

Historia de la Robótica

Historia de las Matemáticas

Ignacio Aguilera Martos, Alicia Rodríguez Gómez, Darío Sierra Martínez

Doble Grado en Ingeniería Informática y Matemáticas

Facultad de Ciencias, Universidad de Granada

Resumen

La computación ha tenido un desarrollo muy acelerado desde el siglo XX a nuestros días tomando para ello diferentes objetivos. En primer lugar se intentó automatizar tareas mediante complicadas máquinas que comenzaron siendo completamente mecánicas para proseguir con las actuales electrónicas. En el transcurso de la historia este intento de automatizar las tareas repetitivas y tediosas ha venido acompañado del desarrollo de tecnologías y campos aledaños como la teoría de autómatas o la inteligencia artificial para lograr lo que hoy en día conocemos como robots, o lo que es lo mismo, sistemas artificiales diseñados con un propósito propio. En este trabajo nos proponemos el estudio de la teoría y avances relacionados con la robótica acompañados de un análisis y revisión de la historia de los robots desde los primeros autómatas diseñados en la época griega hasta robots emocionales e inteligentes como Sophia.

Índice

1. Teoría de Autómatas, Automatización e Inteligencia Artificial	3
2. Historia Antigua de la Robótica	3
3. Historia Moderna de la Robótica	3
3.1. Introducción	3
3.2. Inicios de la Inteligencia Artificial	3
3.2.1. SRI	3
3.2.2. Laboratorios de IA del MIT	4
3.3. Robotics Institute	4
3.4. El primer robot antropomórfico: WABOT	4
3.5. Brazos Robóticos	5
3.5.1. Stanford Arm	5
3.5.2. T3	5
3.5.3. PUMA	6
3.5.4. MOGURA	6
3.5.5. SCARA	6
3.6. Mejora en la movilidad de los Robots	7
3.6.1. Introducción	7
3.6.2. RB5X de RB Robot Corporation	7
3.6.3. Phony Pony	8
3.6.4. WAP1	8
3.6.5. WL-9DR	9

- 1. Teoría de Autómatas, Automatización e Inteligencia Artificial**
- 2. Historia Antigua de la Robótica**
- 3. Historia Moderna de la Robótica**

3.1. Introducción

Acabamos de ver cómo fueron los comienzos de la historia de la robótica desde la época griega hasta los primeros robots industriales de la década de los 60. De aquí en adelante podemos considerar que entramos en la etapa más cercana a nuestros años con un hecho significativo que comenzaremos explicando y marca una diferencia con la etapa previa: la introducción concienzuda de la inteligencia artificial.

Este salto de época viene marcado por la apertura del SRI (Stanford Research Institute) que comienza con la investigación en el campo de la inteligencia artificial tanto en la universidad de Stanford como en la de Edimburgo. Este hecho delimita la historia de la robótica pues es a partir de aquí cuando los investigadores comienzan a dar autonomía e inteligencia a los robots que se pretenden diseñar. Esta herramienta será fundamental en el entendimiento del desarrollo de los robots y las capacidades de los mismos.

Estos avances en la robótica han afectado diversos campos como la medicina, la industria militar, la domótica ... Estos avances sobre todo han sido gracias a la inteligencia artificial y al estudio de la electrónica más avanzada. A continuación veremos el avance histórico reciente de este campo.

3.2. Inicios de la Inteligencia Artificial

3.2.1. SRI

SRI o Stanford Research Institute fue una institución amparada bajo la Universidad de Stanford de propósito general en un inicio. Su fundación fue dificultosa y no fue hasta el tercer intento cuando se consiguió en el año 1946.

El SRI hizo investigaciones en variados campos como agricultura, ejército o contaminación pero no fue hasta 1966 cuando el Centro de Inteligencia Artificial comenzó a funcionar bajo el mando de Charles Rosen. El primer proyecto realizado por el SRI en inteligencia artificial fue el Robot Shakey, el primer robot cuya intención no era sólo moverse, si no razonar. Este robot era capaz de analizar el entorno mediante una cámara y procesaba el lenguaje natural para recibir instrucciones. Desarrollando las habilidades de este robot en el desplazamiento por una habitación esquivando los obstáculos que se le imponían en la misma se desarrollaron algoritmos de Visión por Computador tales como filtros y convoluciones para detección de bordes de objetos a ser esquivados y además se desarrollaron algoritmos tan importantes como el A*, el algoritmo por excelencia de cálculo de posibles caminos.

