



GRADO EN INGENIERÍA DE ROBÓTICA SOFTWARE

Escuela de Ingeniería de Fuenlabrada

Curso académico 20xx-20xx

Trabajo Fin de Grado

Escribe el título del trabajo aquí
con la segunda línea aquí

Tutor: Julio Vega Pérez
Autor: Julia López Augusto



Este trabajo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional CC BY-NC-SA International License (Creative Commons AttributionNonCommercial-ShareAlike 4.0). Usted es libre de *(a) compartir*: copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato; y *(b) adaptar*: remezclar, transformar y crear a partir del material. El licenciador no puede revocar estas libertades mientras cumpla con los términos de la licencia:

- *Atribución.* Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciatante.
- *No comercial.* Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.
- *Compartir igual.* Si remezcla, transforma o crea a partir del material, debe distribuir su contribución bajo la misma licencia del original.

Agradecimientos

Primero de todo me gustaría agradecer a mi tutor Julio toda la confianza y el apoyo depositado para poder hacer posible este proyecto. Sin ti nada de esto hubiera sido posible.

También agradecer a todos los profesores que he tenido a lo largo de la carrera lo importante que habéis sido para mí tanto en mi crecimiento académico, profesional como personal. Gracias a vosotros me habéis hecho ingeniera.

Otras personas que han sido, son y serán fundamentales en mi vida son mis padres; a los cuáles estaré eternamente agradecida por no soltarme nunca de la mano y darme todas las herramientas que han hecho posible ser quien soy hoy en día. Os quiero muchísimo.

Una persona que apareció en mi vida hace ya unos 7 años fue Fran, quien trajo luz en medio de tanta oscuridad y ha sido el mejor acompañante, amigo y amante de cada aventura que se presenta en la vida. Te amo con todo mi corazón y gracias de verdad por todo, ya lo sabes.

Los abuelos deberían ser eternos pero desgraciadamente en mi caso marcharon mucho antes de lo debido. Sé que les encantaría ver a su nieta graduada como ingeniera y me encantaría poder darles un abrazo muy fuerte y poder celebrarlo juntos pero bueno, sé que allá donde estéis estaréis muy orgullosos mí tanto como yo os echo de menos a vosotros. Gracias por los años que pude conocerlos y disfrutarlos, quedarán para siempre en mi retina.

Los amigos son la familia que uno puede elegir y hoy en día puedo estar muy orgullosa y agradecida de la gente que tengo a mi lado. Gracias a Jimena, Elisa, Sofía, Maryu, Santi, Gonzalo y Álvaro por ser tan maravillosos y por estar ahí estos 4 años de alegrías, lloros, mucho trabajo y dolores de cabeza; sois increíbles.

*A mi misma;
por nunca tirar de la toalla*

Chozas de Canales, 4 de Junio de 2024

Julia López Augusto

Resumen

Escribe aquí el resumen del trabajo. Un primer párrafo para dar contexto sobre la temática que rodea al trabajo.

Un segundo párrafo concretando el contexto del problema abordado.

En el tercer párrafo, comenta cómo has resuelto la problemática descrita en el anterior párrafo.

Por último, en este cuarto párrafo, describe cómo han ido los experimentos.

Acrónimos

SRI *Stanford Research Institute*

KUKA *Keller und Knappich Augsburg*

ABB *Asea Brown Boveri*

BSA *Backtracking Spiral Algorithm*

FLL *First Lego League*

AGV *Automatic Guided Vehicles*

AMR *Autonomous Mobile Robots*

GPIO *General Purpose Input/Output*

GPS *Global Positioning System*

HCI *Human-Computer Interaction*

HRI *Human-Robot Interaction*

Índice general

1. Introducción	1
1.1. La robótica	1
1.1.1. Robots industriales	6
1.1.2. Robots de servicio	6
1.2. Robots de campo	9
1.3. Robots de bajo coste	10
1.4. Segunda sección	12
1.4.1. Números	13
1.4.2. Listas	13
2. Objetivos	15
2.1. Descripción del problema	15
2.2. Requisitos	15
2.3. Metodología	15
2.4. Plan de trabajo	15
3. Plataforma de desarrollo	16
4. Diseño	17
4.1. Snippets	17
4.2. Verbatim	17
4.3. Ecuaciones	18
4.4. Tablas o cuadros	18
5. Conclusiones	20
5.1. Conclusiones	20
5.2. Corrector ortográfico	21
Bibliografía	22

Índice de figuras

1.1.	Ingenios de la antigüedad con fines religiosos	2
1.2.	Ingenios de la antigüedad con fines no religiosos	2
1.3.	Electro y Sparko	3
1.4.	Leyes de la robótica	4
1.5.	Robot Shakey	5
1.6.	Carreta de Stanford	5
1.7.	Robots industriales	6
1.8.	Robots de limpieza	7
1.9.	Robótica enfocada al entretenimiento	8
1.10.	Robots de salud	8
1.11.	Robots de logística	9
1.12.	Robots de campo	10
1.13.	Mano Antropomórfica Híbrida Rígida y Suave	12
1.14.	Robot aspirador Roomba de iRobot.	12

Listado de códigos

4.1. Función para buscar elementos 3D en la imagen	17
4.2. Cómo usar un Slider	18

Listado de ecuaciones

4.1. Ejemplo de ecuación con fracciones	18
4.2. Ejemplo de ecuación con array y letras y símbolos especiales	18

Índice de cuadros

4.1. Parámetros intrínsecos de la cámara	19
----------------------------------------------------	----

Capítulo 1

Introducción

La motivación nos impulsa a comenzar y el hábito nos permite continuar

Jim Ryun

La robótica ha sufrido una transformación enorme a lo largo de su historia aunque siempre teniendo en mente el mismo objetivo: cumplir con el deseo humano. Debido a esa transformación y ese deseo, se ha podido consolidar este campo en la actualidad que abarca cada sector que se pueda imaginar. Otra vertiente que ha destacado en la robótica estos últimos años ha sido la creación de robots de bajo coste para que puedan llegar a un mayor número de personas y se puedan beneficiar de esta ciencia.

