


**Escuela de Ingeniería en Sistemas**

**TEMA:**

"Diseño y Construcción de un robot para la manipulación de explosivos."

Disertación de Grado previo a la obtención del título de Ingeniero de Sistemas y Computación.

**Línea de investigación:**

Inteligencia Artificial, Robótica, Domótica y Sistemas Expertos.

**Autor:**

EDISON SANTIAGO ESTRELLA ESTRELLA

**Director:**

Ing. Msc. Darío Javier Robayo Jácome

**Ambato-Ecuador**

**Octubre – 2013**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE AMBATO**

**HOJA DE APROBACIÓN**

**Tema:**

"Diseño y Construcción de un robot para la manipulación de explosivos."

**Línea de investigación:**

Inteligencia Artificial, Robótica, Domótica y Sistemas Expertos

**Autor:**

EDISON SANTIAGO ESTRELLA ESTRELLA

Darío Javier Robayo Jácome, Ing. Msc. f._____

**DIRECTOR DE DISERTACIÓN.**

Enrique Xavier Garcés Freire. Ing. f._____

**CALIFICADOR.**

Teresa Milena Freire Aillon Ing. Msc. f._____

**CALIFICADORA.**

Galo Mauricio López Sevilla, Ing. Msc. f._____

**DIRECTOR UNIDAD ACADÉMICA**

Hugo Rogelio Altamirano Villarroel, Dr. f._____

**SECRETARIO GENERAL PUCESA**

**Ambato – Ecuador**

**Octubre - 2013**

**DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD**

Yo, Edison Santiago Estrella Estrella portador de la cédula de ciudadanía No. 180414995-1 declaro que los resultados obtenidos en la investigación que presento como informe final, previo la obtención del título de Ingeniero de Sistemas y Computación, son absolutamente originales, auténticos y personales.

En tal virtud, declaro que el contenido, las conclusiones y los efectos legales y académicos que se desprenden del trabajo propuesto de investigación y luego de la redacción de este documento son y serán de mi sola y exclusiva responsabilidad legal y académica.

Edison Santiago Estrella Estrella

CI. 180414995-1

**AGRADECIMIENTO**

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato por los conocimientos impartidos en el transcurso de la carrera de Ingeniería en Sistemas, a sus docentes, administrativos y demás personal que han sido parte de mi estadía en esta prestigiosa Institución Educativa.

Al Ingeniero Darío Robayo quien ha estado como guía y consejero oportuno, para lograr el objetivo principal, culminar el proyecto de grado.

A mi familia que ha servido de apoyo en todos los momentos especiales de mi vida y han sabido guiarme para cumplir los objetivos plantados.

**DEDICATORIA**

A Dios y a la Virgen María por darme la oportunidad de vivir y por permitirme llegar a ser mejor cada día,

A mis padres Saúl y María, pues han sabido inculcar de manera admirable e incomparable cada uno de los valores éticos y morales en el transcurso de mi vida, además por ser el mejor ejemplo de amor, apoyo, honradez, disciplina y comprensión mostrada durante esta etapa. A mi hermana Ivonne por brindarme su confianza, amor y apoyo incondicional en todo momento. A mis tíos, especialmente a Wilmita, ya que ha sido infinito su apoyo moral en momentos de debilidad.

**RESUMEN**

El diseño, la construcción y el control de robots físicos móviles es un desafío aun no resuelto en el ámbito de la robótica móvil. Los robots más avanzados en la actualidad no son capaces de caminar en dos pies de una forma comparable a los seres humanos y tienen problemas al caminar en superficies irregulares, gastan una gran cantidad de energía para desplazarse, caminan de una forma poco natural desde el punto de vista humano, no pueden correr, saltar, ni mucho menos, hacer algún tipo de acrobacia.

Existe un compromiso entre la eficiencia energética y la versatilidad de los robots móviles que aun no ha sido resuelto. Clasificando los robots pasivos según su nivel de actuación se obtienen dos grupos de robots: los robots pasivos, que son eficaces energéticamente, pero muy poco móviles, y los robots activos, que son móviles, pero muy inútiles energéticamente. Por lo cual se plantea el desafío de construir un robot móvil que permita desactivar explosivos.

Este trabajo de disertación propone el diseño y la construcción de un robot que me permita desactivar explosivos en lugares donde exista un peligro relacionado a atentados o a la búsqueda de personas en partes que

hayan sido afectadas por destrozos naturales, acoplado de una cámara que servirá para la visualización del lugar donde vaya a trabajar este robot, con un brazo mecánico de cinco grados de libertad que nos permitirá remover objetos según las condiciones del lugar, complementado de una base móvil o tracto base de cuatro llantas inflables, manipuladas por un control inalámbrico y visualizado en una computadora.

