

Marta Sesto Castilla  
2n B Batxillerat  
Institut Torre Roja  
Tomás Ledesma  
13 d'octubre 2014

# Índex

1. Introducció.....	Pàg. 4
2. La robòtica	
2.1. Què és? .....	Pàg. 6
2.2. Història i evolució .....	Pàg. 6
2.3. Aplicacions de la robòtica .....	Pàg. 8
2.3.1. Indústria .....	Pàg. 8
2.3.2. Agricultura .....	Pàg. 10
2.3.3. Medicina.....	Pàg. 11
2.3.4. Exploració .....	Pàg. 13
2.3.5. Domèstica.....	Pàg. 14
2.3.6. Oci i educació .....	Pàg. 15
2.3.7. Construcció .....	Pàg. 16
2.3.8. Mineria.....	Pàg. 17
2.3.9. Vigilància i seguretat .....	Pàg. 18
2.4. Avantatges i inconvenients .....	Pàg. 19
3. Què és un robot? .....	Pàg. 20
3.1. Estructura d'un robot .....	Pàg. 20
3.2. Components dels robots .....	Pàg. 22
3.2.1. Sensors.....	Pàg. 22
3.2.2. Sistemes de control .....	Pàg. 23
3.2.3. Actuadors .....	Pàg. 23
3.2.4. Elements terminals .....	Pàg. 26
3.2.5. Elements que subministren energia .....	Pàg. 27
3.3. Tipus de robots .....	Pàg. 27
3.3.1. Segons la seva cronologia.....	Pàg. 27
3.3.2. Segons la seva estructura .....	Pàg. 28
3.4. Graus de llibertat de les articulacions .....	Pàg. 29
3.5. Robots en ficció.....	Pàg. 30

3.5.1. Mitologia .....	Pàg. 30
3.5.2. Literatura .....	Pàg. 30
3.5.3. Cinema i televisió .....	Pàg. 31
3.6. Ètica a la robòtica .....	Pàg. 32
3.7. Repercussió dels robots a l'àmbit laboral .....	Pàg. 32
4. Aplicació pràctica de la robòtica .....	Pàg. 33
4.1. BIOLOID .....	Pàg. 34
4.2. LEGO MINDSTORMS Education EV3.....	Pàg. 35
4.2.1. Components del conjunt principal .....	Pàg. 35
4.2.2. Components de l'expansió .....	Pàg. 37
4.2.3. Construint robots	
4.2.3.1. Classificador de colors.....	Pàg. 38
4.2.3.2. Elefant .....	Pàg. 39
4.2.3.3. Escaladora .....	Pàg. 39
4.2.3.4. Gyro Boy.....	Pàg. 40
4.2.3.5. Gos.....	Pàg. 40
4.2.3.6. Tank Bot.....	Pàg. 41
4.2.3.7. Znap.....	Pàg. 41
4.2.4. Dissenyant les peces.....	Pàg. 42
5. Conclusió .....	Pàg. 44
6. Bibliografia.....	Pàg. 45
7. Annexos .....	Pàg. 47

# 1. INTRODUCCIÓ

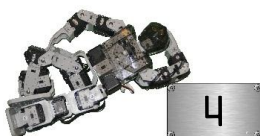
Per començar, faré una breu explicació del que tracta el meu treball de recerca, juntament amb els motius que em van portar a escollir aquest tema i no un altre, així com les idees que tenia en un principi i els canvis que han sofert, per tal que el treball acabi sent com és i no d'una altra manera.

Quan em van comunicar que havia de fer un treball sobre algun tema d'interès personal, vaig centrar-me en el que més m'agrada actualment. Un cop vaig tenir clar que volia tractar el disseny, em vaig trobar amb un ventall de possibilitats que no havia contemplat fins al moment: sent positiva, el disseny em va oferir l'oportunitat d'escollir entre treballar-lo des del punt de vista artístic, industrial, o arquitectònic. Com que no m'aclariria cap a quina banda anar, vaig haver de descartar les opcions que no estava segura que m'agradessin totalment. D'aquesta manera vaig acabar decidint-me pel tema de la robòtica, aprofitant que uns anys enrere em van regalar un kit (BIOLOID) que permet muntar vint-i-nou estructures robòtiques diferents.

Un altre motiu de la meua tria és que penso que és un àmbit de la tecnologia que crida l'atenció, per l'àmplia varietat d'exemplars que hi ha per tot el món, a més de les capacitats que estan adquirint a mesura que passa el temps i es fan avenços tecnològics.

El tercer dels incentius que va fer-me escollir la robòtica és que trobo que està poc reconeguda tota la feina que ens estalvien; estem tant acostumats a viure envoltats de petites, però sofisticades, màquines que ja ni ens adonem de quant privilegiats hem de sentir-nos podent viure com ho fem.

A més a més, sempre m'ha cridat l'atenció el tema de la robòtica, el que uns aparells siguin capaços d'actuar per sí mateixos, sense que ningú els digui constantment què és el que tenen que fer, només segueixen la programació adequada pel robot en qüestió. Em resulta curiós el fet que una cosa artificial, com són els robots, puguin arribar a ser igual d'intel·ligents, o fins i tot més, que molts de nosaltres, ja que són capaços de rebre informació de l'exterior, traduir-la al seu llenguatge i elaborar una resposta eficaç. No només això, sinó que tot i els errors que pugin tenir, com que segueixen uns patrons, moltes vegades poden resultar més fiables que les pròpies persones que els creen, degut a que aquestes, com humanes que són, tenen el dret d'equivocar-se. En canvi, un robot que segueix una programació i que té "après i interioritzat" la manera en la que ha d'actuar en funció de l'entorn, té menys probabilitats de cometre un error. Això no vol dir que siguin perfectes.



A l'hora de cercar informació, he trobat molta varietat de fonts on escollir, que em proporcionaven dades molt àmplies. En canvi, per redactar una petita base a partir de la qual poder treballar, només m'he centrat en la història i l'evolució de la robòtica, les principals aplicacions d'aquesta, i els components i tipologia dels robots, a grans trets.

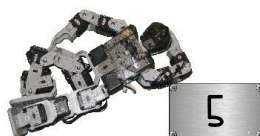
La part pràctica del treball, que és la més atractiva, consisteix en el muntatge de diferents robots, amb funcionalitats diverses, i la seva posterior programació. A banda d'això, he fet el disseny en tres dimensions (per ordinador, amb AutoCAD) d'un dels muntatges.

Al començament em vaig preguntar: i per què no dissenyo el meu propi robot en comptes d'agafar un d'existent? M'agrada la robòtica, però com que encara no tinc els coneixements imprescindibles per crear el meu propi robot, amb la seva programació inventada i tot el que comporta, he decidit escollir-ne un d'existent i fer el recorregut a la inversa, és a dir, en comptes de partir del no res i acabar tenint un aparell físic, vaig voler estudiar un prèviament dissenyat i fer els passos enrere, fins a arribar al disseny de cada peça que el forma.

En un primer moment tenia pensat treballar amb un robot BILOID, que és el que ja tenia, però pensant que després havia de programar-lo, em vaig adonar que no disposaria dels coneixements imprescindibles per crear-li una rutina pròpia, ja que fins al moment no he estudiat res relacionat amb programació. Així doncs, vaig prendre la decisió de comprar-me un robot LEGO, que és més senzill de programar, però igualment vistós per al públic.

Durant els mesos que he estat treballant amb el kit de LEGO, he fet diversos muntatges, uns amb possibles aplicacions industrials, i d'altres amb el principal objectiu de gaudir "jugant" amb ell. Com a disseny final que exposaré davant del tribunal, he escollit un classificador de colors, explicat a l'apartat 4.2.3.1. Classificador de colors.

Als annexos he inclòs informació extra, necessària però no imprescindible, com els esbossos dels principals components (que em servien de suport a l'hora de dissenyar-los), els càlculs realitzats per poder dissenyar tots els engranatges, el llistat de components del classificador de colors i la taula on apareixen totes les peces del kit principal, a partir del qual munto la construcció definitiva (classificador de colors).



## 2. LA ROBÒTICA

### 2.1. QUÈ ÉS?

La robòtica és una branca de la tecnologia que s'ocupa del disseny, la construcció, la programació i el posterior manteniment d'un robot, que realitzarà un treball i permetrà reduir esforços i mà d'obra.

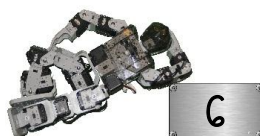
Alguns dels àmbits que es troben sota el terme de la robòtica i que, sense ells, aquesta no existiria són: la informàtica, l'electrònica, la mecànica, l'enginyeria, la física i l'àlgebra, entre d'altres.

### 2.2. HISTÒRIA I EVOLUCIÓ

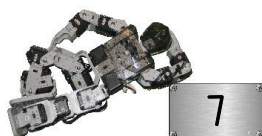
El 1921, Karel Capek, un escriptor txec, va començar a utilitzar la paraula robot a una obra anomenada "Robots universals de Rossum", que tenia l'origen a la paraula txeca "robota" que vol dir treball forçat o servitud. A partir d'aquí, Isaac Asimov va definir 'robòtica' com a ciència que estudia els robots. Ell mateix va crear les tres lleis de la robòtica:

- ❖ Un robot no pot actuar contra un ésser humà, o mitjançant inacció, que un ésser humà pateixi.
- ❖ Un robot ha d'obeir les ordres donades pels éssers humans, llevat que estiguin en conflicte amb la primera.
- ❖ Un robot ha de protegir la seva pròpia existència, llevat que estigui en conflicte amb les dues primeres lleis.

Tenint en compte que la robòtica està lligada amb la intenció de construir objectes que s'assemblin als éssers humans en la capacitat de dur a terme un esforç amb un resultat positiu (seguint el programa que se li ha incorporat) i així, poder facilitar-nos i disminuir treball, podem establir el seu origen a l'any 1939, amb l'exhibició d'un robot humanoide. Tot i això, abans d'aquesta data van aparèixer joguines mecàniques japoneses i altres objectes automàtics, com un ànec capaç de moure les seves ales. A continuació, esmento alguns dels fets que han estat més rellevants per a l'àmbit de la robòtica al llarg de la història.



DATA	FET	NOM	INVENTOR
1921	Aparició en ficció del primer robot.	Rossum's Universal Robots	Karel Capek
1939 – 1940	Exhibició d'un robot humanoide a l'Exposició Universal entre els anys 1939 i 1940.	Elektro	Westinghouse Electric Corporation
1942	La revista Astounding Science Fiction publica una història de ciència ficció ("Cercle Viciós") on apareixen les tres lleis de la robòtica.	SPD-13 ("Speedy")	Isaac Asimov
1948	Exhibició d'un robot amb un comportament simple.	Elsie i Elmer	William Grey Walter
1956	Aparició del primer robot comercial de la companyia "Unimation".	Unimate	George Devol
1961	Instal·lació del primer robot industrial.	Unimate	George Devol
1973	Primer robot amb sis eixos electromecànics.	Famulus	KUKA Robot Group
1975	Braç manipulador programable (producte d'"Unimation")	PUMA	Victor Scheinman
1982	Publicació d'una col·lecció de contes de ciència ficció ("El robot complet"), on tornen a aparèixer les tres lleis de la robòtica.	Robbie, SPD-13 (Speedy), QT1 (Cultie), DV-5 (Dave), RB-34 (Herbie), NS-2 (Nestor), NDR (Andrew), Daneel Olivaw	Isaac Asimov
2000	Creació d'un robot humanoide capaç de moure's amb dues extremitats i interactuar amb les persones.	ASIMO	Honda Motor Company Ltd



Sovint a la robòtica se li atribueix la característica de ser automàtica, a causa del fet que els robots actuen de manera autònoma un cop estan programats. Aquest tret el va atribuir per primera vegada Leonardo Torres Quevedo, un enginyer espanyol que va crear el primer comandament a distància i el telefèric, a més a més d'altres projectes.

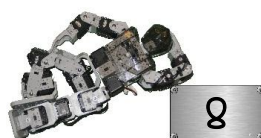
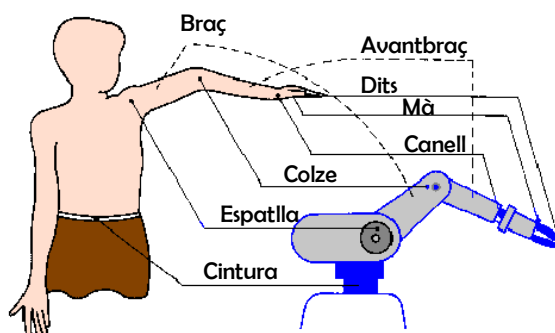
## 2.3. APLICACIONS DE LA ROBÒTICA

Segons l'ús que es faci dels diferents robots, diem que la robòtica té diverses aplicacions, que són:

### 2.3.1 INDÚSTRIA

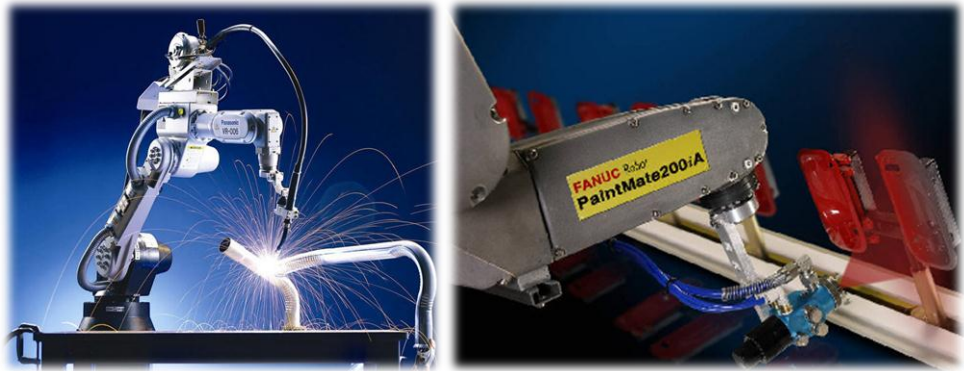
Els robots en aquest àmbit s'utilitzen per dur a terme diferents processos que tenen lloc en la fabricació en sèrie de qualsevol objecte, com és soldar, pintar, transportar materials o modelar peces. La utilització d'aquests en la indústria permet ser més precisos en la cadena de muntatge d'una peça, a més de reduir costos i temps en la fabricació, i augmentar la fiabilitat en el funcionament d'un aparell. Gràcies als robots, s'ha pogut aconseguir arribar a uns alts nivells de producció i qualitats que no haurien estat possibles de qualsevol altra manera.

