Estado del Arte y Evaluación Técnica-Económica de Hardware y Software para Robots

1. Introducción

La evolución de los robots ha sido muy beneficiosa para el desarrollo de la industria. Ayudan mucho en los procesos que necesitan movimientos repetitivos y precisos. Además, los robots no necesitan un descanso como si lo necesitan los humanos, así que el trabajo que puede realizar un robot es muy superior al que puede realizar una persona.

Los robots industriales nacieron de la unión de una estructura mecánica articulada y de un sistema electrónico de control en el que se integra un computador. Esto permite la programación y control de los movimientos a efectuar por el robot y la memorización de las diversas secuencias de trabajo, por lo que le da al robot una gran flexibilidad y posibilita su adaptación a tareas muy diversas y medios de trabajo.

Un robot industrial es, por su propia naturaleza, un nuevo tipo de maquinaria que proporciona una flexibilidad doble:

a) Flexibilidad mecánica, proporcionada por estar constituido por un sistema mecánico articulado que puede variar la posición de su extremo libre en el espacio, adoptando además una orientación espacial deseada.

b) Flexibilidad de programación, debida a que su configuración espacial está controlada por un computador, y por lo tanto puede ser cambiada fácilmente con solo cambiar el programa.

Hay muchos beneficios en el uso de los robots industriales. Algunos de ellos son:

* Reducción de la labor.
* Incremento de utilización de las máquinas.
* Flexibilidad productiva.
* Mejoramiento de la calidad.
* Disminución de pasos en el proceso de producción.
* Mejoramiento de las condiciones de trabajo, reducción de riesgos personales.
* Mayor productividad.
* Ahorro de materia prima y energía.
* Flexibilidad total.

Como caso particular, están los robots móviles. La gran ventaja que presenta este tipo de robots es el hecho de que pueden desplazarse en cualquier ambiente dado. Estos pueden desplazarse a través de un riel, con ruedas o algún otro sistema que permita su movimiento por la superficie que se desea.

1. Objetivos
   1. Objetivo General

Realizar un estudio del estado del arte y una evaluación técnica-económica de hardware y software para robots, centrados principalmente en los robots industriales y robots móviles.

* 1. Objetivos Específicos
* Estudiar la evolución de los robots, en especial robots, especialmente industriales y móviles.
* Mostrar el estado actual de robots, especialmente de los robots industriales y móviles.
* Evaluar el mejor tipo de dispositivos para una industria, tanto técnicamente como económicamente

1. Necesidad del tema de estudio

En la actualidad, los avances de la robótica han sido muy importantes. El como un médico puede realizar hoy en día una operación es muestra de ello. El médico puede realizar una operación a través de un robot controlado por él mismo, pero con una precisión mucho mayor a la que puede tener con el pulso de su mano, perfeccionando todos sus movimientos, además de ser un sistema menos invasivo para el paciente.

Este ejemplo sirve para saber qué tan avanzada está la robótica actual y cuáles serían los pasos a seguir. El saber en qué punto se está, da pie para dar los siguientes pasos.

Esto, claro está, en el hecho de que no se puede empezar de más atrás de lo que ya se ha logrado. Hay realizar el estudio del estado del arte, se comprenderá que se ha logrado hasta ahora.

Como también se realizará una evaluación técnico-económica, se podrá tener un conocimiento sobre las ofertas del mercado actual de robots útiles para las necesidades de la industria y de los estudiantes de ingeniería.

1. Aportes del Trabajo
2. Descripción del Sistema en Estudio

La estructura de comparación de este estudio comprende distintos niveles para realizar el estado del arte y la evaluación técnico-económica lo más útil y clara dependiendo de las necesidades que se busca satisfacer.

En primer lugar debe destacarse los procesos más importantes asociados a la robótica y que son transversales a las áreas, aunque la relevancia en cada área es la que varía, es decir, existen áreas como la educativa en dónde la relevancia de la modelación es menor que en otras áreas.

*Estos procesos son:*

* Diseño
* Modelación/Simulación
* Fabricación de prototipo
  + Sensores
  + Actuadores
* Sistema de control y monitoreo
* Pruebas

Estos procesos no se realizan una vez, sino que es un procedimiento cíclico hasta el producto final, existiendo realimentación entre pares de procesos dinámicamente.