Shakey fue dado por finalizado en el año 1972, siendo ahora los esfuerzos del SRI dirigidos en la creación del Internet para suceder a ARPANET. La primera conexión que se produjo entre dos ordenadores usando el Internet como lo conocemos ahora se produjo en 1977 entre los laboratorios del SRI y la universidad de California UCLA.

Tras estos grandes hitos el SRI se desprendió de la Universidad de Stanford para

comenzar su andadura como una empresa, fundándose en ese momento la compañía SRI International, pero la Inteligencia Artificial ya había comenzado.

3.2.2. Laboratorios de IA del MIT

En la misma época el Instituto Tecnológico de Massachusetts o MIT abrió sus laboratorios de inteligencia artificial donde surgieron algunas de las figuras más reconocidas en el ámbito de la computación.

El inicio de la investigación en el ámbito de la computación en el MIT comenzó con figuras tan reseñables como Shannon o Vannevar Bush, el ideólogo del analizador diferencial. En sus comienzos el laboratorio no empezó formándose como tal, si no que se creó un proyecto llamado MAC (Man and Computer) en el que estaban figuras tan importantes como John McCarthy el inventor de Lisp. En un principio el proyecto se dirigió intentando abarcar un amplio rango de temas, como son: la visión por computador, el movimiento mecánico y la manipulación de objetos a partir de máquinas y el manejo del lenguaje natural.

De los despachos en los cuales se llevaban a cabo estas investigaciones surgieron otras figuras como Richard Stallman (creador del proyecto GNU) e invenciones como las máquinas Lisp (máquinas que ejecutaban muy eficientemente Lisp).

3.3. Robotics Institute

La Inteligencia Artificial y el desarrollo de la electrónica fue dando paso cada vez con mas fuerza a una nueva rama de la computación: la robótica.

Esta rama es completamente transversal, puesto que aglomera a todos los departamentos relacionados con la computación desde hardware a diseño de software pasando por la visión por computador o la Inteligencia Artificial. Sobre el año 1979 la Universidad Carnegie Mellon en Pittsburgh se dió cuenta del potencial desarrollo de la robótica en un futuro, por lo que decidió abrir un nuevo departamento en la misma que llamó Robotics Institute o Instituto de Robótica, siendo la primera Universidad en tener un departamento dedicado únicamente a la robótica.

Dos robots que podemos destacar de este instituto fueron los vehículos Sandstorm y Highlander dos vehículos completamente autónomos diseñados para relizar un rallie por un desierto llegando entre puntos del mismo sin ninguna intervención humana. Actualmente los avances logrados en la implementación de estos dos vehículos están siendo implementados en las marcas de coches actuales para intentar lograr cada vez una mayor independización de los conductores de los mismos.

Actualmente el Robotics Institute ya no es sólo un departamento de la Universidad Carnegie Mellon, sino una compañía en si misma con un presupuesto de unos 65 millones de dólares anuales. Actualmente algunos de los campos de trabajo en los que se centran son: robots relacionados con la agricultura, robots industriales, robots médicos, robots asistentes y robots relacionados con el transporte de personas y mercancías.

3.4. El primer robot antropomórfico: WABOT

Hasta este momentos los robots habían sido proyectos que implementaban funcionalidades concretas tales como moverse, ver, intentar hablar, reemplazar a los humanos en

algunas tareas repetitivas, etc.

En la Universidad de Waseda en Japón, se creó el primer robot con forma antropomórfica llamado WABOT 1. Según los integrantes del proyecto si quisiéramos que un robot nos ayudase como un asistente sería conveniente que tuviera forma antropomórfica para que nos resultase más familiar, por lo que se plantearon crear un robot asistente inteligente con forma humana. En este proyecto se desarrollaron dos versiones del mismo robot el primero llamado WABOT 1 y tras este crearon WABOT 2.

WABOT 1 fue creado entre los años 1970 y 1973 siendo el primer robot antropomórfico del mundo. El robot tenía control de sus brazos, incorporaba un sistema de visión y análisis del entorno y un sistema conversacional. Éste era capaz de medir su posición con respecto a objetos de la sala y medir las distancias hasta ellos. Además era capaz de andar y coger objetos. En aquel momento, al ser el robot capaz de hablar, se le realizó un test psicológico obteniendo como resultado que WABOT 1 se podría equiparar a un niño de un año de edad.