A causa de la gran semblança que hi ha entre la part superior del cos humà i els robots industrials, a aquests últims també se'ls sol anomenar braços de robot o braços robotitzats. Com es pot veure a l'esquema que trobem a continuació, trobem la cintura, de la qual surt l'espatlla de l'extrem superior. Seguidament tenim el braç, el colze i l'avantbraç, i per acabar, la mà, la mà i els dits (aquests dos últims són el que s'anomenen elements terminals, explicats posteriorment a l'apartat d'estructura d'un robot).



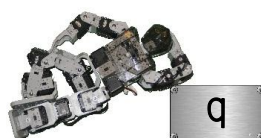
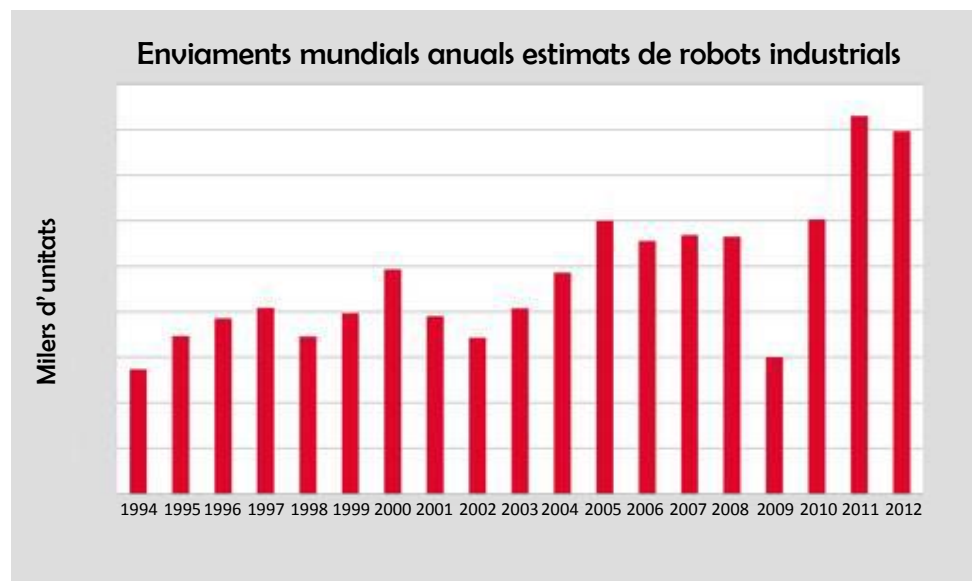


Dins de la indústria, els departaments on la utilització de robots és més comú és: a l'electrònica, per col·locar i soldar els diferents components d'una targeta; a l'automotriu, per soldar i pintar les carrosseries; i en l'elaboració de productes químics i plàstics, en fases perilloses i sobretot per als controls de qualitat. A la primera imatge podem veure un braç robòtic soldant dues peces, mentre que a la segona s'està encarregant de la pintura d'unes peces.



La Federació Internacional de Robots (International Federation of Robotics-IFR) va comunicar a l'últim estudi que hi ha al voltant d'1,3 milions de robots treballant a la indústria en tot el món; d'altra banda, els països desenvolupats que tenen més robots industrials són Japó, Estats Units, Alemanya i la República de Corea.

A continuació veurem un gràfic de barres en el qual se'ns explica de manera visual la venda anual de robots industrials a nivell mundial, des de 1994 fins al 2012.



Com es pot veure, des de 1994 fins al 2008 va haver-hi ascensos i descensos en la venda de robots de manera més o menys moderada en relació amb els anys anteriors. A partir d'aquí, al 2010 va haver-hi una pujada molt important en les vendes després d'una gran davallada al 2009. Un any més tard, al 2011, va tornar a haver-hi un augment, i al 2012 un petit descens, convertint-se en el segon any amb més vendes, al voltant de 160.000 unitats. Aquest últim any, la disminució va ser deguda principalment als sectors industrials de metalls i electrònica, que van reduir les seves comandes; en canvi, les indústries d'automotriu, de productes químics, plàstics i l'alimentària van augmentar les comandes. Per últim, altres dades que va aportar la recerca va ser que el 70% dels robots venuts al 2012 van anar al Japó, la Xina, els Estats Units, Corea i Alemanya.

## 2.3.2 AGRICULTURA

Actualment els robots que treballen en aquest àmbit de la societat es dediquen a fer treballs de cerca i transmissió d'informació del terreny i de possibles epidèmies d'insectes.

Un cop rebuda la informació necessària, són capaços de posar-se en contacte amb la resta de robots que estan al seu voltant per tal que tots tinguin constància dels possibles problemes que es poden trobar en els diferents llocs del terreny.

De robots ocupant-se de l'agricultura n'hi ha de diverses mides, des de grans construccions fins a petites estructures de 30 cm de llargada que funcionen com un ecosistema, comunicant-se i ajudant-se mútuament en cas que sigui necessari.

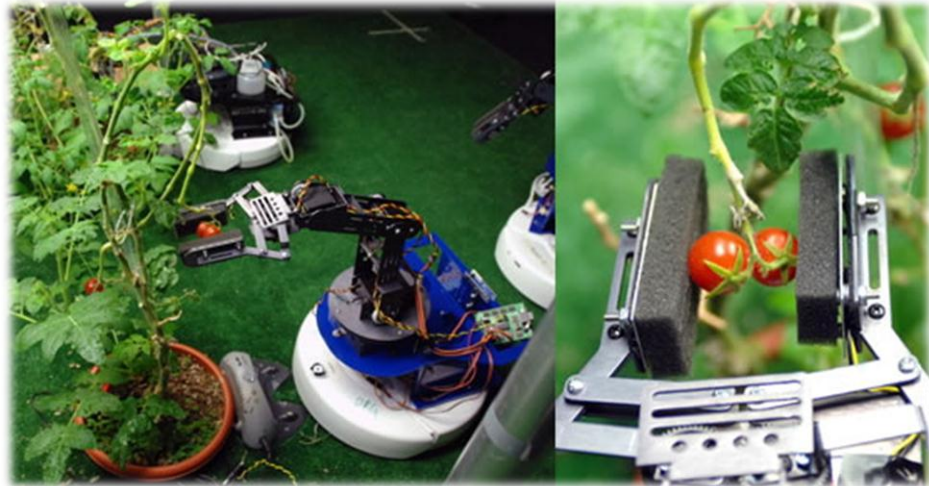
Un dels possibles avantatges que podem trobar en utilitzar aquests petits aparells és l'autonomia i, sobretot, la lleugeresa, ja que no fan malbé el terreny, al contrari de les màquines agrícoles.

Un projecte que grup de científics ha posat en marxa en aquests últims anys, consisteix en uns robots que tenen cura d'unes tomaqueres. Per poder dur-ho a terme amb èxit, van haver de tenir molt en compte els



detalls i van dissenyar un robot amb un braç mecànic i un dispensador d'aigua. A la terra, les plantes tenen un sensor, que comunica als robots quan han de ser regades, en quin moment cal pol·linitzar-les i, fins i tot, quan es poden recollir els tomàquets.

El principal objectiu que tenen amb aquest projecte és poder acabar fent un hivernacle autònom i estalviar aigua, ja que només se li subministra quan la collita la necessita.



### 2.3.3 Medicina

Segons la tasca que realitzi cada robot, els podem classificar en:

- Robots quirúrgics: entre les diferents aplicacions que té la robòtica en medicina, trobem la cirurgia. En aquest àmbit es poden dur a terme treballs que requereixen molta precisió, com és el cas de la neurocirurgia i, fins i tot, força, quan es tracta del tall d'un os, per exemple. Aquest sistema no és tan sols més precís i ràpid que el mètode convencional, sinó que la posterior recuperació és més accelerada i d'aquesta manera no s'afecta la resta del cos ni teixits propers a la intervenció.



- Robots per a la rehabilitació: dins la medicina, la robòtica no només s'utilitza per a intervencions quirúrgiques, sinó també per a la rehabilitació d'un pacient i l'ajuda a persones discapacitades, així com la utilització de membres artificials. Els últims anys s'ha estat treballant perquè les pròtesis puguin fer els moviments desitjats pels pacients, mitjançant senyals que aquest envia des del cervell, conegudes com a senyals mioelèctriques. A la primera imatge podem veure un robot que ajuda a desplaçar-se a les persones amb dificultats, mentre que a la segona es pot veure com poden ajudar a la rehabilitació.



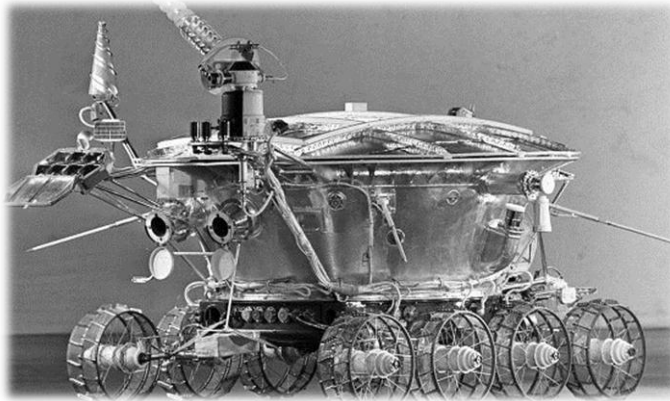
- Robots per a la distribució de medicaments: un estudi va deixar veure que als Estats Units moren moltes persones anualment per equivocacions en la medicació, cosa que va fer pensar que calia millorar el subministrament d'aquests per tal de disminuir notablement aquestes xifres. Aquest fet és la principal causa perquè avui dia sigui cada cop més comú la distribució de medicaments a farmàcies i hospitals mitjançant robots. Un exemplar molt utilitzat és l'"Homerus" (es pot veure a la fotografia), que permet la venda de medicaments durant tot el dia només utilitzant el codi de barres. A banda de proporcionar el que sigui necessari, també és capaç d'envasar els medicaments en la dosi adient.



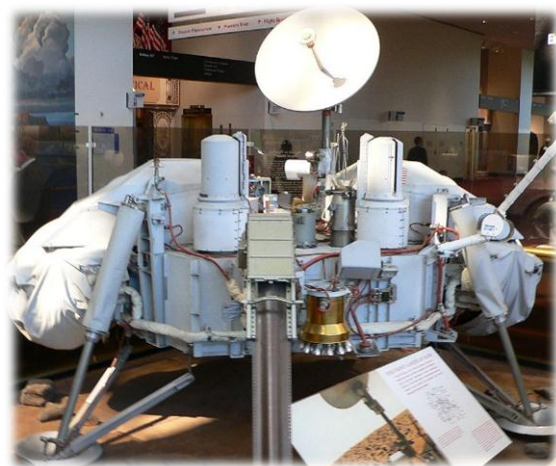
## 2.3.4 EXPLORACIÓ

El que es pretén amb els robots que treballen en l'àmbit de l'exploració és poder arribar a llocs que d'una altra manera no coneixeríem o ens resultaria més difícil, com és l'espai, la superfície submarina, les canonades que porten petroli o gas i la revisió del cablejat per a les comunicacions. S'ha estat treballant per dissenyar vehicles autònoms que incorporin laboratoris i càmeres per a poder explorar.

Un dels exemples va aparèixer al novembre de 1970, gràcies als russos, que van fer arribar a la Lluna el Lunokhod 1, que tenia càmeres, sensors i un laboratori, tot controlat des de la Terra. Sis anys més tard, al juliol, els nord-americans van enviar a Mart el Viking 1, que disposava de càmeres i un braç robotitzat capaç d'agafar i analitzar mostres de materials del seu entorn.



Lunokhod 1



Viking 1

## 2.3.5 DOMÈSTICA

L'aplicació de la robòtica a la llar es basa en la fabricació de petits robots que siguin capaços d'ajudar en les tasques domèstiques i, fins i tot, vigilar l'entorn. Alguns dels robots que ens poden resultar útils són els que s'ocupen de la neteja autònoma del terra o l'elaboració del dinar. Els últims exemplars també incorporen càmera i connexió WiFi, de manera que els podem programar com i quan vulguem des d'Internet o des del nostre mòbil. A continuació veiem dos robots, un que s'encarrega de la neteja (Samsung Tango, a l'esquerra) i un que cuina, a la dreta.