Para cada proceso existen herramientas de software y/o hardware en el mercado que agilizan el proceso y por ende se consideran última tecnología ya que evolucionan o se desarrollan continuamente, y a medida que la base de usuarios crece, se genera innovación y las mejores herramientas para cada área se ganan un nombre, utilizándose progresivamente en los estudios, tesis y papers, además de obtener amplia difusión por medio de tutoriales y documentación a través de Internet.

A continuación se mostrarán las tecnologías comúnmente usadas en cada proceso de la robótica y algunos software representativos de la industria a modo de orientación:

* **Diseño:**
  + CAD/CAM 3D
    - Solidworks
* **Modelación/Simulación:**
  + Método de elementos finitos, FEM
    - Abaqus, Ansys
  + Análisis numérico y simulación
    - Matlab/Simulink
  + Software especializado de simulación
    - Webots, Gazebo, robotics toolbox Matlab, Microsof Robotics Developers Studio
* **Fabricación de prototipos:**
  + Sensores (gran variedad de alternativas compatibles)
  + Actuadores que se pueden fabricar con técnicas modernas como
    - Impresión 3D (Makerbot, Reprap)
    - CNC
* **Sistema de control y monitoreo:**
  + Microcontroladores
    - PIC, AVR, TI
  + Placas integradas y kits
    - Arduino
    - Parallax
  + MiniPc
    - Raspberry Pi, BeagleBone
  + Sistemas Operativos para Robots (middleware)
    - ROS (Robot Operating System)
  + Protocolos de comunicacion y enlace
    - Radiofrecuencia (Xbee, WI-FI); cableado (serial, buses de campo, ethernet)
* **Pruebas:**
  + Deben someterse a estándares internacionales de calidad y seguridad

Las grandes áreas en que dividiremos la investigación corresponde a:

* **Escuelas:**
  + Kits de desarrollo y robots educativos
  + Software básico integrado con los kits
* **Academia y laboratorios de investigación:**
  + Desde kits hasta prototipos desarrollados
  + Software adecuado a las necesidades de prototipado e investigación
  + Nuevas tecnologías e intersección con software industrial
* **Industria:**
  + Robots específicos para producción
  + Sub-áreas diversas como salud, sector automotriz, alimentos, producción en serie
  + Tecnología más asentada, software costoso desarrollado por grandes empresas
  + Ligado con cierta inversión en academia y centros de investigación
* **Ejército y Policía:**
  + Drones, robots móviles, robots de DARPA (ej. ATLAS)
  + Robots móviles antibombas, exoesqueletos para supersoldados
  + Intersección con academia y centros de investigación, y en parte con la industria

1. Estado del Arte

La evolución de la robótica en general ha sido muy explosiva, sobre todo en el Siglo XX. El comienzo de la automatización a través de los robots ha sido de mucha ayuda para la producción en masa. Saltándose varios años de desarrollo, se podría decir que los progenitores más directos de los robots son los telemanipuladores. En 1948, R. C. Goertz desarrolló en el *Argonne Nacional Laboratory* el primer manipulador, con el objetivo de manipular elementos radiactivos sin riesgo para el operador. La industria nuclear, submarina y espacial fueron las más interesadas en utilizar este tipo de sistema.

Más adelante, el reemplazar al operador por un programa de ordenador que pudiera controlar los movimientos del manipulador dio paso al concepto de robot. La primera patente de un dispositivo robótico fue solicitada en 1954 por el británico C.E. Kenward. Pero fue George C. Devol, un ingeniero norteamericano, el que estableció las bases del robot industrial moderno.

En 1956, Joseph F. Engelberger y Devol comenzaron a trabajar en la utilización industrial de sus máquinas, fundando la *Consolidated Controls Corporation*. Más tarde se convertiría en *Unimation (Universal Automation)*, instalando su primera máquina Unimate en la General Motors de Trenton, Nueva Jersey, en 1960. Se produjo un *boom* de la fábrica del futuro, aunque en su primer intento el resultado y la viabilidad económica fueron desastrosos.

Saltando ya a los años 70’s, se logra el poder controlar a un robot a través de un computador, y a mitad de esa década, la implementación de los microcontroladores, que mejoran considerablemente las características del robot.

Ya en la década de los 80’s, la investigación potencia la creación de los robots inteligentes

Como se puede observar, en alrededor de 30 años, la evolución de los robots ha sido tan importante que estos ya tienen importancia en casi todas las áreas productivas.