Tras el éxito del proyecto el grupo de investigación pensó en desarrollar una nueva versión que llamaron WABOT 2 entre los años 1980 y 1984. Esta versión se convirtió en algo mucho menos útil y versátil que WABOT 1, ya que fue diseñado únicamente con el objetivo de que fuera capaz de tocar el piano. Según los propios investigadores esto era interesante pues las artes requieren pensar como un humano y destreza en el movimiento.

Estos dos robots sentaron un precedente abriendo el campo de los robots antropomórficos, los cuales analizaremos en etapas posteriores más cercanas a nuestra época.

3.5. Brazos Robóticos

3.5.1. Stanford Arm

Los brazos robóticos han sido un gran pilar en el desarrollo de la robótica por su gran utilidad. Actualmente rara es la fábrica que no emplea brazos robóticos para hacer la producción mucho más ágil e incluso segura para los operadores de la misma. Este camino fue iniciado en el año 1969 en la Universidad de Stanford por Victor Scheinman.

El primer brazo robótico fue desarrollado bajo el proyecto Hand-Eye en los laboratorios de Inteligencia Artificial de la Universidad de Stanford. El Stanford Arm fue diseñado tras los intentos de hacer brazos operables mediante un humano desempeñados en dicha Universidad. Los intentos precedentes incluían modificaciones de brazos ortopédicos e incluso un modelo hidráulico que resultaba muy peligroso por la rapidez de sus movimientos. El Stanford Arm se creó sin tener una forma antropomórfica y con 6 grados de libertad manipulado de forma completamente eléctrico.

El robot estaba controlado mediante cámaras y elementos parecidos a joysticks gracias a que el brazo llevaba incorporados potenciómetros y sensores que permitían el control del mismo.

3.5.2. T3

Tras los grandes avances del Stanford Arm la compañía Cincinnati Milacron Corp. decidió desarrollar en 1973 el primer brazo robótico pensado para incorporarlo dentro del

mercado industrial. El encargado dentro de la compañía de elaborar el diseño del brazo fue Richard Hohn.

Este brazo robótico, al igual que el Stanford Arm fue desarrollado con 6 grados de libertad permitiendo un amplio abanico de movimientos que el brazo podía hacer con bastante precisión.

Este brazo ya no tenía que ser controlado directamente por un humano, si no que implementaba un módulo de decisiones y sensores capaz de saber si había completado una cierta tarea y tenía que realizar algún movimiento, por ejemplo coger un elemento de una cinta de transporte y moverlo.

3.5.3. PUMA

Tras el éxito de los diseños de Victor Scheinman en la Universidad de Stanford, la compañía General Motors se interesó en sus prototipos de brazos robóticos. Ante el incipiente mercado de estos robots las grandes compañías con un gran nivel de fábricas comenzaron a ver una utilidad en estos brazos, por lo que General Motors financió a Scheinman para que desarrollara el brazo robótico PUMA (Programmable Universal Machine for Assembly o Programmable Universal Manipulation Arm).

El brazo se comercializó en tres tamaños distintos con la intención de que unos levantasen más peso que otros. Todos los brazos tenían el mismo diseño y los mismos grados de libertad, por lo que los movimientos posibles eran iguales para todos los modelos. Los ángulos máximos de giro y rotación variaban entre modelos, ya que hay que pensar que estos modelos fueron creados casi *ad hoc* para las compañías. Además los modelos más grandes tenían unos movimientos mucho más lentos debido al peso que tenían que soportar y mover por el diseño tan grande que tenían para la época.

Este modelo fue fabricado por General Motors, Westinghouse Electric Corp., Staubli e incluso la división de robótica de Nokia. Fue un éxito fabricándose únicamente por Nokia unos 1500 brazos robóticos PUMA.

3.5.4. MOGURA

No solo se hicieron brazos robóticos convencionales siguiendo los diseños de Stanford, si no que también surgieron algunos intentos más novedosos como el brazo robótico MOGURA. Este brazo surge como un diseño del profesor Shigeo Hirose, del Instituto Tecnológico de Tokyo. El profesor Hirose estaba estudiando robots que imitaran el comportamiento de animales, como por ejemplo las serpientes, con las que ideó un robot llamado ACMVI que imitaba el comportamiento de las mismas. De las articulaciones que desarrolló para este robot surgió la idea de hacer un brazo con más movilidad aún al que llamó MOGURA entorno al año 1978. Este brazo no tuvo un éxito muy destacable, ya que los diseños anteriores aún funcionaban bien y los siguientes intentos como SCARA cumplieron su función muy notablemente.