**ABSTRACT**

The design, construction and physical mobile robot control is a challenge not yet solved in the field of mobile robotics. The most advanced robots today are not capable of walking on two feet in a manner comparable to humans and have trouble walking on uneven surfaces, spend a lot of energy to move, walk in an unnatural way from the point human, cannot run, jump, or anything, do some kind of stunt.

There is a tradeoff between energy efficiency and versatility of mobile robots has not yet been resolved. Classifying the robots liabilities according to their level of performance you get two groups of robots: robots liabilities that are energy efficient, but very little mobility, and active robots that are mobile, but very useless energy. Therefore there is the challenge of building a mobile robot that allows deactivate explosives.

This dissertation work proposes the design and construction of a robot that allows me to disable explosives in places where there is a danger related to attacks or to search for people in parts that have been affected by natural destruction, coupled to a camera that will serve the visualization of where the robot goes to

work, a mechanical arm with five degrees of freedom that will allow us to remove objects according to site conditions, supplemented of a mobile base or tract based on four inflatable tires, handled by a wireless controller and displayed on a computer.

# TABLA DE CONTENIDOS

**CAPÍTULO I: EL PROBLEMA**

1.1. Antecedentes ..... 1

1.2. Significado del problema ..... 2

1.3. Definición del problema ..... 3

1.4. Planteamiento del tema ..... 4

1.5. Delimitación del tema ..... 4

1.6. Objetivos ..... 6

1.6.1. Objetivo General ..... 6

1.6.2. Objetivos Específicos ..... 6

1.7. Metodología del trabajo ..... 7

1.7.1. Procedimiento a seguirse para lograr los objetivos ..... 7

1.8. Justificación ..... 8

**CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

2. Fundamentación Teórica ..... 10

2.1. Robótica ..... 10

2.2. Reseña Histórica de la Robótica ..... 13

2.3. Leyes de la robótica ..... 17

2.3.1. Origen ..... 17

2.4. ¿Qué es un robot? ..... 18

2.5. Tipos de robot ..... 20

2.5.1. Robots estacionarios. ..... 20

2.5.2. Robots Móviles ..... 21

2.5.3. Los vehículos de control remoto ..... 23

2.5.4. Las prótesis para uso humano. ..... 24

2.5.5. Los robots didácticos o experimentales. ..... 24

2.5.6. Los robots de juguete. ..... 25

2.5.7. Los robots de uso casero. ..... 25

2.5.8. Otros tipos de robots ..... 26

2.6. ¿Qué es un Brazo Electromecánico? ..... 29

2.6.1. El brazo o manipulador. ..... 29

2.6.2. Grados de libertad ..... 31

2.7. Locomoción ..... 32

2.7.1. Locomoción mediante patas. ..... 32

2.7.2. Giros y traslaciones en múltiples direcciones . 34

2.7.3. Locomoción mediante ruedas ..... 34

2.7.4. Locomoción mediante orugas ..... 38

2.8. Robots Móviles ..... 39

2.9. Mecanismos y Configuración para Robots ..... 41

2.9.1. Configuración cartesiana ..... 42

2.9.2. Configuración cilíndrica ..... 43

2.9.3. Configuración polar ..... 44

2.9.4. Configuración angular (brazo articulado) ..... 45

2.10. Modelado y Control ..... 46

2.11. Modelado del Entorno ..... 48

2.11.1. Modelado Cinemático de las Ruedas. ..... 50

2.12. Modelado Cinemático del Brazo Mecánico ..... 51

2.13. Control por Computadoras ..... 55

2.14. Los Microcontroladores. ..... 56

2.14.1. Diferencia entre Microprocesador y Microcontrolador. ..... 58

2.14.2. PIC 18F4550 ..... 60

2.14.3. PIC 18F2550 ..... 67

2.15. XBee-Pro ..... 68

2.16. Relés ..... 70

2.17. Cristal de Cuarzo ..... 71

2.18. Condensadores ..... 73

2.19. Transistor ..... 74

2.20. Batería ..... 75

2.21. Resistencias ..... 76

**CAPITULO III: METODOLOGÍA Y DISEÑO MUESTRAL**

3. Desarrollo del Método ..... 78

3.1. Determinación de requisitos ..... 80

3.2. Modelado del Análisis ..... 81

3.3. Diseño mecánico del prototipo ..... 83

3.4. Construcción de los mecanismos del robot ..... 85

3.4.1. Mecanismo de llantas y Brazo Mecánico ..... 86

3.4.2. Mecanismo de movimiento de Cámara ..... 87

3.5. Diseño del sistema de control electrónico ..... 88