En el presente capítulo se va a abordar el contexto de la robótica, explicando brevemente su historia para poder entender realmente qué es la robótica y lo que es un robot. También se van a encuadrar los tipos de robots que existen y sus múltiples aplicaciones. Todo esto nos ayudará a poder entender mejor dónde se encuadra el presente trabajo, proporcionando los conocimientos necesarios, tanto teóricos como prácticos, que se describirán a lo largo del documento.

1.1. La robótica

La robótica es el campo de la ingeniería que se enfoca en el diseño, la construcción y la programación de robots para tareas específicas. Por ende, un robot se podría definir como un sistema informático formado por sensores y actuadores imprecisos, ya que tienen ruido. Los robots realizan tareas sucias, aburridas y peligrosas y tienen que ser sensibles al entorno. Sin embargo, no existe una definición unívoca al respecto y depende del campo y de la época de la que queramos hablar. Para poder entenderlo, se va a hacer un breve resumen sobre la historia de la robótica.

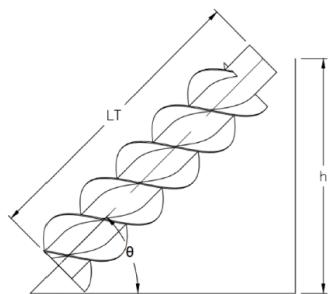
Desde la antigüedad se han desarrollado ingenios o autómatas de los cuales muchos de ellos tenían fines religiosos muestra la Figura 1.1.

Estatuas de Memnon ¹Guerreros de Terracota ²

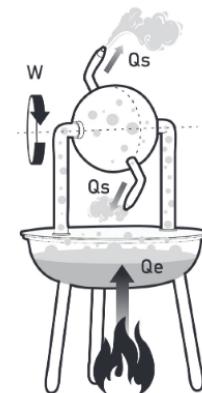
Figura 1.1: Ingenios de la antigüedad con fines religiosos

Otras invenciones que destacaban por otras aplicaciones fueron el tornillo de Arquímedes de Siracusa, la eolípila de Herón de Alejandría, el ornitóptero de Leonardo Da Vinci y el hombre de palo de Juanelo Turriano, entre otras. Se pueden apreciar algunas de dichas invenciones en la Figura 1.2.

En [Cuenca Sánchez et al., 2023] se trata el principio de generación hidroeléctrica, tomando en cuenta el modelo tornillo de Arquímedes. También en el artículo [Giri, 2020] se traza una línea histórica de las máquinas térmicas, teniendo en cuenta a la eolípila.



Tornillo de Arquímedes



Eolípila

Figura 1.2: Ingenios de la antigüedad con fines no religiosos

Durante el siglo XX la ciencia dejó de ser una actividad desarrollada en aislamiento

¹https://es.wikipedia.org/wiki/Colosos_de_Memn%C3%B3n

²https://es.wikipedia.org/wiki/Guerreros_de_terracota

y se desarrolló en laboratorios con más gente. El movimiento del positivismo lógico fomentó las investigaciones ya que este movimiento trataba de dar importancia a la ciencia y dejar de lado la filosofía; también, el contexto de las guerras mundiales y de las bombas nucleares influyeron significativamente en este aspecto. Ya se empieza a acuñar la palabra robot y surge Electro y Sparko de Westinghouse Electric Corporation (Figura 1.3), tratado en muchas ocasiones como uno de los primeros robots, como se describe en [Bidaud,]. Un descubrimiento muy destacado fue y sigue siendo hoy en día son Las Leyes de la Robótica de Isaac Asimov (Figura 1.4), así lo transmite [Barceló, 2004].