3.5.5. SCARA

Un avance muy grande en el ámbito de los brazos robóticos fueron los brazos SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm o Selective Compliance Articulated Robot Arm). Estos brazos rompían la estructura de los antiguos diseños haciendo que la movilidad de los mismos fuera muy superior con movimientos mucho más rápidos. Estos robots

fueron conceptualizados por las compañías Japonesas Sankyo Seiki, Pentel y NEC y fueron elaborados bajo la supervisión de Hiroshi Makino, un profesor de la Universidad de Yamanashi.

El diseño de este tipo de brazos pasaba de un robot que se movía únicamente como los ejes cartesianos, es decir, en movimientos rectos muy fijos a un movimiento muy ágil con ejes paralelos. El brazo SCARA se movía igual que los anteriores cartesianos, es decir, de forma recta con respecto a los ejes X,Y y Z pero además incluía un ángulo de giro en el plano del eje Z de forma que podía rotar las piezas que cogía.

Este tipo de robots son extremadamente útiles en la manipulación entre elementos en líneas de trabajo de fábricas, ya que con ellos se hace muy sencillo transportar objetos entre distintas fases en el proceso de un objeto. Por ejemplo podemos imaginar una línea de trabajo en la que se hacen puertas para vehículos, este robot podría transportar la puerta ya finalizada de la línea de fabricación de puertas, rotarla convenientemente y desplazarla hacia la línea de ensamblaje en el chasis del coche, de forma que movería la puerta el solo y el operario sólo tendría que atornillarla o realizar el ensamblaje que corresponda. Estos robots, gracias al ángulo de giro en el eje Z, pueden servir por ejemplo para atornillar piezas en una placa que se les coloque en la línea de ensamblaje tales como por ejemplo los tornillos que fijan ciertos componentes a la placa base de un móvil u ordenador.

Estos robots supusieron un avance muy notable en la creación de brazos robóticos siendo incluso utilizados actualmente. Hay que tener en cuenta que los brazos robóticos siguen aún en desarrollo y casi a diario obtenemos nuevas mejoras en los mismos, pero estos fueron los que sentaron precedentes en lo que actualmente conocemos y asociamos con brazos robóticos.

3.6. Mejora en la movilidad de los Robots

3.6.1. Introducción

Tras el desarrollo de robots primigenios con funcionalidad concreta pero fija se planteó la posibilidad de integrar movimiento por el terreno en los mismos para poder realizar nuevas tareas u otras de forma más eficiente. En este ámbito se invirtió para lograr avances en esquivar objetos del escenario o en sistemas para andar basados en animales cuadrúpedos o bípedos como nosotros. A continuación analizamos de forma cronológica estos hechos.

3.6.2. RB5X de RB Robot Corporation

Un inicio en la movilidad en los robots fue incorporarles ruedas u orugas como herramientas para su desplazamiento por el suelo. Estos tipos de movimientos eran básicos, tales como hacia delante, hacia atrás o hacia los lados. Un avance en el movimiento inteligente lo protagonizó el Stanford's Cart, el cual fue programado con sensores para desplazarse de una punta a otra de un recinto esquivando los objetos a su paso. Este movimiento inteligente era realizado gracias a un sistema de Visión por Computador que incluía el mismo. Tras esto surgieron nuevos intentos como el RB5X, un robot de pequeñas dimensiones capaz de desplazarse y evitar obstáculos o, en caso de no poder evitarlos, capaz de reconstruir su trayectoria tras impactar con algún objeto.

El robot se ideó de forma multipropósito, puesto que los módulos que integraba eran programables por lo que las empresas tomaron el diseño y lo adecuaron a las tareas que se querían. El robot tuvo variantes tales como asistentes personales a los cuales les podías dar órdenes como recoger el periódico y a través de un brazo robótico que incluía poder

interactuar con el medio. Además se le desarrolló una interfaz oral básica para poder darles las órdenes mediante la voz. Además era capaz de aprender de su entorno.

3.6.3. Phony Pony

Tras los intentos de hacer robots que incorporasen ruedas u orugas la Universidad de California del Sur realizó el desarrollo del que se conoce como primer robot cuadrúpedo llamado Phony Pony. El diseño de este robot se realizó en 1968 (anterior a RB5X) por los profesores e investigadores Frank y McGhee.