3.5.1. Placa de Potencia ..... 88

3.5.2. Diseño esquemático en Eagle ..... 89

3.5.3. Placa de Control ..... 90

3.5.4. Diseño esquemático en Eagle ..... 90

3.6. Acoplamiento Total ..... 91

3.7. Implementación del sistema de control por PC .... 92

3.7.1. Construcción de las Placas. ..... 93

3.8. Implementación del sistema de software para PC . 100

3.9. Pruebas y resultados experimentales ..... 101

3.9.1. Pruebas básicas del Brazo mecánico ..... 102

3.9.2. Pruebas básicas de la cámara IP ..... 103

3.9.3. Pruebas básicas da la base móvil ..... 104

3.9.4. Pruebas comunicación del control por PC. ..... 105

**CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

4.1. Conclusiones ..... 110

4.2. Recomendaciones ..... 112

Bibliografía ..... 114

Linkografía ..... 116

Glosario de términos ..... 117

ANEXOS ..... 122

Anexo 1: Configuración de la cámara IP e instalación del software ..... 122

Anexo 2: Planos Constructivos. ..... 135

Anexo 3: Programación de los Microcontroladores. ..... 140

# TABLA DE GRAFICOS

## Tablas

Tabla 2.1: Reseña Histórica de la Robótica ..... 13
Tabla 3.1: Pruebas básicas del brazo mecánico ..... 102
Tabla 3.2: Pruebas básicas de la Cámara ..... 103
Tabla 3.3: Pruebas básicas de base móvil o tracto base104
Tabla 3.4: Comunicación sin obstáculos ..... 105
Tabla 3.5: Comunicación con obstáculos ..... 106
Tabla 3.6: Pruebas de comunicación de video hacia el PC sin obstáculos ..... 107
Tabla 3.7: Pruebas de comunicación de video hacia el PC con obstáculos ..... 108

## Imágenes

Imagen 2.1: Similitud brazo robótico con el brazo humano ..... 29
Imagen 2.2:Brazo Mecánico OWI-007 ..... 32
Imagen 2.3: Configuración Cartesiana ..... 43
Imagen 2.4: Configuración cilíndrica ..... 44
Imagen 2.5: Configuración Polar ..... 45
Imagen 2.6: Configuración Angular ..... 46
Imagen 2.7: Estructura de un sistema abierto basado en un microprocesador ..... 59

Imagen 2.8: El microcontrolador en un sistema cerrado. 59
Imagen 2.9: Descripción del PIC 18F4550..... 66
Imagen 2.10: Características PIC 18F2550..... 68
Imagen 2.11: XBee-pro..... 70
Imagen 2.12: Relés..... 71
Imagen 2.13: Cristal de Cuarzo..... 73
Imagen 2.14: Condensador..... 74
Imagen 2.15: Transistor..... 75
Imagen 2.16: Baterías..... 76
Imagen 2.17: Resistencias..... 77
Imagen 3.1: Estructura Metálica..... 83
Imagen 3.2: Motor de Plumas..... 84
Imagen 3.3: Llantas inflables..... 84
Imagen 3.4: Cubierta del robot..... 85
Imagen 3.5: Mecanismo de movimiento de llantas y Brazo.87
Imagen 3.6: Mecanismo de movimiento de cámara..... 88
Imagen 3.7: Diseño esquemático placa de potencia..... 89
Imagen 3.8: Diseño de la placa de control..... 91
Imagen 3.9: Acoplamiento Final del Robot..... 92
Imagen 3.10: Placa de potencia construida..... 93
Imagen 3.11: Placa de potencia con los elementos implementados..... 94
Imagen 3.12: Construcción de la Placa de Control..... 95
Imagen 3.13: Placa de Control en el ácido..... 96
Imagen 3.14: Limpieza de la Placa de Control con tiñer 97

Imagen 3.15: Placa de Control construida ..... 98
Imagen 3.16: Perforación y soldadura de elementos en la Placa de Control ..... 99
Imagen 3.17: Placa principal con receptor XBee-pro lista para usar ..... 100
Imagen 3.18: Emisor inalámbrico con XBee-pro hacia la placa principal desde el computador. ..... 100
Imagen 3.19: Software de Control ..... 101
Imagen 3.20: Prueba del brazo mecánico ..... 102
Imagen 3.21: Pruebas de la Cámara IP. ..... 103
Imagen 3.22: Pruebas básicas de la base móvil o tracto base ..... 104
Imagen 3.23: Pruebas comunicación del control por PC. 105

# CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

## 1.1. Antecedentes

El campo de la robótica es nuevo en el medio académico ya que la mayoría de aparatos robóticos se fabrican en países desarrollados y se utilizan en empresas industrializadas a nivel mundial, por lo cual son de costos muy altos y de difícil adquisición, pero a la vez muy importante el estudio y la aplicación en el medio académico ya que permiten la investigación de nuevas tecnologías y nuevos inventos que benefician a las personas.