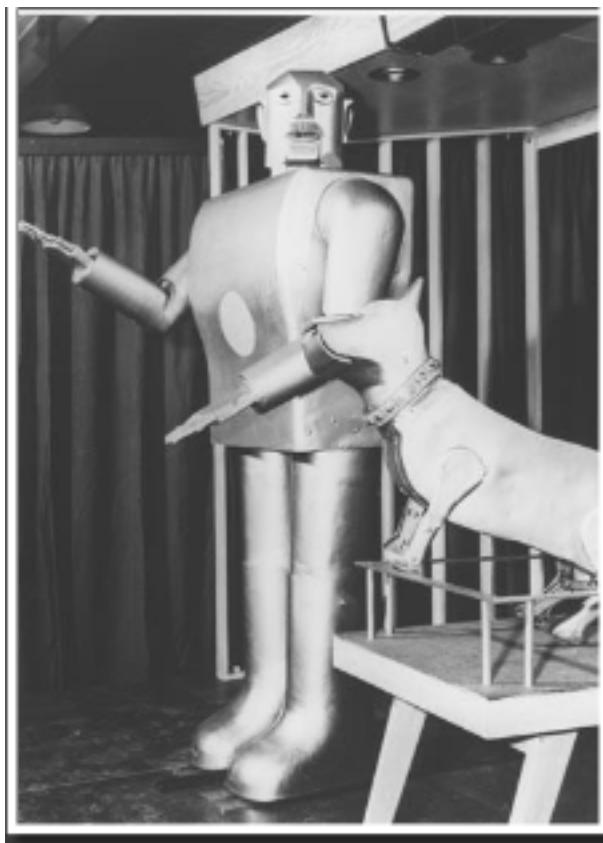


Figura 1.3: Electro y Sparko

[Nilsson et al., 1984] nos cuenta que en 1969 se construye por el *Stanford Research Institute* (SRI) Internacional un prototipo experimental llamado Shakey que era una unidad independiente de 1.5 metros, equipado con 2 motores, cámara de televisión y una radio conectada a un ordenador, capaz de navegar en entornos cerrados y estructurados de una forma autónoma. Sus objetivos eran aprender del medio y ser capaz de planificar trayectorias de movimiento y las tareas que le asignaron fueron mover y detectar bloques. Sin embargo, cada movimiento podría tardar más de una hora en computarse y aún así, podrían producirse fallos. A Shakey se le conoce como

**Asimov's Laws of
Robotics (1940)****First Law:**

A robot may not injure a human being, or, through inaction, allow a human being to come to harm.

Second Law:

A robot must obey the orders given it by human beings, except where such orders would conflict with the First Law.

Third Law:

A robot must protect its own existence as long as such protection does not conflict with the First or Second Law.

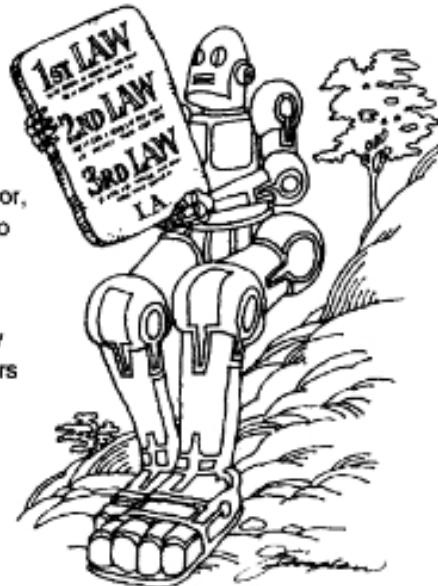


Figura 1.4: Leyes de la robótica

el primer robot móvil (Figura 1.5).

Otro robot muy conocido y descrito en [Earnest, 2012] es la carreta de Stanford que era capaz de ver y moverse en cualquier ambiente. Con la cámara que disponía, era capaz de calcular y trazar distancias. Sin embargo, tardaba 5 horas en recorrer 30 metros (Figura 1.6).

Ya a partir de la década de los 80, se decidió que el acceso a los robots fuese para todo el mundo. Lo que provocó asombro, inquietud y miedo ya que el desconocimiento de aquella situación generó rechazo; cosa que ocurre hoy en día. El mundo de la literatura y cine tampoco ayudaba en ese aspecto ya que se presentaba al robot como algo perjudicial para la humanidad. Afortunadamente, esta situación va menguando con el tiempo y se está consiguiendo ver a los robots como un asistente del ser humano que lo que quiere es mejorar su calidad de vida. Para conocer en qué ámbitos un robot puede ayudar al ser humano, es necesario conocer que se clasifican en robots industriales y de servicio.

