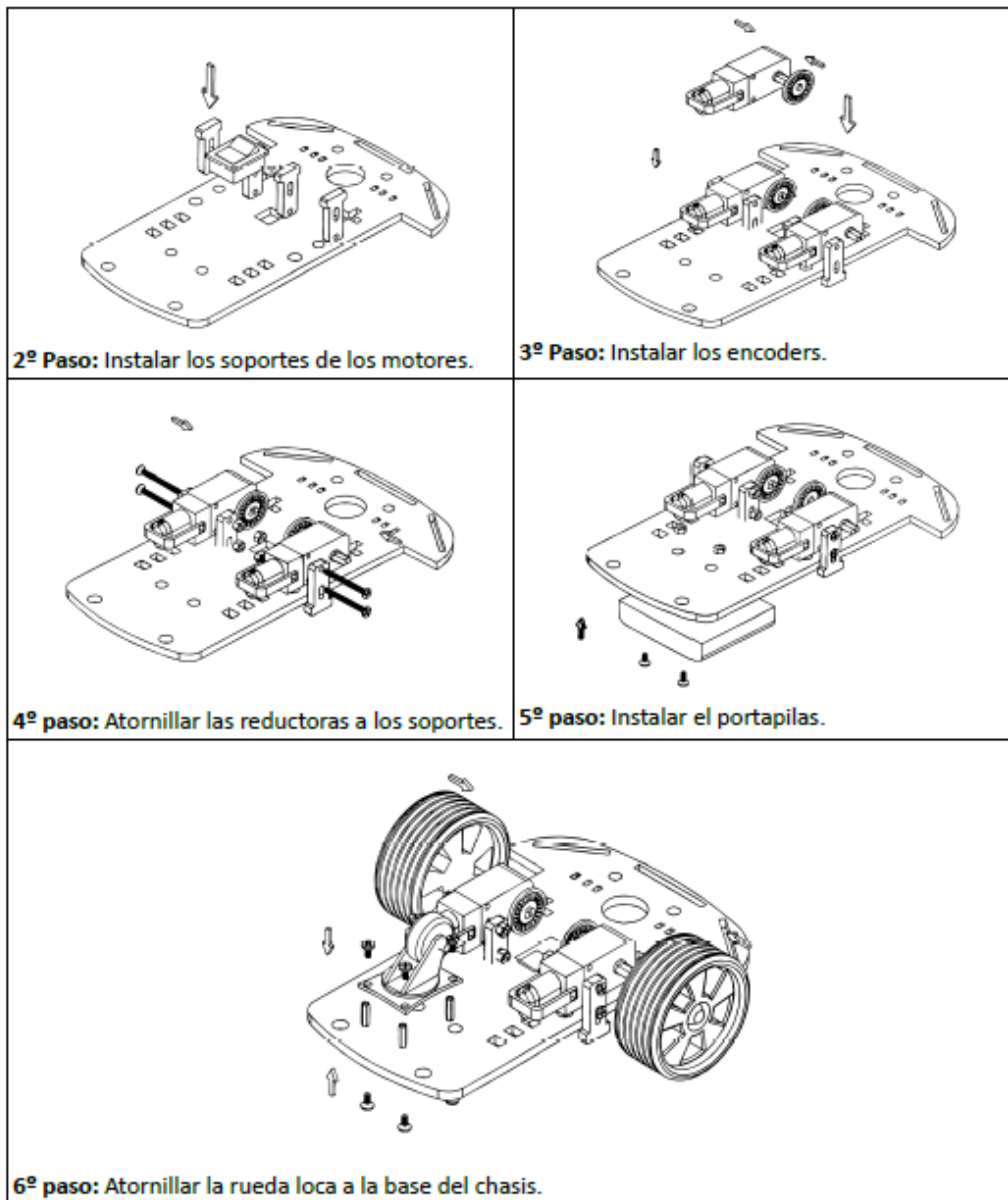
2.- Manual de muntatge del xassís del robot.



Manual de montaje del chasis 4WD

Chasis 4WD

1º Paso: Despegar la pegatina que protege algunas partes del chasis.



www.leantec.es

store@leantec.es

Fig. 35. Manual de muntatge del xassís.⁵⁷

⁵⁷ El manual pertany a la web Leantec (on es va comprar el xassís).