El robot intentaba imitar las articulaciones de los animales cuadrúpedos que conocemos de forma que lo desarrollaron con dos articulaciones: la cadera y la rodilla. De esta forma el robot podía mover la pierna hacia delante y además flexionarla. La velocidad del movimiento de las patas era extremadamente lenta, ya que al igual que ocurría con el Stanford Arm (contemporáneo a Phony Pony) los elementos eléctricos empleados en el movimiento estaban muy limitados. El Phony Pony era capaz de imitar comportamientos tales como andar, arrastrarse, agacharse o trotar.

El control de este robot se realizaba de forma remota gracias a la tecnología desarrollada ya en esa época. Internamente el robot estaba diseñado mediante patrones de movimiento, de forma que estaba implementado con un autómata finito que tomaba las transiciones del mismo tras recibir la entrada del mando de control.

3.6.4. WAP1

En primer paso que se dió entorno a la idea de realizar un robot bípedo tuvo lugar en 1969 en la Universidad de Waseda en Japón. El robot WAP1 (Waseda's antropomorphic pneumatically-activated pedipulators) fue diseñado por el doctor Ichiro Kato.

El doctor Ichiro Kato trabajaba por aquel momento en el terreno médico y empezó a intentar desarrollar músculos artificiales para poder sustituir músculos defectuosos en sus pacientes. El estudio desarrolló una serie de dispositivos que al hincharse adquirían las formas que ellos necesitaban para simular el comportamiento de un músculo. Estas investigaciones darían sus frutos plasmándose en el primer robot bípedo creado. Los músculos que permitían el movimiento de WAP1 estaban hechos de goma y se inflaban con actuadores neumáticos. Este primer robot no era capaz más que de andar muy lentamente controlando el flujo de aire que se llevaba hacia las piezas de goma. Estas técnicas hacían que WAP llegara a tardar mucho tiempo en completar un paso, además de que no estaba pensado para andar una distancia dando pasos de forma consecutiva.

En los dos siguientes años el doctor Ichiro Kato mejoró el diseño del WAP1 creado el WAP2 y el WAP3. La segunda versión de estos robots tuvo una mejora en la fuerza que los músculos eran capaces de aplicar sobre la estructura del mismo, pudiendo ahora levantar más peso y tener una estructura más robusta. La última versión fue desarrollada en 1971 y en esta el robot ya era capaz de rotar su movimiento, por lo que ya no tenían que ser movimientos rectos y, además, era capaz de superar pequeños obstáculos tales como ligeras inclinaciones o incluso escaleras de pequeño tamaño. Para poder desarrollar todo esto no sólo fueron necesarios los músculos artificiales del doctor Kato, si no además sus estudios en el control y mejora de la postura con lo que fueron capaces de controlar el centro de gravedad del robot, cosa completamente imprescindible para caminar sobre dos piernas.

3.6.5. WL-9DR

Tras los avances del doctor Ichiro Kato se intentó agilizar el movimiento de estos robots, puesto que el tiempo que había que esperar hasta que el WAP era capaz de avanzar un paso hacía que no fuera práctico su uso, ya que los robots que empleaban ruedas por ejemplo eran mucho más ágiles. Entre los años 1979 y 1980 la Universidad de Waseda desarrolló el WL-9DR bajo la dirección del doctor Kato, al igual que con sus predecesores los WAP.

El funcionamiento de esta máquina también era mediante actuadores hidráulicos que operaban más rápidamente que los diseñados para WAP. Así mismo el control de este robot se hacía mediante un procesador de 16 bit conectado al robot mediante cables. El WL-9RD era capaz de dar un paso en 10 segundos, además de realizar ciclos completos andando, es decir, encadenar pasos para avanzar desde el punto de partida a un punto meta que se le fijaba. La velocidad con la que avanzaba era tan lenta que sus creadores no podían denominar al robot como dinámico, por lo que se le conoce como el primer robot bípedo cuasi-dinámico.

El robot tenía un sistema de pesos que mantenía el equilibrio del mismo como se requiriera, por ejemplo si el robot estaba estático se centraba el punto de apoyo y se mantenía la postura tanto por la gran base rectangular de sus pies como por los pesos centrados. Si se quería dar un paso hacia delante el robot alzaba alguna de las piernas y se cambiaba el centro de los pesos un poco hacia delante, de forma que el robot se inclinara ligeramente para seguir con el siguiente paso. Para poder andar solamente 0.5 metros el robot requería sobre una docena de pasos llevándole entorno a un minuto completar dicha distancia.