Ahora se mostraran las clasificaciones de robots y su estado actual, centrándose principalmente en robots industriales y móviles

Los robots industriales, también llamados manipuladores, están destinados a realizar de forma automática determinados procesos de fabricación o manipulación. Se utilizan principalmente en la fabricación industrial. Este tipo de robot es el más utilizado en Estados Unidos y Japón, siendo estos dos países los líderes en su fabricación y utilización.

En años finales de la década de los 60’s y principios de los 70’s se crean departamentos de investigación y se diseñaron los primeros robots móviles con un cierto grado de autonomía, se puso este nombre en base al brazo manipulador por Víctor Scheinman, para así dar a conocer el robot manipulador más famoso, el robot “Puma”.

Dando un ejemplo del robot Puma, se tiene el Puma de la serie 500. Este robot es un brazo articulado con 6 grados de libertad que le permiten posicionar y orientar una herramienta final. De manera más específica, las 3 primeras articulaciones (sistema Hombro-Codo-Muñeca) posicionan en el espacio el grupo formado por las 3 últimas, que son las que orientan el efector.   
Este robot utiliza la representación de Denavit-Hartenberg para sus movimientos.

El robot Puma, sin embargo, es solo un ejemplo dentro de los robots manipuladores. También tenemos otras empresas productoras de robots manipuladores que llevan sus cualidades al máximo.

Ejemplo de ellos son los robots de la empresa KUKA, que se especializa en la robótica y automatización. Un ejemplo del gran desarrollo de estos robots automatizados es el partido de tenis de mesa de uno de sus modelos contra un jugador profesional.

La empresa ABB también se especializa en esta clase de manipuladores.

En cuanto a los últimos desarrollos tecnológicos de los robots industriales tenemos varios ejemplos, que aun aún están en desarrollo, ya son partes de los nuevos avances.

* Los robots redundantes, que poseen más de 6 grados de libertad. Estos robots fueron creados para trabajar en lugares de muy difícil acceso.
* Robots flexibles, que son útiles cuando se necesite un gran alcance y bajo peso de la estructura. Ejemplo de este tipo de robots es uno creado en la Universidad de Harvard, que se inspira en animales invertebrados. El prototipo de robot **es capaz de gatear, cambiar su forma de andar y sortear obstáculos** ejecutando una serie de movimientos coordinados.
* Robots manipuladores antropomorfos (generalmente imitando la forma de la mano humana). Su aplicación se aleja de la industria tradicional y se acerca más a la creación de prótesis para la investigación médica.

Robots móviles. Los robots móviles son el tipo de robots que se pueden desplazar por tierra, aire, agua y en el espacio.

Gracias a sus sensores y su programación, son capaces de guiarse por el entorno autónomamente, pero sin embargo, no es de extrañar que su funcionamiento esté monitorizado por seres humanos o incluso teledirigido. En este último caso, el robot mantiene una comunicación constante con el operador, ya sea por cable o inalámbricamente. Su morfología es variable dependiendo del entorno y de la tarea a realizar

El primer robot móvil que fue diseñado fue el Shakey, desarrollado en el SRI. Era una plataforma móvil independiente controlada por visión mediante una cámara y dotada con un detector táctil. Este robot fue el punto de inflexión para la investigación y diseño de robots móviles creciera de gran manera.

A principios de la década del setenta, el robot Newt fue desarrollado por Ralph Hollis. En el Jet Propulsion Laboratory (JPL) se desarrolló el Lunar Rover [Thompson, 1977], diseñado particularmente para la exploración planetaria. A finales de esa década, Moravec desarrolló el robot Stanford cart, capaz de seguir una trayectoria delimitada por una línea establecida en unasuperficie. En 1983, el robot Raibert fue desarrollado en el MIT, un robot de una sola pata diseñado para estudiar la estabilidad de éstos sistemas. A principios de la década del noventa, se desarrolló un robot “uniciclo” (una sola rueda, similar a la de una bicicleta) en el MIT.

A pesar de ser algo “toscos”, los robots móviles han avanzado de tal forma que pueden desplazarse prácticamente por cualquier superficie, además de poder volar y sumergirse en el agua.