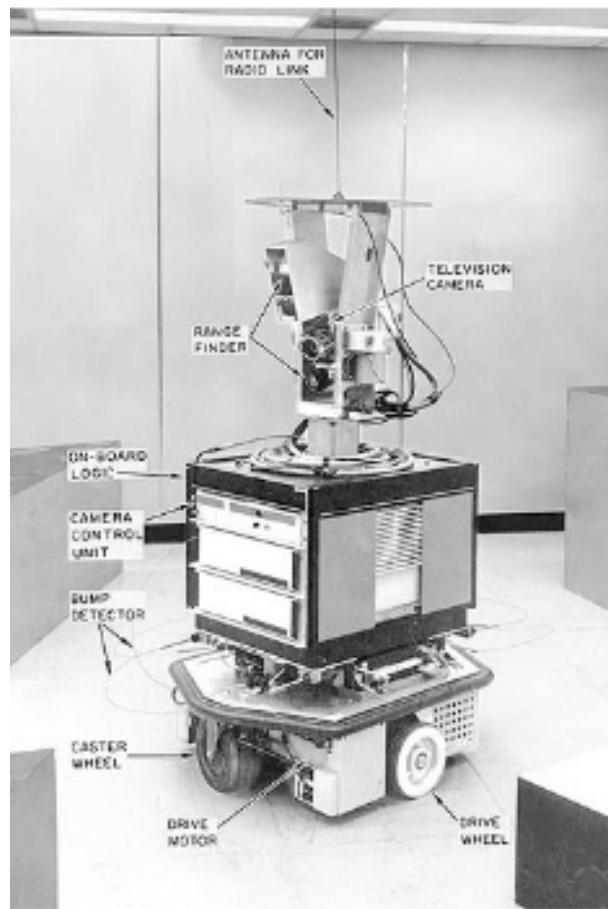


Figura 1.5: Robot Shakey

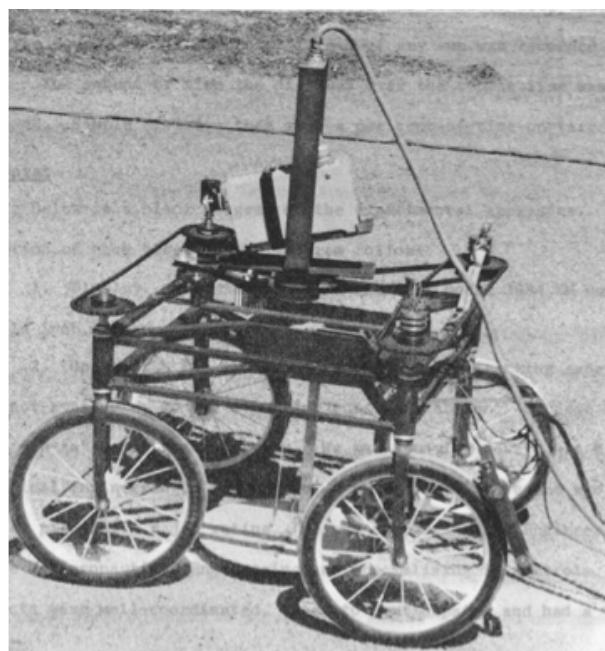


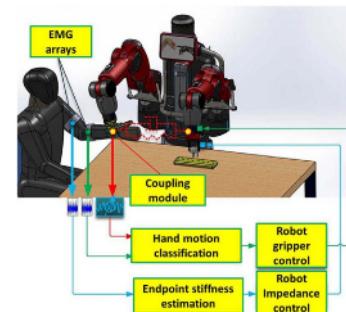
Figura 1.6: Carreta de Stanford

1.1.1. Robots industriales

Los robots industriales son brazos robotizados y manipuladores que tienen más de tres grados de libertad, trabajan en entornos controlados y usan efectores como: pinzas, ventosas, etc. Usan control por posición y planificación de trayectorias para poder controlar dichos brazos y poder realizar operaciones como *pick and place*, ensamble de piezas, entre otros. Una variante de los robots industriales son los cobots: capaces de interactuar y colaborar con humanos como se describe en [El Zaatar et al., 2019]. Dentro del mercado de los robots industriales se puede ver que tiene proveedores asentados como KUKA o ABB (Figura 1.7).



Brazo robot IRB 140³.



Cobot

Figura 1.7: Robots industriales

1.1.2. Robots de servicio

Los robots de servicios son todos aquellos que no son industriales; por lo tanto, tienen menos de 3 grados de libertad, no trabajan en un entorno controlado, son más difíciles de programar, toman aplicaciones heterogéneas y todavía se encuentran en un mercado inmaduro. Existen muchos tipos de robots de servicio, de los cuales a continuación se podrán enumerar algunos campos con algunos de sus respectivos ejemplos.

Robots de limpieza

En [Plaza, 2023] se define a los robots de limpieza como aquellos robots que se encargan de eliminar la suciedad. Dependiendo de sus características, pueden ser capaces de aspirar y fregar el suelo, o de limpiar los cristales de las ventanas. Estos últimos, son comunes en edificios que tienen grandes ventanales y un difícil

³<https://www.youtube.com/watch?v=BBrLA0r89KY>

acceso a ellos. Las aspiradoras se encuentran en un mercado mundial asentado cuyos inicios eran aspiradoras que usaban sensores de contacto, encoders y una navegación pseudoaleatoria (Figura 1.8 izquierda); y han evolucionado hasta el punto de usar mapas para poder navegar y poder localizarse. También, usan algoritmos sofisticados como navegación de cobertura por barridos sistemáticos BSA y se componen de sensores más sofisticados como láseres y cámaras que son capaces de detectar obstáculos como calcetines y ser capaz de esquivarlos (Figura 1.8 derecha).

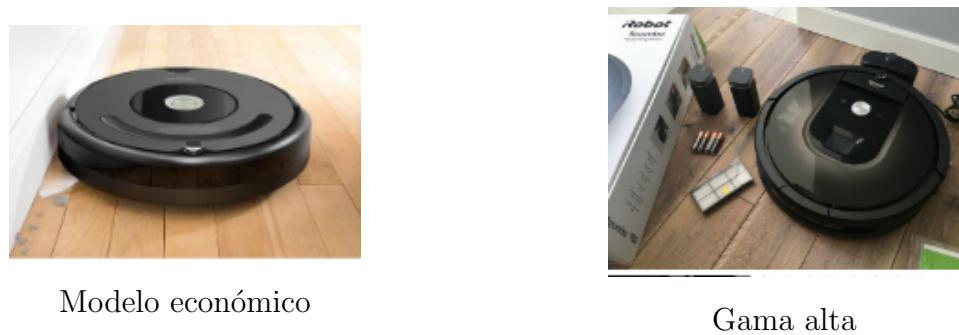


Figura 1.8: Robots de limpieza

Robots de entretenimiento

Son aquellos robots que tienen aplicaciones heterogéneas en un mercado educativo asentado pero también existen muchos prototipos sin un uso comercial claro. En la educación, se ha ido introduciendo la robótica de manera muy atractiva y didáctica a los estudiantes hasta el punto de conseguir tener una asignatura destinada a la robótica y poder participar en competiciones como: *First Lego League* (FLL), Robocup Junior y Robocampeones, entre otros (Figura 1.9 izquierda). En dicha asignatura se adquieren conocimientos generales de programación, impresión 3D, lógica, introducción a la electrónica y los microcontroladores.