Altres dispositius que estan en desenvolupament actualment són els robots de videovigilància, que incorporen una càmera i també disposen de connexió WiFi. Aquestes dues característiques ens permeten poder controlar amb total llibertat el robot i podem veure el que es troba al seu voltant. Un exemple és Rovio, de Wowwee (imatge de l'esquerra). Aisoy1, d'Aisoy Robotics (imatge central), i Qbo, de Thecorpora (imatge de la dreta) han estat dissenyats per fer-nos companyia.



Aquests són aparells que poden moure's, tenen sensors, reconeixement de veu i, a més a més, estan dotats d'intel·ligència artificial, que els permet aprendre. D'altra banda, l'Aisoy1 té la capacitat d'interpretar les emocions de la persona que el té.

## 2.3.6 Oci i educació

També hi ha robots que tenen com a màxim objectiu fer que una persona estigui entretinguda durant una estona i que aprengui mentre es diverteix. Dins d'aquest grup podem trobar diversos kits per a la construcció de robots com LEGO MINDSTORMS, BIOLOID o Qrio (seguint l'ordre de les fotos).



Aquests aparells són capaços de comportar-se gairebé com nosaltres, ja que poden fer una gran quantitat de moviment, tan sols programant-los com vulguem.

D'altra banda, han creat robots que es desplacen, tan sols formats pels motors i que, per tal que funcionin, hem de col·locar-los el mòbil o tableta, que es converteix en el seu "cervell". Aquests els podem controlar des d'un altre dispositiu electrònic. Seguidament podem veure dos exemplars: SK Telecom Robot a l'esquerra i Romo de Romotive a la dreta.



La robòtica també s'utilitza com a mètode d'aprenentatge mitjançant l'experimentació i construcció de robots a partir de kits educatius; per fer-los funcionar no és necessari tenir coneixements electrònics. A través de la experimentació es desenvolupa el raonament mecànic, la creativitat i l'habilitat per trobar solucions a possibles problemes.

Per acabar, els últims dissenys basats en el mateix concepte que els anteriors: són robots que han estat creats perquè els nens petits aprenguin amb ells, utilitzant el mòbil o tableta com a cervell del robot; així, trobem Kibot2 de KT a la primera imatge i SK TelecomSmart e-learning a la segona.

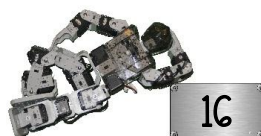


### 2.3.7 CONSTRUCCIÓ

Com que el sector de la construcció necessita un alt nombre de recursos econòmics i personals, s'estan desenvolupant robots per poder automatitzar certes parts d'aquest procés. De vegades es parla de robots que han estat creats a partir de màquines preexistents (com grues o excavadores), però d'altres es construeixen per fer un treball específic.

El disseny d'un robot que hagi de treballar en la construcció és un procés complex, ja que ha de seguir una sèrie de pautes que seran imprescindibles si es pretén que aquest tingui un gran abast dins del sector i que sigui útil durant molt de temps. Les característiques que ha de complir són:

- Resistència a les dures condicions de treball.
- Capacitat per desplaçar-se i treballar amb peces de gran mida, i per tant, molt de pes.
- Tenir un determinat nivell d'intel·ligència.
- Oferir facilitat a l'hora de ser transportats al lloc de treball.
- Variabilitat i poca repetibilitat en les tasques a realitzar.





Un cop el robot compleix aquestes condicions, els podem dividir segons el treball que pot fer, de la següent manera:

- Col·locació d'elements: aquestes tasques consisteixen en col·locar estructures com maons i bigues, i unir-les mitjançant soldadures, entre d'altres.
- Tractament de superfícies: es basen a recobrir superfícies per fer que el resultat sigui més agradable, aplicant ciment, pintura, vernís i el posterior polit.
- Emplenat: el principal treball és omplir espais buits amb sorra, ciment o formigó.



Els robots de la imatge són un altre tipus, que s'encarreguen de reaprofitar el formigó, separant el material aprofitable dels residus.

### 2.3.8 Minería

La majoria de treballs que giren en torn a la mineria són bruts i impliquen posar en perill la vida de les persones que treballen allà. Per això, la intervenció de robots en aquestes feines serveixen, no per a substituir completament les persones, però sí per fer les tasques més netes i, sobretot, segures. D'altra banda, poden ocupar-se de les extraccions perilloses i són capaços de treballar amb residus que comporten perillositat.



Tal i com va dir el director de Ventas de Incensys Systems México, el seu propòsit és substituir als humans en les tasques manuals, però en canvi, no ho faran en les que es requereixen les facultats intel·lectuals.

Els espais en què treballen robots, obtenen millors resultats, tant tècnics com econòmics. A més, proporcionen una millora en la qualitat de l'ambient de treball.

Uns dels països que més tenen en compte aquestes millores són Austràlia, Canadà i Xile, ja que la meitat dels seus guanys els inverteixen en automatitzar els processos.

### 2.3.9 Vigilància i seguretat

Existeixen robots que tenen com a funció principal tenir cura de la seguretat civil mitjançant càmeres de videovigilància que porten incorporades, transmetent aquestes imatges a zones de control. Gràcies a dispositius mòbils de vigilància es poden evitar situacions de risc.

A la imatge de la dreta veiem un exemple de robot que es dedica a la vigilància.



D'altra banda, també s'han creat robots capaços de desplaçar-se per llocs difícils i que cobreixen tasques de rescat, així com la desactivació d'explosius.



A l'esquerra trobem un robot anomenat Andrus Titus, que té la funció de desactivar explosius per tal d'evitar riscos per les persones.

Un dels perills per a les persones són els desplaçaments de terrenys, que es prevenen extraient les aigües subterrànies que propicien aquests accidents. Per evitar que els humans hagin de fer aquestes tasques

perilloses, un robot capacitat per analitzar el terra i extreure les bosses d'aigua podria substituir-nos.



## 2.4. Avantatges i inconvenients

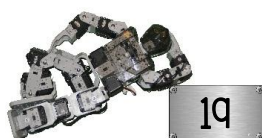
Igual que la robòtica ens ajuda en gran mesura en la nostra vida quotidiana per reduir-nos la feina i estalviar-nos fer tasques arriscades, també té alguns inconvenients. Ara veurem els principals avantatges i inconvenients amb els quals ens trobem a l'hora d'utilitzar un robot:

### Avantatges:

- ❖ El fet que fa que tinguin més èxit els robots és que ofereixen una gran exactitud als resultats que s'obtenen.
- ❖ Hi ha moltes persones treballant exposades a perills amb productes químics i farmacèutics que no són bons per a la salut. En canvi, si aquests treballs els fan robots, els ésser humans s'estalvien haver d'afrontar aquest tipus de situacions.
- ❖ El perfeccionament d'un robot a una cadena de fabricació fa que es puguin fer millores tecnològiques i, per tant, ajuda el desenvolupament i la innovació.

### Inconvenients:

- ❖ Tot i que és cert que es creen llocs de treball gràcies a la robòtica, és més gran la quantitat de persones que s'han substituït per robots, només pel fet de ser més rentables a llarg termini (econòmicament parlant) i no poder assolir les qualitats que ofereixen aquestes màquines.
- ❖ Un altre possible perill que s'ha d'evitar és que els robots acabin substituint-nos completament, ja que actualment s'està treballant en la intel·ligència artificial, que el que fa és que un robot pugui actuar de manera totalment autònoma.
- ❖ Un cop finalitzada la tasca per què ha estat dissenyat un robot, no es pot reutilitzar per fer una altra feina, llevat que sigui reprogramat i adaptat al nou ús que se li vulgui donar.
- ❖ Els països subdesenvolupats que no poden accedir a la robòtica es poden sentir apartats de la resta del món pel fet d'anar un pas enrere.
- ❖ Quan un robot surt a la venda al mercat, té un preu molt elevat, i moltes vegades inassequible per a la major part de la població. Això fa que els possibles compradors s'hagin d'esperar per aconseguir un d'aquests exemplars.



### 3. QUÈ ÉS UN ROBOT?

Com ja he dit abans, un robot és un objecte artificial amb similituds amb els humans. Aquestes no han de ser necessàriament semblances d'aparença, sinó semblances funcionals, és a dir, capacitat d'actuació de manera autònoma després d'haver estat programat, per tal que pugui arribar a substituir una persona a fer un esforç determinat.

No hi ha unes normes establertes per què un artefacte pugui ser considerat com a robot, però en canvi sí que hi ha uns trets comuns, acceptats per la societat, que els associem amb aquests, com és poder dur a terme un procés de manera exitosa, moure's, comportar-se de forma intel·ligent, imitar les persones o, fins i tot, poder-les substituir per fer una feina.

El que ens permet diferenciar un robot de qualsevol altra màquina és que els primers poden actuar de diferents maneres i desenvolupar una gran varietat d'activitats, en funció de com estan programats, a diferència d'un electrodomèstic o una consola amb la qual pots jugar.

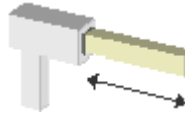
#### 3.1. ESTRUCTURA D'UN ROBOT

(El que explico a continuació pot ser aplicat a una gran varietat de robots, però principalment als que s'utilitzen a la indústria).

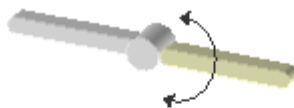
Els diferents elements d'un robot es poden classificar en dos grans grups:

- Baules, que són estructures rígides.
- Articulations, que són el mitjà que permeten la unió i moviment entre les diferents baules. Hi ha de dos tipus:

- ❖ Lineal: consisteix en dues baules, una de les quals es desplaça sobre l'altra.



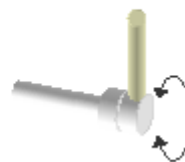
- ❖ Rotacional: una baula permet que una segona giri al seu torn.



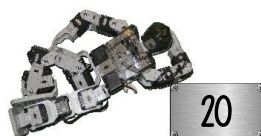
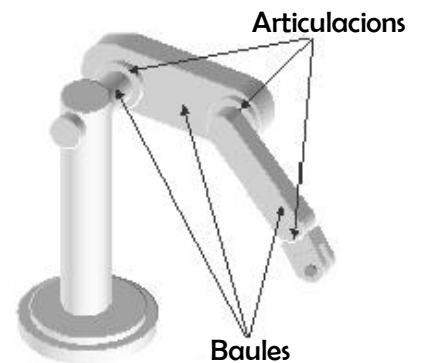
Rotació



Torsió

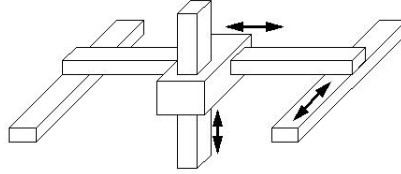


Revolució

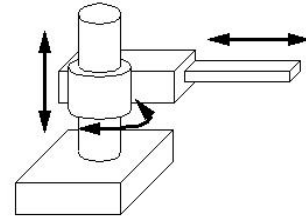


Segons com es trobin combinades les articulacions dins un robot, hi ha diferents noms atribuïts:

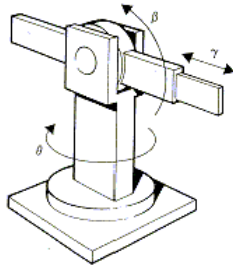
- Cartesià: el seu moviment es caracteritza únicament per articulacions lineals.



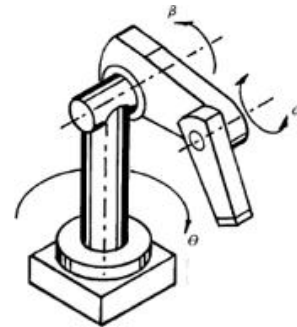
- Cilíndric: té una articulació rotacional sobre la base i articulacions lineals que li permeten variar el moviment en l'alçada i al radi.



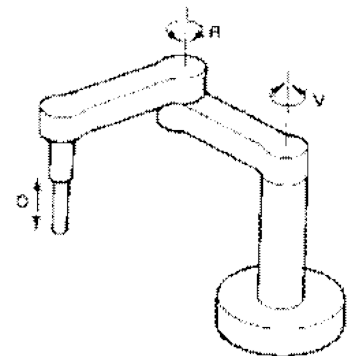
- Polar: és un robot que té dos articulacions rotacionals i una de lineal.



- Esfèric: posseeix tres articulacions rotacionals.



- Mixt: inclou diversos tipus d'articulacions, combinant les anteriors estructures. Dins d'aquest tipus destaca la configuració SCARA, acrònim de Selective Compliance Assembly Robot Arm. El robot SCARA es caracteritza per tenir quatre graus de llibertat i són coneguts pels seus ràpids cicles de treball, la seva eficaç repetibilitat, la gran capacitat de càrrega i l'ampli àmbit on es pot aplicar.



- Paral·lel: té braços amb articulacions rotacionals en un mateix punt.



## 3.2. COMPONENTS DELS ROBOTS

Els robots estan formats principalment per sensors, sistemes de control, actuadors, elements terminals i elements que subministren energia.