## En el ámbito terrestre, se pueden definir 3 tipos de máquinas: ruedas para superficies lisas, aunque con una cantidad adecuada de ruedas más un buen sistema de amortiguación también pueden desplazarse por terrenos irregulares, como el robot Rover de exploración espacial; las orugas para superficies irregulares. Por ejemplo, el robot Fletch del ámbito militar, que es utilizado para remover las pequeñas bombas y granadas de la munición antitanque que no explotan en el campo de batalla. Aunque al igual que en caso anterior, no solo quedan restringidos a este tipo de superficie; y finalmente los robots con patas, para superficies muy irregulares, como el robot Spot de Google. Este robot puede caminar prácticamente por cualquier superficie sin perder la estabilidad.

## Este último ejemplo, del robot Spot, es una muestra del avance de los robots móviles. Está diseñado principalmente para búsqueda y rescate, cartografía o acceder a zonas de desastre. Por lo general, estas son misiones realizadas por militares, así que perfectamente se puede clasificar a este modelo como un robot del tipo militar.

## Los robots aéreos pueden ser catalogados como robots de investigación o militares. Esto porque, por ejemplo, en misiones militares se utilizan robots controlados a distancia o autónomos para realizar misiones de ataque, defensa, espionaje o rescate. Estos robots no tripulados son los famosos Drones. En cuanto a la investigación, principalmente se utilizan los robots controlados, ya que con esa característica se puede saber exactamente lo que se quiere investigar.

Los robots aéreos se pueden desplazar con sistemas de hélices o turbinas, como los tradicionales aviones o helicópteros, o también con ala, imitando a los animales con capacidad de volar, especialmente a los insectos. Dentro de estos últimos, está el proyecto Proyecto MFI (Micromechanical Flying Insect) de la Universidad de Berkeley, en colaboración con el *Center for InformationTechnology Research in the Interest of Society (CITRIS)*. Se ha llevado a cabo un proyecto cuyo objetivo es crear un pequeño robot de 25 mm. de longitud, capaz de mantenerse en el aire de forma autónoma, basándose en principios biomiméticos.

Durante los primeros 3 años del proyecto, los esfuerzos se centraron en comprender la aerodinámica de los sistemas de vuelo hasta conseguir el primer prototipo, y a partir de ahí, se trabaja en la miniaturización y en añadir nuevos sensores o dispositivos.

También están las Colonias de robots voladores, desarrollados por Defense Science and Technologie Organization, DSTO. Como parte del Departamento de Defensa del gobierno de Australia, estegrupo ha trabajado en el desarrollo de pequeños robots voladores capaces de realizar una misión de reconocimiento de forma autónoma y coordinada entre ellos mismos.

En cuanto a investigación, además de los robots aéreos y terrestres, están los robots acuáticos. Como estos robots se desplazan por el agua, tienen 6 grados de libertad, al igual que los aéreos. Estos robots pueden ser totalmente autónomos y no requerir de una comunicación continua con la estación, pero en caso contrario, puede haber problemas derivados de la comunicación. En algunos casos, el robot se comunica de forma alámbrica (lo que proporciona una forma rápida de recuperar el robot en caso de fallo), mientras que en otros, se puede utilizar el sonido por medio de boyas introducidas en el agua, debido a que el sonido se propaga mejor en este medio.

Están los robots de exploración marina. El Institut Français de Recherche pour L'exploitation de la Mer (IFremer) lleva trabajando varios años en robots submarinos para el estudio geográfico de los fondos marinos, así como para el estudio del hábitat marino, y ha desarrollado varios modelos de robots. Como ejemplo, el robot *SAR (Système Acoustique Remorqué - towed acousticsystem) c*ontiene un conjunto de sensores geofísicos de alta resolución para el estudio de la estructura de los fondos marinos, y es capaz de sumergirse a 6.000 metros de profundidad.

Están también los laboratorios AUV, formando parte del MIT, que trabajan en el desarrollo de vehículos submarinos y su aplicación para tareas de oceanografía. Desarrollaron su primer vehículo a primeros de los años 90, llamado *Odyssey I*, y actualmente disponen de más de una decena de vehículos, algunos de ellos en diferentes versiones.

Y también está el proyecto AQUA. Su objetivo es el diseño de un robot anfibio totalmente autónomo, que sea capaz de explorar los fondos marinos y recoger información, minimizando el impacto en la vida marina. Contiene un sistema avanzado de visión y sus 6 aletas, controladas

independientemente, le proporcionan una gran maniobrabilidad en el agua para poder desplazarse a través de los corales.

1. Conclusiones
2. Referencias Bibliográficas
3. Carta Gantt