Los prototipos nombrados anteriormente suelen ser demostradores tecnológicos que se crean para exhibiciones, se encuentran a la vanguardia de la tecnología y sirven para atraer un mayor número de clientes como puede ser: Spot de Boston Dynamics, Pepper de Softbank o Sophia de Hanson Robotics. En la Figura 1.9 (derecha) se pueden ver un ejemplo de estos demostradores.

⁴<https://www.uclm.es/noticias/febrero2019/toledo/finalfirstlegoleague>

⁵<https://bostondynamics.com/products/spot/>

FLL Toledo ⁴Spot de Boston Dynamics ⁵

Figura 1.9: Robótica enfocada al entretenimiento

Robots de salud

Los robots de salud sirven para mejorar la calidad de la atención médica y apoyar a los profesionales de la salud en diversas tareas. De esas tareas se pueden enumerar las siguientes: telepresencia, asistentes personales, cirugía, desinfección, esterilización, transporte interno y rehabilitación. De este gran abanico de tareas se puede destacar algunas aplicaciones que se puede ver en la Figura 1.10.

Robot Da Vinci ⁶Robot Mako ⁷Marsi Bionics ⁸CyberDyne ⁹

Figura 1.10: Robots de salud

Robots de logística

Los robots de logística son sistemas automatizados diseñados para mejorar la eficiencia, precisión y velocidad en la gestión de la cadena de suministro y operaciones logísticas en cadenas de montaje y almacenes. Generalmente los sistemas automatizados son flotas de robots a las que se les aplica distintas arquitecturas software como puede ser AGV o AMR para poder realizar la tarea asignada. También existen prototipos de robots de reparto que son capaces de hacer entrega de última milla. La Figura 1.11 muestra ejemplos de robots de reparto.



Skypod de Exotec ¹⁰



Amazon Prime Air ¹¹

Figura 1.11: Robots de logística

1.2. Robots de campo

En [Thorpe and Durrant-Whyte, 2003] se define a los robots de campo como la automatización de muchas plataformas terrestres, marítimas y aéreas en aplicaciones como la minería, la manipulación de carga, la agricultura, la exploración y explotación submarina, las carreteras, la exploración planetaria, la vigilancia costera y el rescate, entre otros. La robótica de campo se caracteriza por la aplicación de los principios robóticos más avanzados en cuanto a sensado, control y razonamiento en entornos no estructurados y difíciles. El atractivo de la robótica de campo es que es una ciencia desafiante, involucra los últimos principios de ingeniería y diseño de sistemas, y ofrece la verdadera posibilidad de que los principios robóticos hagan una contribución económica y social sustancial en muchas áreas de aplicación diferentes. En general, los robots de campo son plataformas móviles que trabajan al aire libre, a menudo produciendo

⁶<https://www.abexsl.es/es/sistema-robotico-da-vinci/que-es>

⁷<https://www.stryker.com/content/dam/stryker/joint-replacement/systems/mako-system-overview/resources>

⁸<https://www.marsibionics.com/>

⁹<https://www.cyberdyne.com/>

¹⁰<https://exotecbydexter.com/skypod/>

¹¹<https://www.aboutamazon.es/noticias/innovacion/prime-air>

interacciones fuertes con sus entornos, sin supervisión humana.

En los últimos años se ha podido notar un gran progreso en el desarrollo y la implementación de sistemas robóticos de campo. En la Figura 1.12 se pueden ver ejemplos al respecto.



TX Robotic Strawberry Harvester¹²



FrontRunner
Autonomous Haulage System (AHS)¹³



Drone Tello¹⁴



Perseverance¹⁵

Figura 1.12: Robots de campo

Por contra, debido a las condiciones que se tienen que someter estos robots, su coste es elevado e imposibilita que su uso se pueda extender a aquellos lugares que necesiten de su servicio y que tienen bajos recursos. Es por esto que existe una necesidad que para ciertas aplicaciones, que no tienen condiciones tan extremas, se creen robots asequibles que puedan lidiar con ciertas tareas.

1.3. Robots de bajo coste

Los robots de bajo coste son aquellos robots diseñados y fabricados con el objetivo de ser económicos, accesibles y fáciles de producir. Estos robots suelen emplear componentes menos costosos y métodos de fabricación simplificados para reducir el

¹²<https://advanced.farm/technology/strawberry-harvester/>

¹³<https://www.komatsu.com/en/technology/smart-mining/loading-and-haulage-autonomous-haulage-system/>

¹⁴<https://www.ryzerobotics.com/es/tello>

¹⁵<https://es.wikipedia.org/wiki/Perseverance>

precio final. Algunas características clave de los robots de bajo coste incluyen:

- *Componentes asequibles.* Utilizan materiales y componentes electrónicos más baratos, como pueden ser: motores de bajo coste como Parallax, microcontroladores como Arduino y ordenadores monoplaca como Raspberry pi.
- *Simplicidad en el diseño.* Tienen diseños más sencillos que han sido creados usando técnicas de diseño e impresión 3D, facilitando su actualización y mantenimiento.
- *Accesibilidad.* Están diseñados para ser utilizados por cualquier tipo de persona, sin tener una formación avanzada de la materia.
- *Educación y prototipos.* Ampliamente usados en educación para facilitar el aprendizaje y también en la creación de prototipos rápidos y asequibles.
- *Versatilidad.* Se adaptan a numerosas aplicaciones, desde las más sencillas hasta a proyectos más complejos.