### 3.2.1. SENSORS

Els sensors són elements que es troben als robots i que els donen la intel·ligència que els caracteritza. Gràcies a aquests, poden rebre informació del seu entorn per tal d'elaborar una resposta en cas que sigui necessària.

Segons la funció que tinguin els sensors, es poden dividir en dos grups:

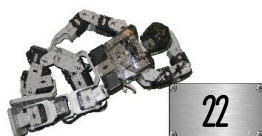
- ❖ **Sensors interns:** en aquest grup es classifiquen els que tenen com a funció obtenir informació que permet controlar el funcionament del propi robot, com és la velocitat dels motors o la força que exerceixen cadascuna de les seves parts, per tal de poder controlar-la i així millorar el seu funcionament.
- ❖ **Sensors externs:** dins d'aquest grup trobem tots aquells sensors que permeten al robot captar informació de l'exterior per enviar-la al sistema de control. Segons la funció característica de cada sensor, es divideixen en:
  - **Sensor de presència:** aquests sensors tenen la capacitat de detectar si hi ha algun objecte al seu voltant (o l'absència d'aquest), dins d'un radi determinat. La detecció d'objectes fan servir paràmetres físics, com la variació electromagnètica i acústica (ultrasons).

La principal aplicació d'aquests és saber la forma i superfície que tenen els obstacles amb els quals el



robot es pot trobar, i així, poder evitar-los, agafar-los (com és el cas del braç robòtic) i, fins i tot, prevenir la seva caiguda aturant-se en detectar que s'acaba la superfície sobre la qual es desplaça.

- **Sensor de tacte:** aquests disposen d'un polsador, que un cop és premut, envia la informació a la central programada. La seva funció és detectar objectes mitjançant el contacte físic.



- Posició: com el seu propi nom ens indica, els sensors de posició permeten rebre en quin lloc físic i amb quin grau d'inclinació es troba el robot.



- Sensor de color: capta informació sobre el color de les peces que detecta. La seva funció principal és actuar d'una manera determinada segons el color detectat.



## 3.2.2. SISTEMES DE CONTROL

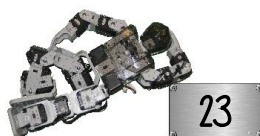
En un robot, el sistema de control és la part que analitza la informació rebuda pels sensors i que té la capacitat d'elaborar la resposta més convenient per tal d'enviar-la posteriorment i que la realitzin els actuadors. Aquest control pot ser de dues formes ben diferents:

- Mitjançant un circuit electrònic programable: aquest sistema permet la fabricació de robots i el seu control sense haver d'estar connectats a un ordinador mitjançant cables.
- Mitjançant l'ordinador: és un sistema que fa que el robot sigui controlat per ordinador. Això comporta la utilització de cables o elements sense fils. En cas d'utilitzar aquest sistema, el moviment del robot es veurà determinat per la seva connexió a l'ordinador; és per això que normalment s'usa per a les màquines que no requereixen desplaçaments.

## 3.2.3. ACTUADORS

Els actuadors són el mecanisme que permet al robot efectuar el moviment dels seus elements. Aquests poden ser hidràulics, pneumàtics o elèctrics. El fet que s'empri un mètode o un altre dependrà de la finalitat del robot i la quantitat de diners que es vulguin invertir:

- Actuadors hidràulics: s'utilitzen quan es requereix una gran potència i una alta capacitat de càrrega. A causa de l'energia que necessiten, s'han de construir amb precisió i és per això mateix que tenen un alt cost. D'altra banda, requereixen una instal·lació especial amb filtres i,



posteriorment, un difícil manteniment; l'energia subministrada per al seu funcionament és l'oli mineral.

Els avantatges que presenta la seva utilització són la rapidesa en el treball realitzat, una gran capacitat de càrrega i l'oferta d'estabilitat amb càrregues estàtiques.

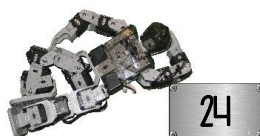
- Actuadors pneumàtics: aquest sistema, a més de resultar econòmic, ofereix una alta velocitat d'actuació, però en canvi, s'estan començant a substituir pels elèctrics. L'energia utilitzada per al seu funcionament és l'aire a pressió.

A banda dels avantatges ja esmentats (rapidesa i baix cost), també són estructures senzilles i robustes alhora. En canvi, són sorollosos i, igual que els hidràulics, necessiten instal·lacions especials amb filtres.

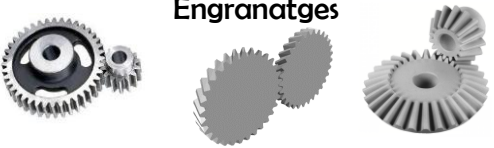
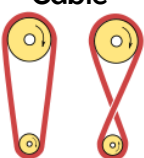
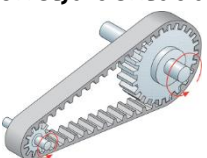


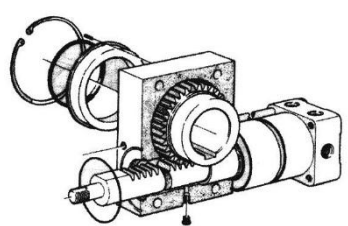
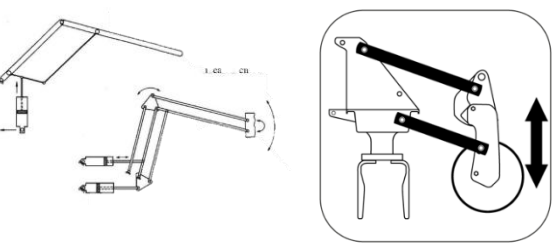
- Actuadors elèctrics: funcionen mitjançant energia elèctrica i s'utilitzen quan el robot té una mida mitjana, sense la necessitat de tenir una alta potència ni velocitat d'actuació. Segons els requeriments del robot, hi ha dos tipus de motors:
  - Motors elèctrics de corrent contínua: s'utilitzen en els girs, quan no es requereix massa precisió.
  - Motors elèctrics de corrent alterna: s'utilitzen per fer moviments giratoris del motor molt precisos.

Els avantatges que presenta el seu ús és la fiabilitat, la facilitat de controlar-los, el poc soroll que provoquen i la fàcil i còmode instal·lació. Pel contrari, com ja he dit, tenen una potència limitada.

Els elements que s'encarreguen de portar el moviment des dels actuadors a les articulacions són les transmissions. Les principals combinacions de transmissió que s'utilitzen als robots són les següents:



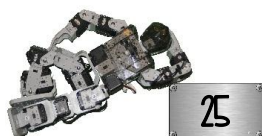
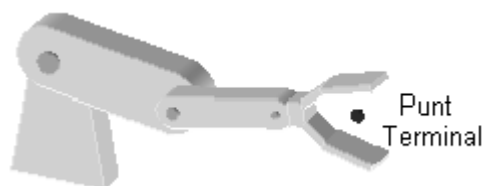


Entrada – sortida	Exemples
Moviment circular – Moviment circular	<div style="text-align: center;"> <p><b>Engranatges</b></p>  </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>Cable</b></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Corretja dentada</b></p>  </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <p><b>Cadena</b></p>  </div>
Moviment circular – Moviment lineal o Moviment lineal – Moviment circular	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p><b>Cargol sense fi</b></p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p><b>Pinyó-cremallera</b></p>  </div> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <p><b>Paral·lelogram articulat</b></p>  </div>

Dins d'aquests elements transmissors trobem els reductors, amb la principal funció d'adequar la velocitat de sortida de l'actuador a la que es desitja que es mogui el robot.

El conjunt de baules i articulacions d'un robot s'anomena cadena cinemàtica, i en cas que cada baula es trobi articulada als seus extrems (excepte la primera que normalment es troba fixa, i l'última que té l'extrem lliure), parlem

de cadena cinemàtica oberta. A l'última baula se sol trobar un element terminal amb



una funció concreta, com pot ser una mà articulada per subjectar, un soldador, o un trepant. El punt central d'aquest últim element s'anomena punt terminal.

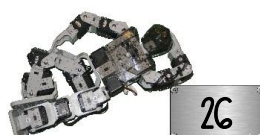
### 3.2.4. ELEMENTS TERMINALS

Com he dit a l'apartat anterior, un element terminal és una part del robot que es troba a l'extrem final de l'última baula i que ha estat dissenyat amb un fi específic. Es poden dividir en dos grups:

- **Pinces:** són elements que serveixen per subjectar una peça mentre és traslladada o manipulada. Aquestes pinces poden ser simples mecanismes simulant una mà amb dos o més dits, o fins i tot poden tenir incorporats altres mètodes, com són els imants, els ganxos, les ventoses i les pales o culleres.



- **Eines:** aquest grup és molt ampli, és per això que inclou tot tipus d'estris capaços de modificar una part de l'objecte en què s'està treballant. Trobem inclosos en aquest apartat els soldadors, els polvoritzadors de pintura i els trepants. A continuació trobem un exemple d'eina com a element terminal, concretament.



## 3.2.5. Elements que subministren energia

Tot robot necessita un subministrament d'energia elèctrica per al funcionament del sistema de control, independentment del tipus d'actuador que disposi. Aquesta electricitat també servirà per als actuadors elèctrics, però en canvi, si es tenen actuadors hidràulics o pneumàtics, també es necessitarà oli, en el cas dels primers, o aire, en el segon cas.

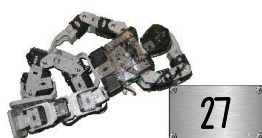
## 3.3. TIPUS DE ROBOTS

Podem trobar diferents classificacions dels robots segons l'aspecte que vulguem destacar. Així doncs, explicaré com classificar-los segons la seva cronologia i l'estructura.

### 3.3.1. Segons la seva cronologia

Si el que volem que ressalti per sobre de les característiques és l'època a la qual pertanyen, diferenciem entre:

- ❖ **Primera generació:** són els anomenats robots manipuladors. En aquesta primera etapa trobem els primers robots, els que tenen un sistema de control molt senzill, de llaç obert, que vol dir que no presenten cap tipus de sensors i funcionen segons com s'hagin programat prèviament. Podem considerar que aquesta etapa comença als anys cinquanta.
- ❖ **Segona generació:** són els robots d'aprenentatge. Els que pertanyen a aquest grup han avançat en l'àmbit de la percepció de l'entorn i tenen un sistema de control de llaç tancat, que vol dir que, a diferència dels de la generació anterior, els d'aquesta tenen sensors que els permeten rebre informació del seu entorn, que analitzen i els és útil per poder adaptar-se i actuar d'una manera diferent segons les dades rebudes. A més a més, poden aprendre un seguit de moviments, seguint els d'un ésser humà. Aquesta etapa abasta fins als anys vuitanta.
- ❖ **Tercera generació:** són robots amb control mitjançant sensors. Els que trobem en aquesta etapa tenen controladors incorporats, que els permeten, mitjançant la informació obtinguda a partir dels sensors, actuar d'una determinada manera segons el llenguatge de programació que utilitzi. Aquests els situem entre els anys vuitanta i noranta.



- ❖ Quarta generació: són els coneguts com robots intel·ligents. Els que pertanyen a aquesta etapa posseeixen sensors molt més complexes. Diem que aquests robots són intel·ligents gràcies a la tecnologia que utilitzen i la gran capacitat que tenen per rebre informació de l'exterior i adaptar-se a ell en gran mesura.

### 3.3.2. SEGONS LA SEVA ESTRUCTURA

En canvi, si considerem més important com estan formats, distingim entre:

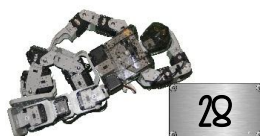
- Poliarticulats: en aquest grup trobem tots aquells robots que es troben fixos a una base, que no es mouen del lloc on es troben i només efectuen moviments les seves "extremitats" en un espai determinat. Aquest moviment es troba descompost en un o més sistemes de coordenades i amb uns graus de llibertat limitats. Un exemple d'aquest tipus és un robot industrial.



- Mòbils: aquests tipus de robots són capaços de desplaçar-se en l'espai mitjançant rodes. Descriuen el seu moviment en funció de les ordres enviades a través d'un comandament a distància o, fins i tot, segons la informació rebuda de l'exterior, gràcies als sensors. Els robots mòbils es consideren que tenen un alt nivell d'intel·ligència; un bon exemple és un robot encarregat de transportar peces en una fàbrica.



- Zoomòrfics: es caracteritzen per la similitud dels seus moviments als dels diferents éssers vius. S'està investigant en el desenvolupament d'aquests robots per tal que puguin actuar d'una manera totalment autònoma, treballant en superfícies irregulars. Algunes possibles aplicacions són l'exploració espacial i l'estudi de volcans.



- **Androides:** els androides es podrien considerar un subgrup dins dels zoomòrfics. Són aquells que intenten assemblar-se el màxim possible a un ésser humà, tant en la forma, aparença i comportament. Aquest grup no està gaire desenvolupat actualment, i un dels focus on han de treballar més és en el moviment bípede i la capacitat de coordinar el moviment en temps real alhora de mantenir l'equilibri.



- **Híbrids:** dins d'aquest grup podem trobar una gran varietat de robots, ja que és on es troben tots aquells que són difícils de classificar, degut a si mires la seva estructura, trobaràs que estan formats per combinacions de les altres estructures prèviament explicades. Veient la complicació que ens suposa classificar-lo, decidim crear un altre grup en què es troben aquestes composicions combinades.