Referencias

- [1] ACMVI.
<https://www.computerhistory.org/revolution/artificial-intelligence-robotics/13/293/1280>.
- [2] Archive PUMA.
<https://web.archive.org/web/20080228225812/http://www.roboticonline.com/public/articles/details.cfm?id=729>.
- [3] Brazos robóticos.
https://en.wikipedia.org/wiki/Robotic_arm.
- [4] Carnegie mellon university.
https://en.wikipedia.org/wiki/Carnegie_Mellon_University.
- [5] ComputerHistory t3.
<http://www.computerhistory.org/collections/catalog/102640478>.
- [6] Laboratorios de IA del MIT.
https://en.wikipedia.org/wiki/MIT_Computer_Science_and_Artificial_Intelligence_Laboratory.
- [7] Phony pony.
<http://cyberneticzoo.com/walking-machines/1968-phony-pony-frank-mcghee-american/>.
- [8] PUMA.
https://en.wikipedia.org/wiki/Programmable_Universal_Machine_for_Assembly.
- [9] RB robotics RB5x.
<http://www.rbrobotics.com/Products/RB5X.htm>.
- [10] RB5x.
<https://en.wikipedia.org/wiki/RB5X>.
- [11] RB5x cyberneticzoo.
<http://cyberneticzoo.com/robots/1982-rb5x-the-intelligent-robot-joseph-bosworth-american/>.
- [12] Robotics institute.
https://en.wikipedia.org/wiki/Robotics_Institute.
- [13] Robotics institute.
<https://www.ri.cmu.edu/>.
- [14] SCARA.
<https://en.wikipedia.org/wiki/SCARA>.
- [15] SCARA machinedesign.
<https://www.machinedesign.com/motion-control/difference-between-cartesian-six-axis-and-scara-robots>.
- [16] SCARA toshiba machines robotics.
<http://www.tmrobotics.co.uk/scara-robot-range/>.

- [17] SCARA yamaha.
<https://global.yamaha-motor.com/business/robot/lineup/application/ykxg/index.html>.
- [18] Shigeo hirose.
https://en.wikipedia.org/wiki/Shigeo_Hirose.
- [19] SRI international.
https://en.wikipedia.org/wiki/SRI_International.
- [20] Stanford arm.
<http://infolab.stanford.edu/pub/voy/museum/pictures/display/1-Robot.htm>.
- [21] Stanford cart cyberneticzoo.
<http://cyberneticzoo.com/cyberneticanimals/1960-stanford-cart-american/>.
- [22] T3 anil89cs.
<https://anil89cs.wordpress.com/2009/07/26/cincinnati-milacron-t3-robot-arm/>.
- [23] T3 lakshmimenon.
<https://lakshmimenon.wordpress.com/2009/07/26/cincinnati-milacron-t3-robot-arm/>.
- [24] Timeline robotshop.
<https://www.robotshop.com/media/files/PDF/timeline.pdf>.
- [25] Timeline wikipedia.
<https://en.wikipedia.org/wiki/Robotics#History>.
- [26] Vehículo highlander.
<https://en.wikipedia.org/wiki/H1ghlander>.
- [27] Vehículo sandstorm.
[https://en.wikipedia.org/wiki/Sandstorm_\(vehicle\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Sandstorm_(vehicle)).
- [28] WABOT.
http://www.humanoid.waseda.ac.jp/booklet/kato_2.html.
- [29] WAP cyberneticzoo.
<http://cyberneticzoo.com/walking-machines/1967-71-waseda-anthropomorphic-pneumatically-activated-pedipulators-ichiro-kato-japanese/>.
- [30] WAP researchgate.
https://www.researchgate.net/figure/Biped-robots-WAP-1-left-and-WL-9DR-right_fig7_258995388.
- [31] WAP waseda.
http://www.humanoid.waseda.ac.jp/booklet/kato_4.html.
- [32] Rami Abielmona. Historia de la robótica de la universidad de ottawa.
<https://www.site.uottawa.ca/~rabielmo/miniCourse06/lecture1.pdf>.
- [33] Wolfram Burgard Antonio Bicchi. *Robotics Research*, volume 1. Springer.
- [34] Atsuo Takanishi Hun-ok Lim. Walking machines. 365(1850):16.
https://www.jstor.org/stable/25190427?read-now=1&seq=2#page_scan_tab_contents.

- [35] Jose A. Tenreiro Machado Manuel F. Silva. A historical perspective of legged robots.
https://www.researchgate.net/publication/258995388_A_Historical_Perspective_of_Legged_Robots.
- [36] Bruno Santidrián. Historia de la IA.
<https://bruno-sm.github.io/2018-07-29-historia-de-la-ia/>.