En resumen, los robots de bajo coste permiten la democratización de la tecnología robótica, facilitando su acceso a un público más amplio y fomentando la innovación y el aprendizaje en diferentes campos. En la Figura 1.13 se puede apreciar una aplicación real reciente de la robótica de bajo coste de la universidad *Carnegie Mellon* descrita en el artículo [Shaw and Pathak, 2024].

Incluir la estructura de los organismos de españa y de decir el por qué me he decidido por los baches...

El presente proyecto trata

Después de aquí pasar al apartado del estado del arte

En los textos puedes poner palabras en *cursiva*, para aquellas expresiones en sentido *figurado*, palabras como *robota*, que está fuera del diccionario castellano, o bien para resaltar palabras de una colección: (a) es la primera letra del abecedario, (b) es la segunda, etc.

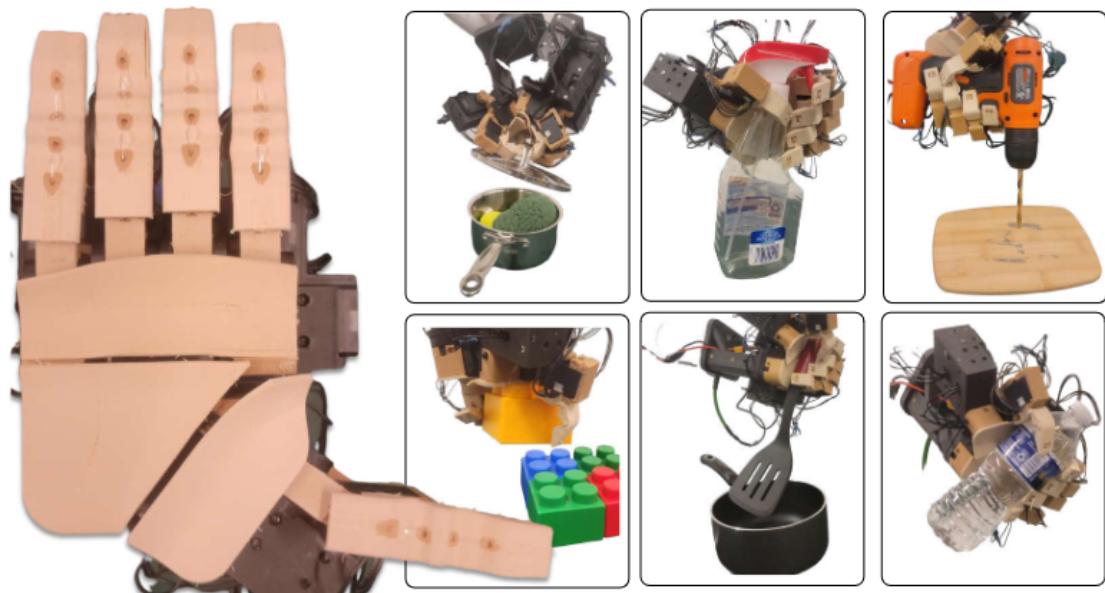


Figura 1.13: Mano Antropomórfica Híbrida Rígida y Suave

Al poner las dos líneas del anterior párrafo, este aparecerá separado del anterior. Si no las pongo, los párrafos aparecerán pegados. Sigue el criterio que consideres más oportuno.

1.4. Segunda sección

No olvides incluir imágenes y referenciarlas, como la Figura 1.14.



Figura 1.14: Robot aspirador Roomba de iRobot.

Ni tampoco olvides de poner las URLs como notas al pie. Por ejemplo, si hablo de la Robocup¹⁶.

¹⁶<http://www.robocup.org>

1.4.1. Números

En lugar de tener secciones interminables, como la Sección 1.1, divídelas en subsecciones.

Para hablar de números, mételos en el entorno *math* de L^AT_EX, por ejemplo, $1,5Kg$. También puedes usar el símbolo del Euro como aquí: 1.500€ .

1.4.2. Listas

Cuando describas una colección, usa `itemize` para ítems o `enumerate` para enumerados. Por ejemplo:

- *Entorno de simulación.* Hemos usado dos entornos de simulación: uno en 3D y otro en 2D.
 - *Entornos reales.* Dentro del campus, hemos realizado experimentos en Biblioteca y en el edificio de Gestión.
1. Primer elemento de la colección.
 2. Segundo elemento de la colección.

Referencias bibliográficas Cita, sobre todo en este capítulo, referencias bibliográficas que respalden tu argumento. Para citarlas basta con poner la instrucción `\cite` con el identificador de la cita. Por ejemplo: libros como [Vega et al., 2012], artículos como [Vega and Cañas, 2019], URLs como [Vega, 2019], tesis como [Vega, 2018a], congresos como [Vega, 2018b], u otros trabajos fin de grado como [Vega, 2008].

Las referencias, con todo su contenido, están recogidas en el fichero `bibliografia.bib`. El contenido de estas referencias está en formato BibTex. Este formato se puede obtener en muchas ocasiones directamente, desde plataformas como `Google Scholar` u otros repositorios de recursos científicos.