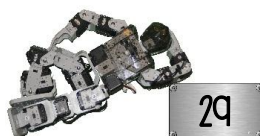
Un exemple d'aquest tipus és una estructura amb rodes i un braç robòtic; si ens fixem en la seva composició diríem que pot formar part dels robots mòbils (per la capacitat de desplaçament amb les rodes) i també dels robots poliarticulats (com és el braç robòtic que porta instal·lat).



### 3.4. GRAUS de llibertat de les articulacions

Al subapartat dels robots poliarticulats he parlat dels graus de llibertat, que són els diferents moviments que pot fer un robot en un espai de tres dimensions. Segons la mobilitat que tingui cada component del robot, es dirà que té un grau de llibertat diferent.

Aquests graus de llibertat es divideixen en dos, segons si es basen en el moviment en els tres eixos perpendiculars o si es troben combinats amb la rotació d'aquests eixos. D'aquesta manera, diem que hi ha sis graus, que són:

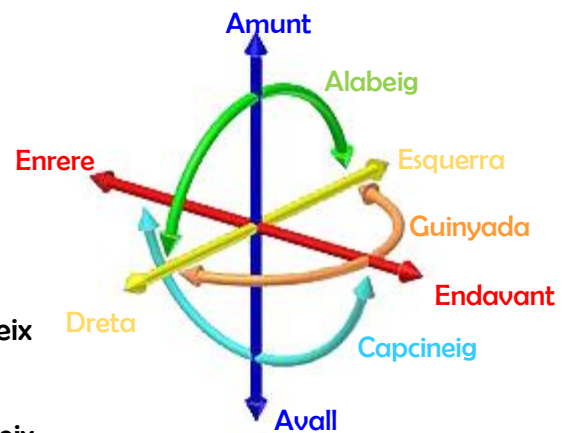


❖ Situats sobre els eixos de coordenades:

- endavant/enrere
- amunt/avall
- dreta/esquerra

❖ Combinats amb la rotació sobre els eixos:

- Guinyada: rotació amb l'eix vertical com a centre.
- Capcineig: rotació amb l'eix d'esquerra/dreta com a centre.
- Alabeig: rotació amb l'eix d'endavant/enrere com a centre.



## 3.5. ROBOTS A LA FICCIÓ

Bastant temps abans que apareguessin els robots a la vida real, van aparèixer a la ficció, en contes, en pel·lícules i, fins i tot, hi havia mites en què apareixien individus amb característiques una mica peculiars. A continuació explicaré la influència d'aquests artefactes i personatges en aquests tres àmbits.

### 3.5.1. MITOLOGIA

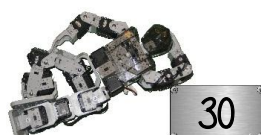
Ja a l'antiguitat existien mites en què apareixien éssers humans artificials, de procedència misteriosa i amb actituds sorprenents. Un clar exemple es troba a la mitologia clàssica, quan es parla que Cadmo va plantar dents de drac i van aparèixer soldats; el cobrar vida de l'estàtua de Galatea; o els servents mecànics intel·ligents i les taules mòbils d'Hefest (Déu grec).

D'altra banda, igual que passa amb Galatea, en una llegenda hebrea apareix Golem, una altra estàtua que es mou gràcies a la màgia.

En aquests casos no es feia referència a aquestes màquines com a robots, sinó com a objectes mecànics d'aparença humana.

### 3.5.2. LITERATURA

Uns segles enrere ja van començar a aparèixer éssers mecanitzats en contes, obres de teatre i històries diverses. Alguns exemples són "L'home de sorra", un conte de Hoffmann publicat el 1817, en què apareixia una nina mecànica; el 1865 Edward S. Ellis va publicar "L'home de vapor de les praderies", on es mostra interès per part dels americans per la industrialització.

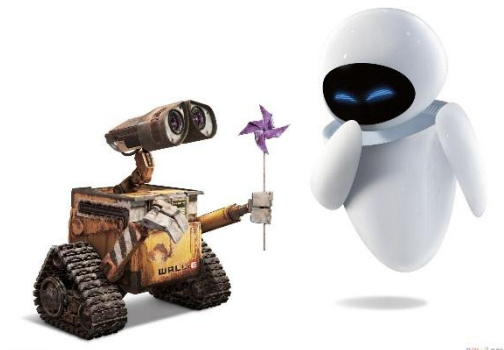
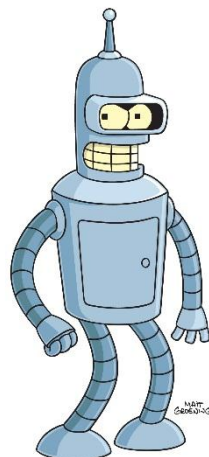


Com ja he esmentat prèviament, Karel Capek va escriure una obra teatral anomenada Rossum's Universal Robots, en què va aparèixer per primera vegada la paraula 'robot'. En canvi, Isaac Asimov és l'escriptor més destacat d'històries sobre robots, a més de ser el causant de l'aparició de les tres lleis de la robòtica. A continuació veiem alguns dels exemplars d'Asimov.



### 3.5.3. Cinema i Televisió

Al cinema, a la publicació de Rossum's Universal Robots, de Capek, la van seguir pel·lícules com "Blade Runner", "The Terminator", "Intel·ligència Artificial", "Jo, Robot", "L'home bicentenari" (basades en obres d'Isaac Asimov) i "WALL-E" (com es pot veure a la imatge).



A la televisió hi ha sèries en què apareixen robots com "BattleBots" i "Futurama" (imatge de l'esquerra), on els robots actuen com si fossin ciutadans. En una altra sèrie, "Almost Human", apareixen robots policies, que funcionen amb l'anomenada ànima sintètica.

### 3.6. ÈTICA A LA ROBÒTICA

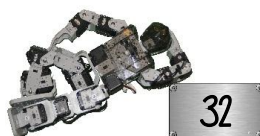
Com que els robots estan dissenyats per poder substituir els humans en feines quotidianes, hi ha una preocupació general sobre l'efecte que puguin acabar tenint a la societat, si poden allunyar o competir amb els humans. En canvi, actualment això no ha de ser una gran preocupació, perquè ni tan sols es poden aplicar les tres lleis de la robòtica pel simple fet que els robots no poden comprendre el que volen transmetre, decidir el que pot ser perillós per a ells mateixos o per a les persones.

Perquè això sigui possible, caldria aconseguir un alt nivell d'intel·ligència artificial, un grau que encara no s'ha aconseguit.

### 3.7. REPERCUSSIÓ DELS ROBOTS A L'ÀMBIT LABORAL

Cada cop hi ha més robots substituint les persones en la cadena de fabricació de diversos productes, com passa en grans empreses com Intel o Sony, que han augmentat els reemplaçaments per robots. D'aquesta manera, el procés de fabricació és més ràpid, econòmic, permeten un estalvi de recursos i a més, ofereixen una qualitat més alta. Tot això comporta una millora important de rendiment i, consegüentment, de guanys per a l'empresa.

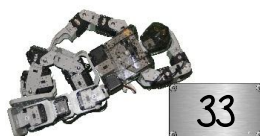
D'altra banda, s'estudia la petjada que poden deixar en els nivells de desocupació i últimament es té molt en compte la seguretat, des de l'accident que va tenir lloc al 1984 als Estats Units, quan un robot va provocar la mort d'una persona per haver-la aixafada.





## 4. APLICACIÓ PRÀCTICA DE LA ROBÒTICA

Com ja he explicat prèviament a la introducció, en un principi pensava posar el focus de la part pràctica en un robot BIOLOID, però en trobar-me amb la dificultat de la programació, vaig canviar d'opinió i em vaig decantar pels kits de LEGO, que ofereixen gairebé les mateixes possibilitats que l'anterior, però en canvi, donen una major facilitat a l'hora de treballar amb ell.



## 4.1. BIOLOID

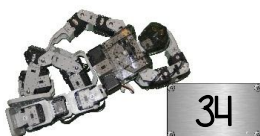
# BIOLOID

BIOLOID és un kit de construcció educacional creat per l'empresa coreana ROBOTIS. Podem dir que BIOLOID és el nom que encapçala tota una sèrie de kits, ja que hi ha una gran varietat en funció de la complexitat a l'hora de construir un robot. Així, trobem:

- Bioloid Beginner: per a principiants, amb el qual pots muntar catorze configuracions diferents, ja que només disposes de quatre servomotors.
- Bioloid Comprehensive: és una ampliació que consta de catorze motors i una capsa de peces extra per tal de poder passar del kit principiant a un de més avançat. Amb aquest pots arribar a construir vint-i-sis estructures robòtiques diferents.
- Bioloid Expert: es defineix com a una ampliació del Comprehensive, ja que té dos motors més i sensors addicionals, principalment.
- Bioloid Premium: es pot dir que és l'última actualització del kit Comprehensive; consta de 18 servomotors i amb els quals pots obtenir vint-i-nou configuracions diferents, tres de les quals són humanoides.
- Bioloid GP: és l'únic robot Bioloid metàl·lic, el més fort i ràpid, preparat per a les competicions de robots. Els seus motors i les lleugeres peces que el formen, fa que sigui el millor a l'hora de competir.
- Bioloid STEM Standard: és un kit dirigit a l'aprenentatge a les escoles, amb el qual els alumnes poden aprendre alhora ciència, tecnologia, enginyeria i matemàtiques jugant amb ells.
- Bioloid STEM Expansion: com el seu nom indica, és un kit d'ampliació per al Bioloid STEM Standard, que et permet construir nou muntatges extra, i a més a més, poder controlar-los a distància.

Els motors que van inclosos als kits enumerats anteriorment són Dynamixel, els millors dels petits robots que existeixen actualment. A partir de la unió de diversos servomotors mitjançant les peces de plàstic (a excepció del Bioloid GP que són metàl·liques), cargols, femelles i cables, aconseguirem reproduir totes aquelles estructures que ens puguem imaginar.

Tots aquests equips porten un petit programa de demostració que et permet veure algunes de les coses que poden fer, però no és pas comparable amb la infinitat de moviments i rutines que poden dur a terme quan els dissenyes la teva pròpia actuació.



## 4.2.LEGO MINDSTORMS Education EV3

El kit LEGO MINDSTORMS permet treballar en l'àmbit educacional, aprenent ciència, tecnologia, matemàtiques i enginyeria tot alhora, a nivell de primària i secundària. Amb ell aprens a buscar solucions als possibles problemes que et puguis trobar i et fa desenvolupar la teva habilitat creativa. Gràcies a la gran varietat de peces de què es disposa, pots dissenyar i reproduir a petita escala robots que s'utilitzen a la vida real, i que fàcilment pots trobar a les indústries d'avui en dia.

EV3 vol dir que és la tercera generació dels LEGO MINDSTORMS, l'evolució (EV). Al mercat trobem diferents kits de LEGO MINDSTORMS, però em centraré en els dos que tinc jo: un d'ell és el bàsic, que inclou les peces essencials per construir qualsevol estructura robòtica; l'altre és una ampliació de peces.

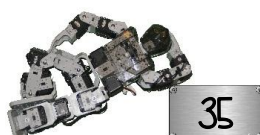
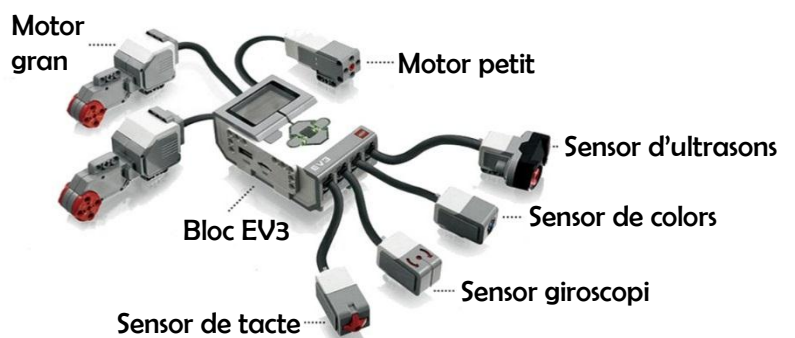
### 4.2.1. COMPONENTS DEL CONJUNT PRINCIPAL



El conjunt bàsic consta de totes aquelles peces que són imprescindibles a l'hora de fer un muntatge qualsevol. Aquests elements es poden veure a la imatge de l'esquerra, i

són: el 'cervell', és a dir, el bloc que portarà la programació (amb la bateria), tres motors (dos d'ells més grans que el tercer), sensor d'ultrasons, de color, giroscopi, dos sensors de tacte i una àmplia varietat de peces, entre les quals trobem des de senzilles peces estructurals i unions de les diferents parts, fins a engranatges i llantes.

Tots els components que vénen inclosos en aquest conjunt fan un total de 541 peces.



El component més important d'aquest kit és el nou Bloc EV3, que és com un petit ordinador amb una ranura USB i per a targetes SD, que permeten ampliar la memòria RAM. A més a més, té bluetooth, WiFi, quatre connexions de sensors i quatre més per als motors.

Per tal de tenir una major organització de les peces i poder-les localitzar millor, el kit disposa d'una safata de plàstic classificadora.

El seu ús és adequat per a joves des dels 9 anys fins a la universitat, gràcies als tutorials facilitats pel propi kit i les guies que t'ajuden a portar a terme els teus projectes.

Amb els components que integren la capsa d'elements bàsics es poden muntar les següents estructures:

- ✚ Gyro Boy: és un robot capaç de mantenir l'equilibri i desplaçar-se sobre dues rodes (explicació més detallada a l'apartat 4.2.3.4.Gyro Boy).



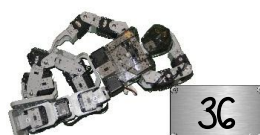
- ✚ Classificador de colors: distribueix les peces que li mostres segons del color que siguin (explicació més detallada a l'apartat 4.2.3.1. Classificador de colors).



- ✚ Gos: obeeix a les ordres donades en "olorar" un os (explicació més detallada a l'apartat 4.2.3.5. Gos).



- ✚ Braç robòtic: consisteix en un braç que detecta, utilitzant el sensor de color, una pila de peces. Un cop localitzades, baixa per agafar-les i, quan les ha detectat amb el sensor de tacte, les agafa i les mou de lloc.



## 4.2.2. Components de l'expansió



El conjunt d'expansió no inclou cap sensor ni motor, tan sols peces addicionals (un total de 853) amb les quals podràs muntar una varietat més àmplia d'estructures.

Igual que la capsa de components bàsics, la

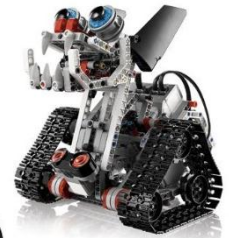
d'expansió també disposa de classificadors per poder tenir localitzades fàcilment cadascuna de les peces.

Unint les peces del conjunt bàsic amb les de l'expansió es poden muntar sis construccions més, sense tenir en compte les creacions pròpies inventades:

✚ Tank Bot: és un tanc que imita els reals en la capacitat per desplaçar-se per superfícies amb petits relleus i pendents (explicació més detallada a l'apartat 4.2.3.6. Tank Bot).



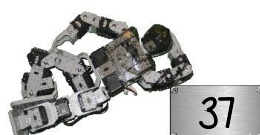
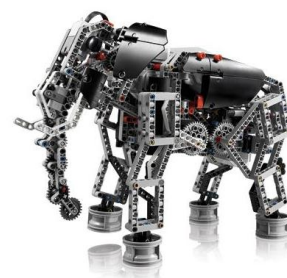
✚ Znap: és una mena de mascota que es desplaça i fa l'intent de mossegar quan detecta la presència d'algú al seu voltant (explicació més detallada a l'apartat 4.2.3.7. Znap).



✚ Escaladora: és un vehicle capacitat per pujar escales (explicació més detallada a l'apartat 4.2.3.3. Escaladora).



✚ Elefant: és un robot que es comporta com els elefants, a grans trets (explicació més detallada a l'apartat 4.2.3.2. Elefant)



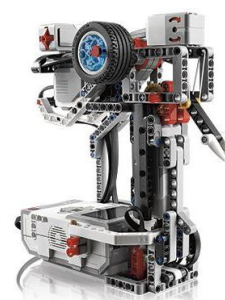
- ✚ Fàbrica d'spinners: és una cadena de producció que construeix i llança una baldufa.

Utilitza dos blocs EV3, sis motors, un sensor de tacte i dos de colors; per tant, per poder-la construir, es necessiten dos kits principals i un d'expansió.



- ✚ Control remot: és un comandament a distància que et permet controlar els robots a través de Bluetooth.

Utilitza un bloc EV3, dos motors, un sensor de tacte i el giroscopi. Per tant, n'hi haurà prou amb un conjunt principal i un d'expansió per a la seva construcció, però es necessitarà un altre kit principal per construir el robot que es controli amb aquest comandament.



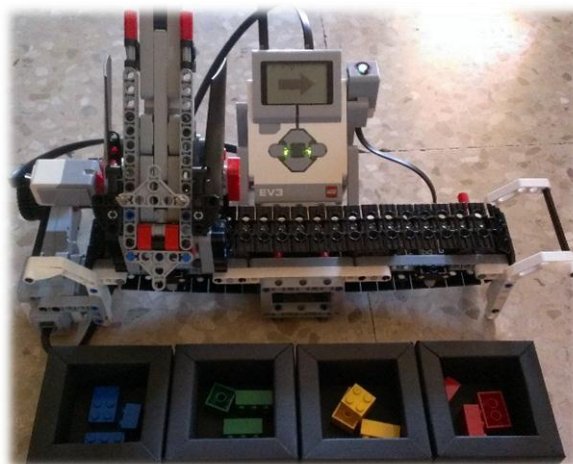
## 4.2.3. CONSTRUINT ROBOTS

### 4.2.3.1. CLASSIFICADOR DE COLORS

És un robot amb una possible aplicació industrial. La seva funció consisteix a organitzar les peces segons el color que tenen. Per tal que les classifiqui, has d'ensenyar-li, una a una, les peces que posteriorment col·locaràs en un dispensador de colors. Perquè funcioni correctament, les peces del dispensador han d'estar en el mateix ordre que li has ensenyat al sensor.

Per al seu funcionament, utilitza el bloc EV3, els motors, un sensor de tacte i el de colors.

(Aquest disseny serà el que presentaré al tribunal).



### 4.2.3.2. ELEFANT

L'elefant robòtic es desplaça de manera unidireccional, és a dir, fa tantes passes endavant o enrere com cops premis el botó corresponent del bloc EV3. També està capacitat per aixecar la trompa i imitar el so dels elefants un cop ha arribat a la seva posició més alta. Per últim, posant-li una petita composició de peces justament darrere de la trompa i indicant-li la funció corresponent, l'aixeca i la torna a deixar al seu lloc. Per tal que faci totes les seves funcions, es necessita el bloc EV3, el sensor de color, el tàctil i els motors.



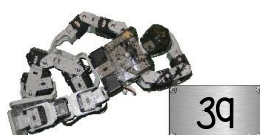
(Per veure el vídeo del funcionament de l'elefant, vés a l'arxiu "elefant.mp4", del DVD adjunt).

### 4.2.3.3. ESCALADORA

És un vehicle de sis rodes que pot desplaçar-se en línia recta tant en una superfície plana, com per esglaons. Podríem dir que està compost per dues parts unides que es desplacen verticalment l'una respecte de l'altra. Quan la part de davant de l'escaladora topa amb un esglaó, comença a pujar, mentre que la part de darrere es queda a terra fent de suport. L'únic que s'ha de fer és indicar-li el número d'esglaons que es trobarà, i un cop es posi en marxa, no pararà fins a completar el cicle que se li ha indicat.

Per construir-la, es necessita el bloc EV3, els motors, el sensor de tacte i el giroscopi.

(Per veure el vídeo del funcionament de l'escaladora, vés a l'arxiu "escaladora-front.mp4" i "escaladora-perfil.mp4", del DVD adjunt).



#### 4.2.3.4. GYRO BOY

De totes les construccions incloses en el manual del programa de LEGO, el Gyro Boy és la més semblant a un humanoide, tot i que només les extremitats superiors són articulades. Es tracta d'un robot que és capaç de desplaçar-se i mantenir l'equilibri alhora tocant terra amb només dues rodes. Això ho pot dur a terme gràcies al giroscopi que porta incorporat. Es pot moure en totes direccions, per indicar-li el que vols que faci, tan sols has d'ensenyar-li el color que correspon a l'ordre desitjada: verd per anar endavant, blau per girar a la dreta, groc per girar a l'esquerra i vermell per aturar-se.

A més a més, si li dones suaus cops per intentar desequilibrar-lo, fa un esforç per contrarestar la força que li has aplicat i mantenir-se sense caure.

La seva construcció requereix la utilització del bloc EV3, tots els motors, el sensor de colors, el d'ultrasons, el de tacte i el giroscopi.

(Per veure el vídeo del funcionament del Gyro Boy, vés a l'arxiu "Gyro Boy.mp4", del DVD adjunt).



#### 4.2.3.5. GOS

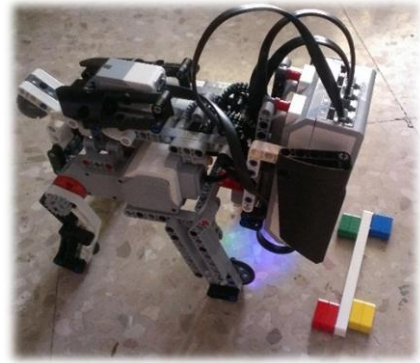
És la reproducció robòtica d'un gos. No té la capacitat de caminar, però en canvi sí que borda, s'estira a terra, els ulls se li transformen en cors quan detecta que l'estimes, ensuma, fa un soroll fent veure que menja i aixeca la pota del darrere per orinar. Totes aquestes accions són la resposta a l'ordre donada, quan li ensenyes al sensor de color un dels cinc colors que té l'os.





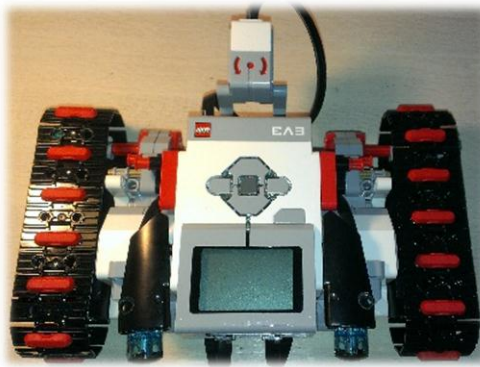
Perquè funcioni, necessita el bloc EV3, els motors, el sensor de color i el tàctil.

(Per veure el vídeo del funcionament del gos, vés a l'arxiu "gos.mp4", del DVD adjunt).



#### 4.2.3.6. TANK BOT

Actua com si fos un tanc de veritat, parlant només en termes de mobilitat. Pots controlar els seus moviments amb l'aplicació de LEGO que hi ha per als smartphones i tablets o també pot moure's fent el perímetre de figures geomètriques, com són el triangle, el quadrat o el pentàgon, entre d'altres.

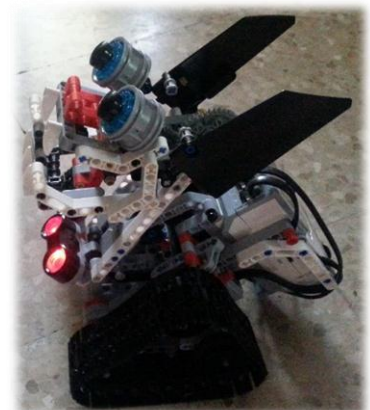


Es pot moure per superfícies planes, amb petits desnivells i, fins i tot, pot pujar i baixar pendents, gràcies a les peces de goma que porta a les erugues, que impedeixen que rellisqui. Per la seva construcció és necessari l'ús del bloc EV3, els motors i el sensor giroscopi.

(Per veure el vídeo del funcionament del tanc, vés a l'arxiu "tanc control remot.mp4" i "tanc formes geomètriques.mp4", del DVD adjunt).

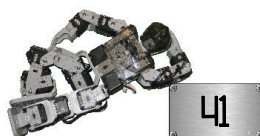
#### 4.2.3.7. ZNAP

Podem dir que és com una mascota de joguina, capaç de desplaçar-se endavant, enrere i cap als costats. En detectar la presència d'alguna persona o objecte a una distància determinada, allarga el coll i obre la boca, fent l'intent de mossegar, com si estigués atacant un possible depredador.



Per funcionar, necessita el bloc EV3, els motors i el sensor d'ultrasons.

(Per veure el vídeo del funcionament de znap, vés a l'arxiu "znap.mp4", del DVD adjunt).

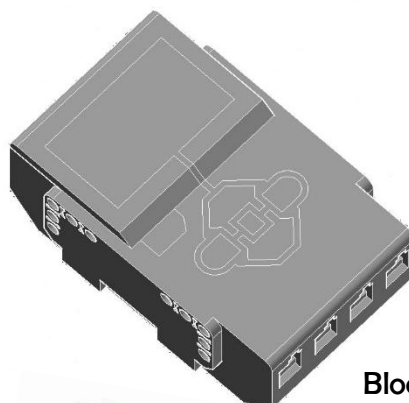


## 4.2.4. Dissenyant les peces

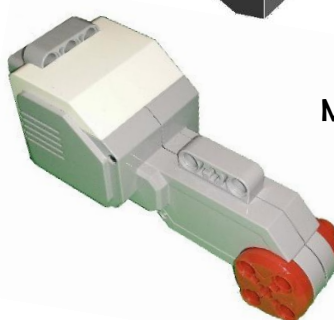
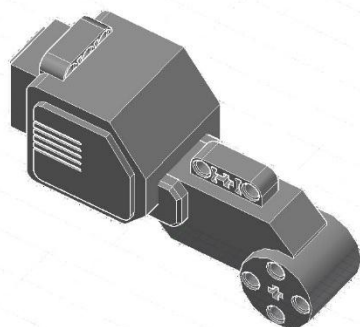
Per a la part pràctica del Treball de Recerca he fet el recorregut a la inversa de la construcció d'un robot, és a dir, partint d'un robot preexistent, he anat passos enrere fins a arribar al disseny de les peces que el formen. Aquest disseny l'he fet amb un programa de disseny en 3D, anomenat AutoCAD 2014.