Existen numerosos estilos para reflejar una referencia bibliográfica. El estilo establecido por defecto en este documento es APA, que es uno de los estilos más comunes, pero lo puedes modificar en el archivo `memoria.tex`; concretamente, cambiando el campo `apalike` a otro en la instrucción `\bibliographystyle{apalike}`.

Y, para terminar este capítulo, resume brevemente qué vas a contar en los siguientes.

Capítulo 2

Objetivos

Quizás algún fragmento de libro inspirador...

Autor, Título

Escribe aquí un párrafo explicando brevemente lo que vas a contar en este capítulo. En este capítulo lo ideal es explicar cuáles han sido los objetivos que te has fijado conseguir con tu trabajo, qué requisitos ha de respetar el resultado final, y cómo lo has llevado a cabo; esto es, cuál ha sido tu plan de trabajo.

2.1. Descripción del problema

Cuenta aquí el objetivo u objetivos generales y, a continuación, concrétalos mediante objetivos específicos.

2.2. Requisitos

Describe los requisitos que ha de cumplir tu trabajo.

2.3. Metodología

Qué paradigma de desarrollo software has seguido para alcanzar tus objetivos.

2.4. Plan de trabajo

Qué agenda has seguido. Si has ido manteniendo reuniones semanales, cumplimentando objetivos parciales, si has ido afinando poco a poco un producto final completo, etc.

Capítulo 3

Plataforma de desarrollo

Quizás algún fragmento de libro inspirador...

Autor, Título

Escribe aquí un párrafo explicando brevemente lo que vas a contar en este capítulo. En este capítulo, explica qué has usado a nivel hardware y software para poder desarrollar tu trabajo: librerías, sistemas operativos, plataformas, entornos de desarrollo, etc.

Capítulo 4

Diseño

Quizás algún fragmento de libro inspirador...

Autor, Título

Escribe aquí un párrafo explicando brevemente lo que vas a contar en este capítulo. En este capítulo (y quizás alguno más) es donde, por fin, describes detalladamente qué has hecho y qué experimentos has llevado a cabo para validar tus desarrollos.

4.1. Snippets

Puede resultar interesante, para clarificar la descripción, mostrar fragmentos de código (o *snippets*) ilustrativos. En el Código 4.1 vemos un ejemplo escrito en C++.

```
void Memory::hypothesizeParallelograms () {
    for(it1 = this->controller->segmentMemory.begin(); it1++) {
        squareFound = false; it2 = it1; it2++;
        while ((it2 != this->controller->segmentMemory.end()) && (!squareFound))
        {
            if (geometry::haveACommonVertex((*it1), (*it2), &square)) {
                dist1 = geometry::distanceBetweenPoints3D ((*it1).start, (*it1).end);
                dist2 = geometry::distanceBetweenPoints3D ((*it2).start, (*it2).end);
            }
        // [...]
    }
}
```

Código 4.1: Función para buscar elementos 3D en la imagen

En el Código 4.2 vemos un ejemplo escrito en Python.

4.2. Verbatim

Para mencionar identificadores usados en el código —como nombres de funciones o variables— en el texto, usa el entorno literal o verbatim

```

def mostrarValores():
    print (w1.get(), w2.get())

master = Tk()
w1 = Scale(master, from_=0, to=42)
w1.pack()
w2 = Scale(master, from_=0, to=200, orient=HORIZONTAL)
w2.pack()
Button(master, text='Show', command=mostrarValores).pack()

mainloop()

```

Código 4.2: Cómo usar un Slider

`hypothesizeParallelograms()`. También se puede usar este entorno para varias líneas, como se ve a continuación:

```

void Memory::hypothesizeParallelograms () {
    // add your code here
}

```

4.3. Ecuaciones

Si necesitas insertar alguna ecuación, puedes hacerlo. Al igual que las figuras, no te olvides de referenciarlas. A continuación se exponen algunas ecuaciones de ejemplo: Ecuación 4.1 y Ecuación 4.2.

$$H = 1 - \frac{\sum_{i=0}^N \frac{(\frac{d_{js} + d_{je}}{2})}{N}}{M} \quad (4.1)$$

Ecuación 4.1: Ejemplo de ecuación con fracciones

$$v(\text{entrada}) = \begin{cases} 0 & \text{if } \epsilon_t < 0,1 \\ K_p \cdot (T_t - T) & \text{if } 0,1 \leq \epsilon_t < M_t \\ K_p \cdot M_t & \text{if } M_t < \epsilon_t \end{cases} \quad (4.2)$$

Ecuación 4.2: Ejemplo de ecuación con array y letras y símbolos especiales

4.4. Tablas o cuadros

Si necesitas insertar una tabla, hazlo dignamente usando las propias tablas de L^AT_EX, no usando pantallazos e insertándolas como figuras... En el Cuadro 4.1 vemos

un ejemplo.

Parámetros	Valores
Tipo de sensor	Sony IMX219PQ[7] CMOS 8-Mpx
Tamaño del sensor	3.674 x 2.760 mm (1/4" format)
Número de pixels	3280 x 2464 (active pixels)
Tamaño de pixel	1.12 x 1.12 um
Lente	f=3.04 mm, f/2.0
Ángulo de visión	62.2 x 48.8 degrees
Lente SLR equivalente	29 mm

Cuadro 4.1: Parámetros intrínsecos de la cámara

Capítulo 5

Conclusiones

Quizás algún fragmento de libro inspirador...