A continuació trobem les fotos d'algunes de les peces, juntament amb el seu corresponent disseny a mida real, per tal de poder veure la correspondència entre el disseny i la seva peça.

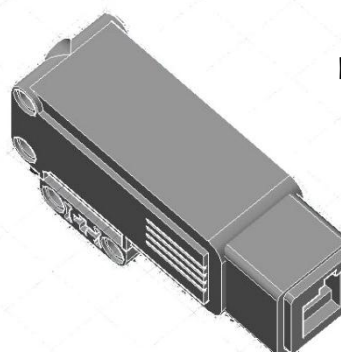
Si es volen veure totes les peces dissenyades necessàries per construir el classificador de colors (muntatge que presentaré al tribunal), es poden veure a la carpeta "AutoCAD" que es troba dins el DVD adjunt al treball.



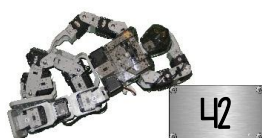
Bloc EV3



Motor gran



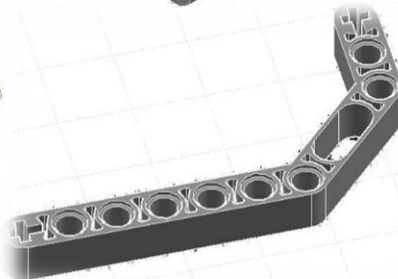
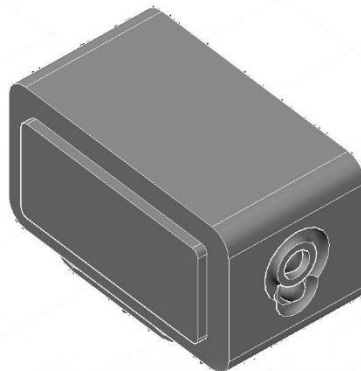
Motor petit



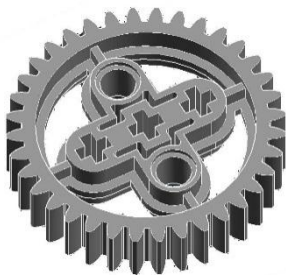


Sensor de tacte

Sensor de color



Peça estrutural  
(x8+2cruz)



Engranatge



Eruga



Unió de peces



## 5. CONCLUSIÓ

Després de tot el que ha comprès aquest treball, començant per la decisió del tema a tractar, seguint per la infinitat de fonts d'informació consultades, i acabant amb el disseny i construcció del robot, puc dir que ha estat una experiència inoblidable. Ha estat així per la quantitat d'hores abocades, tota la feina que comporta fer un treball d'aquest tipus, amb la seva corresponent part pràctica.

És ara, un cop gairebé enllestit el Treball de Recerca, quan realment me n'adono que ha valgut la pena tots els maldecaps que sortien arran de les pretensions d'organitzar-me prou bé per poder avançar-lo, sense haver de deixar de banda la feina del dia a dia.

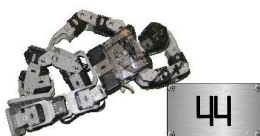
Malgrat que moltes vegades hagi desitjat no haver de fer el treball i, d'altres, el que més em venia de gust era abandonar-lo permanentment, ara haig de reconèixer que si no hagués estat per aquesta imposició, molt probablement hauria trigat bastant de temps a investigar sobre la robòtica com ho he fet.

Durant els mesos que he estat fent aquest treball he pogut aprendre els inicis de la robòtica, algunes de les aplicacions que té, quins són els principals components dels robots i del que són capaços.

A banda d'això, trobo que l'haver fet el Treball de Recerca m'ha fet millorar la meua capacitat de decidir cap a on anar, com organitzar-me i en quin moment havia de parar, cosa que no vol dir que sempre ho hagi aconseguit exitosament i sense perdre els nervis.

Al principi em sentia com una nouvinguda a un món immens, del qual les parets que el delimitaven s'allunyaven cap a l'infinit mentre més intentava avançar, fent-me pensar que estava en una cursa a la qual havia d'arribar al final guanyant velocitat. L'únic que aconseguia d'aquesta manera era sortir d'una habitació per trobar-me perduda en una altra de nova. De sobte, em vaig adonar que havia de canviar la manera de percebre el treball: havia de deixar de prendre-me'l com una cursa, aturar-me on estava, i admetre que no podia lluitar contra un món sencer, la robòtica. De mica en mica vaig anar entenent que la perseverança em feia apropar-me a la meta que m'havia proposat. I això passa en totes les facetes de la vida, és un fet anomenat evolució; es va avançant poc a poc i acabes trobant el final: el que va començar amb un petit cargol, acaba sent un robot autònom com un ésser viu.

Concloent, ha estat una feina amb la qual he patit, però sense la qual no hauria après moltes de les coses que m'ha aportat.



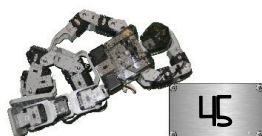
## 6. Bibliografía

Per tal de poder fer el disseny dels engranatges del robot, he hagut de consultar un llibre, d'on he agafat les fórmules amb les quals havia de calcular els diferents paràmetres característics dels engranatges per al posterior disseny. El llibre utilitzat és el següent:

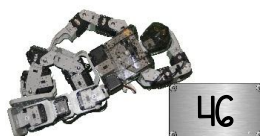
RODRÍGUEZ DE ABAJO, F. Javier i altres: *Técnicas gráficas*, Editorial Donostiarra, San Sebastián, 1976

Per elaborar la resta del treball escrit, és a dir, tota la documentació, he fet ús de les següents pàgines web:

- <http://ro-botica.com/es/Producto/Set-expansion-recursos-LEGO-MINDSTORMS-Education-EV3-45560/>
- <http://www.youtube.com/watch?v=K4-bxmb240c>
- <http://ro-botica.com/es/Producto/Set-basico-LEGO-MINDSTORMS-Education-EV3>
- [http://secundaria.uvic.cat/\\_treballs/aeb0dfta2544acd6c605059ef4f9d6fd660a6df0\\_La%20rob%C3%B2tica.pdf](http://secundaria.uvic.cat/_treballs/aeb0dfta2544acd6c605059ef4f9d6fd660a6df0_La%20rob%C3%B2tica.pdf)
- <http://robotica.wordpress.com/about/>
- <http://definicion.de/robotica/>
- <http://www.guillenxt.com/2012/03/las-5-generaciones-de-la-robotica.html>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Robot#Literatura>
- <http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/robotica/index.htm>
- [http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/robotica/intro\\_robot.htm](http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/robotica/intro_robot.htm)
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Seis\\_grados\\_de\\_libertad](http://es.wikipedia.org/wiki/Seis_grados_de_libertad)
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Rob%C3%B3tica>
- <http://robotiica.blogspot.com.es/2007/10/historia-de-la-robotica.html>
- [http://conciencia.hostei.com/robotica/breve\\_historia\\_robotica.html](http://conciencia.hostei.com/robotica/breve_historia_robotica.html)
- <http://www.profesormolina.com.ar/tecnologia/robotica/historia.htm>
- <http://proton.ucting.udg.mx/materias/robotica/r166/r63/r63.htm>
- <http://prezi.com/xyadgesyzi-c/historia-de-la-robotica/>
- <http://roboticaensalud.blogspot.com.es/>
- <http://es.scribd.com/doc/55665366/Aplicaciones-de-la-robotica>
- <http://proton.ucting.udg.mx/materias/robotica/r166/r109/r109.htm>
- [http://es.wikibooks.org/wiki/La\\_Rob%C3%B3tica\\_y\\_sus\\_componentes#Aplicaciones](http://es.wikibooks.org/wiki/La_Rob%C3%B3tica_y_sus_componentes#Aplicaciones)
- <http://www.monografias.com/trabajos82/vision-del-campo-robotica/vision-del-campo-robotica2.shtml>
- <http://blogthinkbig.com/robots-hogar/>
- [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-33052013000100001](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-33052013000100001)

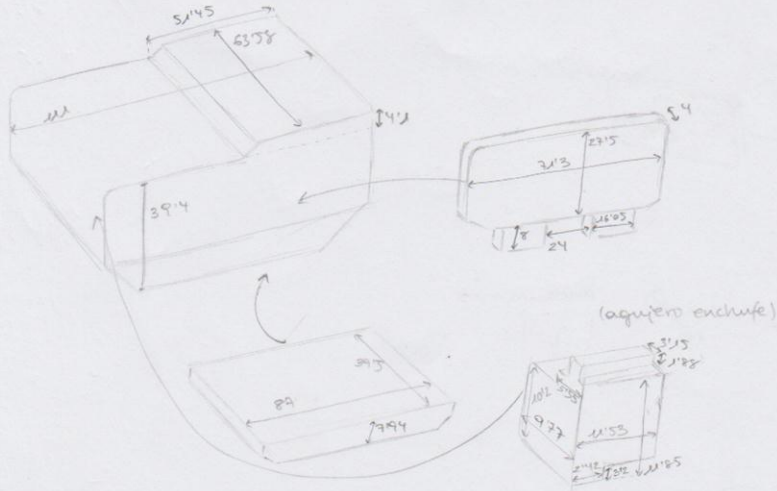


- <http://gigatecno.blogspot.com.es/2012/12/ventajas-y-desventajas-de-la-robotica.html>
- <http://www.horizonteminero.com/articulos/atecnologia/1089-la-robotica-en-la-industria.html>
- <http://www.ifr.org/industrial-robots/statistics/>
- [http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr\\_0708/archivos/\\_15/Tema\\_5.4.htm](http://platea.pntic.mec.es/vgonzale/cyr_0708/archivos/_15/Tema_5.4.htm)
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Robot\\_SCARA](http://es.wikipedia.org/wiki/Robot_SCARA)
- <http://proton.ucting.udg.mx/materias/robotica/>
- [http://www.industriaynegocios.cl/academicos/alexanderborger/docts%20docencia/seminario%20de%20aut/trabajos/2004/rob%C3%B3tica/seminario%202004%20robotica/seminario\\_robotica/documentos/morfolog%C3%8Da%20del%20robot.htm](http://www.industriaynegocios.cl/academicos/alexanderborger/docts%20docencia/seminario%20de%20aut/trabajos/2004/rob%C3%B3tica/seminario%202004%20robotica/seminario_robotica/documentos/morfolog%C3%8Da%20del%20robot.htm)
- <https://sites.google.com/site/irenerobotica/4-robots-industriales>
- <http://www.fayerwayer.com/2009/03/cientificos-del-mit-crean-robots-agricultores/>
- <http://www.csail.mit.edu/csailspotlights/feature2>
- <http://www.monografias.com/trabajos93/aplicaciones-robots-campo-medicina/aplicaciones-robots-campo-medicina.shtml>
- <http://www.mirs.cl/>
- <http://www.cnnexpansion.com/manufactura/2011/10/18/se-acercan-los-robots-mineros>
- <http://www.faq-mac.com/noticias/robotica-para-seguridad-vigilancia-edafica/46354>
- <http://ro-botica.com/es/Producto/Set-expansion-recursos-LEGO-MINDSTORMS-Education-EV3-45560/>
- <http://www.youtube.com/watch?v=K4-bxmb240c>
- <http://ro-botica.com/es/Producto/Set-basico-LEGO-MINDSTORMS-Education-EV3>
- <http://www.lego.com/es-es/mindstorms/downloads/building-instructions/everstorm>
- <http://roboteros.com/group/robots-escalables-bioloid>
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Robotis\\_Bioloid](http://en.wikipedia.org/wiki/Robotis_Bioloid)
- <http://shop.legoeducation.com/gb/product/lego-mindstorms-education-ev3-core-set-45544-198/>
- <http://education.lego.com/es-es/lego-education-product-database/mindstorms-ev3/2000045-lego-mindstorms-education-ev3-software-single-user>
- <http://ro-botica.com/es/Producto/Pack-Educativo-LEGO-Mindstorms-Education-EV3/>
- <http://ro-botica.com/es/Producto/Set-expansion-recursos-LEGO-MINDSTORMS-Education-EV3-45560/>
- <http://obarchitecture.blogspot.com.es/2013/10/ero-concrete-recycling-robot.html>
- <http://www.robotikka.com/14380/robot-colombiano-anti-bombas/>

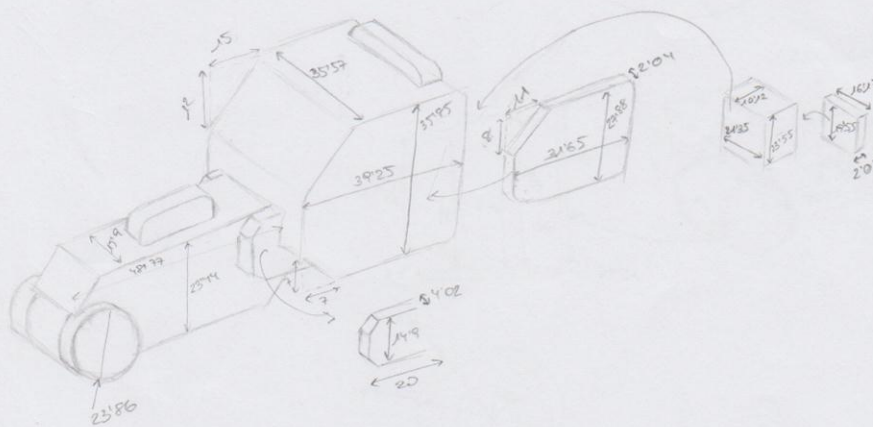


# 7. ANNEXOS

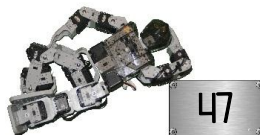
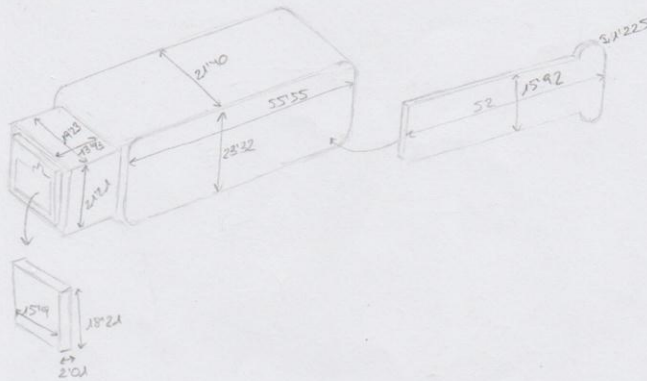
BLOQUE EV3



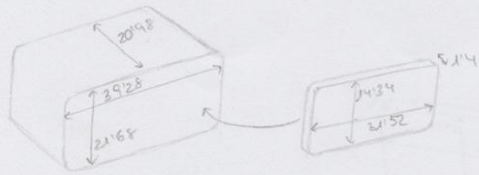
TUTOR GRANDE



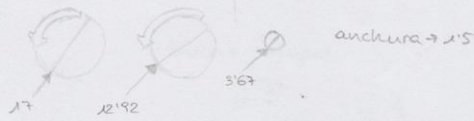
TUTOR PEQUEÑO



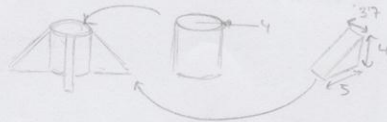
SENDORES



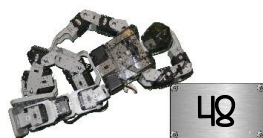
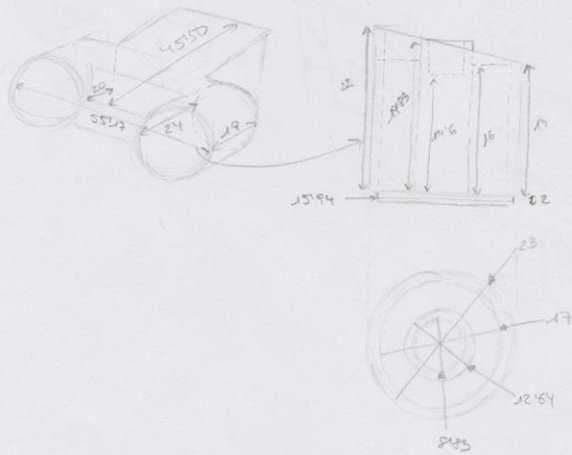
→ GIRESCOPIO



→ SENSOR DE TACTO

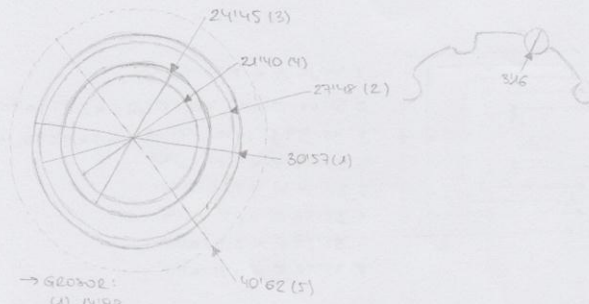


→ ULTRASONIDOS



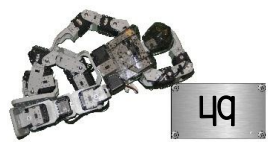
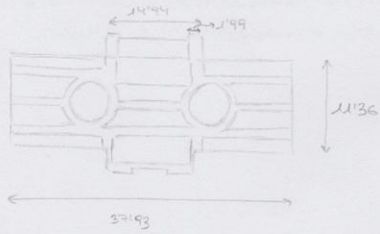


RUEDA DENTADA



- GEOMETR:  
(1) 24'98  
(2) 4'44  
(3) 0'51  
(4) 4'25

OEUGA



ENGRANAJE 1

- DP = 39'6
- DI = 37'125
- DE = 4'1'6
- ESPESOR = 1'56
- $\frac{DP}{8} = 4'95 \rightarrow \frac{4'95}{2} = 2'475$
- GROSOR  $\rightarrow 3'73$

$$\pi = \frac{DE}{N+2} = \frac{4'1'6}{40+2} = 0'99$$

$$DP = \pi \cdot N = 0'99 \cdot 40 = 39'6$$

$$P = \pi \cdot 31'4'16 = 0'99 \cdot 31'4'16 = 3'1'1$$

$$e = 0'5 \cdot P = 0'5 \cdot 3'1'1 = 1'56$$

$$DI = DP - 2'5 \cdot \pi$$

- \* INTERIOR ENGRANAJE
  - ↳ GROSOR  $\rightarrow 1'25$
  - ↳ DIÁMETRO  $\rightarrow 34'78$
- \* DIÁMETROS INTERNOS
  - ↳ 0'94 x 1'50 x 34'78
- \* GROSOR UNIONES  $\rightarrow 6'27$

\* cómo hacer un engranaje  
 → descomponer línea diente  
 → borrar líneas círculo  
 → crear región con el diente y una línea de un extremo al otro de este  
 → extruir

ENGRANAJE 2

- DP = 15'552
- DI = 13'122
- DE = 1'7'50
- ESPESOR = 1'5268176
- $\frac{DP}{8} = \frac{15'552}{8} = 1'944$
- GROSOR  $\rightarrow 3'73$

$$\pi = \frac{DE}{N+2} = \frac{1'7'5}{16+2} = 0'992$$

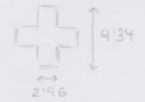
$$DP = \pi \cdot N = 0'992 \cdot 16 = 15'552$$

$$P = \pi \cdot 31'4'16 = 0'992 \cdot 31'4'16 = 3'0536352$$

$$e = 0'5 \cdot P = 0'5 \cdot 3'0536352 = 1'5268176$$

$$DI = DP - 2'5 \cdot \pi = 15'552 - 2'5 \cdot 0'992 = 13'122$$

- \* INTERIOR ENGRANAJE  $\rightarrow 10'97 \emptyset$
- \* TRIANTES INTERNOS  $\rightarrow 2'96 \times 10'97 \times 3'73$
- \* CRUCETA INTERIOR  $\rightarrow 8'05$  (grosor)



\* CILINDRO CUBO  $\rightarrow 6'45 \emptyset \times 8'05$  (alto)

ENGRANAJE 3

- DP  $\rightarrow 7'824$
- DI  $\rightarrow 5'379$
- DE  $\rightarrow 9'1'38$
- ESPESOR  $\rightarrow 1'5362424$
- $\frac{DP}{8} = \frac{7'824}{8} = 0'978$
- GROSOR TOTAL  $\rightarrow 7'175$
- ↳ GROSOR DIENTES  $\rightarrow 3'71$

$$\pi = \frac{DE}{N+2} = \frac{9'1'38}{8+2} = 0'978$$

$$DP = \pi \cdot N = 0'978 \cdot 8 = 7'824$$

$$P = \pi \cdot 31'4'16 = 0'978 \cdot 31'4'16 = 3'0724848$$

$$e = 0'5 \cdot P = 0'5 \cdot 3'0724848 = 1'5362424$$

$$DI = DP - 2'5 \cdot \pi = 7'824 - 2'5 \cdot 0'978 = 5'379$$

ENGRANAJE 4

- DP → 21'42  
 - D1 → 26'9925  
 - DE → 21'36  
 - ESPESOR → 2'522468  
 $\frac{DP}{P} = \frac{21'42}{8} = 2'7275$   
 - GRSOR → 8'02

$$\pi = \frac{DE}{M+2} = \frac{21'36}{2042} = 0'991$$

$$DP = \pi \cdot N = 0'991 \cdot 20 = 21'42$$

$$P = \pi \cdot 31416 = 0'991 \cdot 31416 = 310504936$$

$$E = 0'5 \cdot P = 0'5 \cdot 310504936 = 15252468$$

$$D1 = DP - 2'5 \cdot \pi = 21'42 - 2'5 \cdot 0'991 = 26'9925$$

- \* INTERIOR ENGRANAJE → 2'324 Ø
- \* TRIANTES INTERIOS → 2'324 x 2'116 x 8'02
- \* CASCETA INTERIOR → 9'34 Ø x 8'02 (alto)
  - ↳ cilindros extractores → 5 Ø x 8'02 (alto)
  - ↳ grosor casceta → 3'10

ENGRANAJE 5

- DP → 21'4857136  
 - D1 → 9'0928566  
 - DE → 21'40  
 - ESPESOR → 2'50347991  
 $\frac{DP}{P} = \frac{21'4857136}{8} = 2'7275$   
 - GRSOR → 8'02

$$\pi = \frac{DE}{M+2} = \frac{21'40}{1242} = 0'9571428$$

$$DP = \pi \cdot N = 0'9571428 \cdot 12 = 21'4857136$$

$$P = \pi \cdot 31416 = 0'9571428 \cdot 31416 = 300695982$$

$$E = 0'5 \cdot P = 0'5 \cdot 300695982 = 150347991$$

$$D1 = DP - 2'5 \cdot \pi = 21'4857136 - 2'5 \cdot 0'9571428 = 9'0928566$$

ENGRANAJE 6

- DP → 23'76  
 - D1 → 21'285  
 - DE → 23'74  
 - ESPESOR → 1'555092  
 $\frac{DP}{P} = \frac{23'76}{8} = 2'97$   
 - GRSOR → 3'73

$$\pi = \frac{DE}{M+2} = \frac{23'74}{2442} = 0'99$$

$$DP = \pi \cdot N = 0'99 \cdot 24 = 23'76$$

$$P = \pi \cdot 31416 = 0'99 \cdot 31416 = 3110284$$

$$E = 0'5 \cdot P = 0'5 \cdot 3110284 = 1555092$$

$$D1 = DP - 2'5 \cdot \pi = 23'76 - 2'5 \cdot 0'99 = 21'285$$

ENGRANAJE 7

- DP → 35'28  
 - D1 → 32'83  
 - DE → 37'24  
 - ESPESOR → 1'539384  
 $\frac{DP}{P} = \frac{35'28}{8} = 4'41$   
 - GRSOR → 8'02

$$\pi = \frac{DE}{M+2} = \frac{37'24}{3642} = 0'98$$

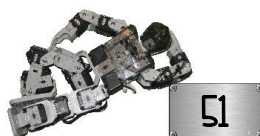
$$DP = \pi \cdot N = 0'98 \cdot 36 = 35'28$$

$$P = \pi \cdot 31416 = 0'98 \cdot 31416 = 3078768$$

$$E = 0'5 \cdot P = 0'5 \cdot 3078768 = 1539384$$

$$D1 = DP - 2'5 \cdot \pi = 35'28 - 2'5 \cdot 0'98 = 32'83$$

- \* CILINDRO INTERIOR ENGRANAJE → 29'42 Ø x 8'02 (alto)
- \* TRIANTE CIRCULAR INTERIOR → 27'07 Ø interno x 29'42 Ø externo x 2'34 (alto)
- \* TRIANTE RECTANGULAR INTERIOR → 2 (ancho) x 29'42 (largo) x 3'98 (alto)
  - ↳ 3'47 (ancho) x 27'07 (largo) x 2'34 (alto)
- \* CASCETA INTERIOR → 7'4 (ancho) x 23'25 (largo) x 8'02 (alto)



## SELECCIONADOR DE COLOR

### \*DESPIECE

- x2+2 cnz
- 2 cnz + unión
- x2 + 2 cnz d
- x5 + 2 cnz d
- unión gris doble con xi
- x3 + 4 unión cnz
- x5 + 4 unión cnz
- tope cnz roja
- L3
- x2 + unión cnz
- x1 + unión cnz
- x3 + unión cnz
- x1 + 2 cnz
- capuchón negro doble
- x2 + unión cnz d
- x3 (rojo, verde, amarillo, negro, azul)
- x1 + cnz
- 1 cnz adorno
- cnz (rojo, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10)
- unión beige doble
- unión azul doble
- unión negra
- unión gris
- unión tapa doble
- tubo gris
- cnz con tope (gd.)
- cnz con tope (pg.)
- unión beige o azul + cnz
- cnz amarilla
- tope cnz
- x5
- x7
- x9
- x11
- x13
- x15
- L4 + cnz
- T5
- L7 (gris, blanca)
- x5 + 2 cnz
- x7 + 2 cnz d
- x7 + 2 cnz
- x8 + 2 cnz
- cuadrado x20
- cuadrado x28
- engranaje 2
- engranaje 6
- engranaje 7
- cruceta
- onza
- rueda dentada
- embellecedor
- embellecedor 1
- embellecedor 2
- embellecedor 3
- bloque EV3
- sensor de color
- sensor de tacto
- motor grande
- motor pequeño
- cable 25
- cable 35
- cable 50