Autor, Título

Escribe aquí un párrafo explicando brevemente lo que vas a contar en este capítulo, que básicamente será una recapitulación de los problemas que has abordado, las soluciones que has prouesto, así como los experimentos llevados a cabo para validarlos. Y con esto, cierras la memoria.

5.1. Conclusiones

Enumera los objetivos y cómo los has cumplido.

Enumera también los requisitos implícitos en la consecución de esos objetivos, y cómo se han satisfecho.

No olvides dedicar un par de párrafos para hacer un balance global de qué has conseguido, y por qué es un avance respecto a lo que tenías inicialmente. Haz mención expresa de alguna limitación o peculiaridad de tu sistema y por qué es así. Y también, qué has aprendido desarrollando este trabajo.

Por último, añade otro par de párrafos de líneas futuras; esto es, cómo se puede continuar tu trabajo para abarcar una solución más amplia, o qué otras ramas de la investigación podrían seguirse partiendo de este trabajo, o cómo se podría mejorar para conseguir una aplicación real de este desarrollo (si es que no se ha llegado a conseguir).

5.2. Corrector ortográfico

Una vez tengas todo, no olvides pasar el corrector ortográfico de L^AT_EXa todos tus ficheros *.tex*. En Windows, el propio editor TeXworks incluye el corrector. En Linux, usa aspell ejecutando el siguiente comando en tu terminal:

```
aspell --lang=es --mode=tex check capitulo1.tex
```

Bibliografía

- [Barceló, 2004] Barceló, M. (2004). De nuevo los robots. *Paradojas*, (64):1–2.
- [Bidaud,] Bidaud, P. Les robots et les hommes.
- [Clarke, 1993] Clarke, R. (1993). Asimov's laws of robotics: implications for information technology-part i. *Computer*, 26(12):53–61.
- [contributors, 2022] contributors, W. (2022). Colosos de memnón, luxor, egipto, 2022-04-03. Consultado el 19 de julio de 2024.
- [Cuenca Sánchez et al., 2023] Cuenca Sánchez, A., Farinango Galeano, W., and Murillo Zambrano, J. (2023). Diseño de un sistema de generación microhidráulica basado en un tornillo de arquímedes. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, (29):98–107.
- [de Toledo, 2024] de Toledo, L. (2024). El hombre de palo. Consultado el 19 de julio de 2024.
- [Earnest, 2012] Earnest, L. (2012). The stanford cart. Consultado el 19 de julio de 2024.
- [El Zaatari et al., 2019] El Zaatari, S., Marei, M., Li, W., and Usman, Z. (2019). Cobot programming for collaborative industrial tasks: An overview. *Robotics and Autonomous Systems*, 116:162–180.
- [Giri, 2020] Giri, L. A. (2020). Máquinas térmicas desde la antigüedad al siglo xvii: análisis histórico desde la filosofía de la técnica.
- [GÓMEZ PINOS,] GÓMEZ PINOS, H. Guerreros de terracota.
- [Nilsson et al., 1984] Nilsson, N. J. et al. (1984). *Shakey the robot*, volume 323. Sri International Menlo Park, California.
- [Plaza, 2023] Plaza, J. M. C. (2022-2023). Robótica de servicio: Robots de limpieza. Consultado el 19 de julio de 2024.

- [Shaw and Pathak, 2024] Shaw, K. and Pathak, D. (2024). LEAP hand v2: Dexterous, low-cost anthropomorphic hybrid rigid soft hand for robot learning. In *2nd Workshop on Dexterous Manipulation: Design, Perception and Control (RSS)*.
- [Thorpe and Durrant-Whyte, 2003] Thorpe, C. and Durrant-Whyte, H. (2003). Field robots. In *Robotics Research: The Tenth International Symposium*, pages 329–340. Springer.
- [Vega, 2008] Vega, J. (2008). Navegación y autolocalización de un robot guía de visitantes. Master thesis on computer science, Rey Juan Carlos University.
- [Vega, 2015] Vega, J. (2015). De la tiza al robot. Technical report.
- [Vega, 2018a] Vega, J. (2018a). *Educational framework using robots with vision for constructivist teaching Robotics to pre-university students*. Doctoral thesis on computer science and artificial intelligence, University of Alicante.
- [Vega, 2018b] Vega, J. (2018b). JdeRobot-Kids framework for teaching robotics and vision algorithms. In *II jornada de investigación doctoral*. University of Alicante.
- [Vega, 2019] Vega, J. (2019). El profesor Julio Vega, finalista del concurso 'Ciencia en Acción 2019'. URJC, on-line newspaper interview.
- [Vega and Cañas, 2019] Vega, J. and Cañas, J. (2019). PyBoKids: An innovative python-based educational framework using real and simulated Arduino robots. *Electronics*, 8:899–915.
- [Vega et al., 2012] Vega, J., Perdices, E., and Cañas, J. (2012). *Attentive visual memory for robot localization*, pages 408–438. IGI Global, USA. Text not available. This book is protected by copyright.
- [Velázquez,] Velázquez, C. Cual pájaros al viento.
- [Villalba Duarte, 2017] Villalba Duarte, K. D. (2017). *Ensamblaje automatizado pistón-bielas mediante dos brazos robot*. PhD thesis, Universitat Politècnica de València.