En cuestión de diseño y construcción de robots a nivel universitario se han realizado varios modelos en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato teniendo así varios tipos de robots como DORIS 2, Robots seguidor de línea, Robots de batalla y algunos otros que permitieron se incursione y se ponga más curiosidad en la construcción de un robot, por lo cual se vio la manera de implementar algo nuevo y novedoso que servirá como investigación y modelo de que en nuestra ciudad se puede

crear un robot que pueda manipular explosivos o ser usado como robot de búsqueda de personas.

En el ámbito de los explosivos se puede acotar que son muy peligrosos para el ser humano ya que puede causar lesiones graves y en casos extremos hasta la muerte. Los explosivos en nuestro medio son fáciles de encontrarlos en lugares y tiendas clandestinas, en épocas de fiestas navideñas o fin de año por lo general, ya que no tienen un control adecuado y su manipulación en estos lugares son sin precauciones y sin las debidas protecciones, causando así fuertes consecuencias y pérdidas de vidas humanas por la mala manipulación de explosivos.

## 1.2. Significado del problema

El diseño y la construcción de MANIXBEE 1.0 es un nuevo reto para la PUCESA ya que por primera vez se ha pensado en un robot como este, que mediante la unión de un brazo electromecánico con movilidad de 5 grados de libertad, una cámara omnidireccional conectada a un computador y una base móvil o tracto base que se desplace mediante un control remoto, se desee construir un robot para la

manipulación de explosivos y búsqueda de personas, lo cual demostrará que los estudiantes de la PUCESA están en capacidad de desarrollar robots como el propuesto MANIXBEE 1.0.

## 1.3. Definición del problema

¿Cómo diseñar un robot que permita la manipulación de explosivos mediante el uso de herramientas básicas?

¿Cómo construir un robot con acoplamientos de un brazo electromecánico, una cámara omnidireccional y una base móvil o tracto base dirigido con un control remoto?

¿Cómo acoplar la visibilidad de la cámara omnidireccional al computador para tener una recepción de imágenes del objeto a manipular?

¿Qué pasos se usaran en el proceso de ensamblar un robot?

¿Cómo ordenar una tarea de manipulación al robot?

¿Con qué implementos se ajustará al robot?

## 1.4. Planteamiento del tema

Diseño y construcción de un robot para la manipulación de explosivos

## 1.5. Delimitación del tema

La implementación se la realizará en el laboratorio de electrología de la Escuela de Ingeniería en Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato, haciendo uso de los materiales con los que cuenta dicho laboratorio para la construcción del robot el mismo que constará de un brazo electromecánico situado en la parte central del frente del robot a una altura de 20 centímetros medidos desde el suelo, una cámara omnidireccional situada en la parte superior izquierda del frente del robot a una altura de 35 centímetros desde el suelo, conectada a un computador y una base móvil o tracto base constituida de 4 llantas inflables de 25 centímetros de diámetro acopladas cada una con un motor de plumas de 420 kilogramos de 12 voltios, todos estos elementos conforman el robot y unidos dichos segmentos darán la forma a MANIXBEE 1.0.

La alimentación de energía del robot será mediante dos baterías de 12 voltios cada una, con una duración de 1 hora utilizada al máximo con la cual el robot podrá realizar sus actividades correspondientes.

La aplicación a cumplir será la manipulación de explosivos de un grosor no máximo a los 5 centímetros y con un peso de 120 gramos, removiéndolos a un lugar seguro y alejando el explosivo, del peligro a las personas que se encuentran alrededor, además al contar el robot con una cámara, la persona que lo manipule podrá visualizar en el video si existen personas atrapadas en lugares en donde el robot tenga acceso, lo cual resolverá el problema de emplear personal humano en tareas peligrosas que le confieren a la Policía Nacional del Ecuador del Comando Provincial Tungurahua Numero 9, ya que este robot es un prototipo del cual la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato podrá usar a su conveniencia en futuras investigaciones y adecuaciones del mismo.

## 1.6. Objetivos

### 1.6.1. Objetivo General

Diseñar y Construir un robot para la manipulación de explosivos.

### 1.6.2. Objetivos Específicos

- Determinarlas referentes teóricas que respalden el desarrollo de un robot para la manipulación de explosivos.

- Diseñar una metodología que permita determinar los requisitos y características necesarias para el diseño de un robot de manipulación de explosivos.

- Construir un robot para la manipulación de explosivos.

## 1.7. Metodología del trabajo

La previa investigación se la realizará de una manera explorativa ya que la manipulación de un robot corresponde usar datos que en el medio casi no se los utiliza como por ejemplo robots para manipulación de explosivos, por lo tanto se ha visto necesario aplicar una práctica al tema de estudio.

### 1.7.1. Procedimiento a seguirse para lograr los objetivos

La información que se utilizará y será en base a técnicas para la implementación y creación de robots manipuladores y móviles, de acuerdo a la investigación que se realice en el laboratorio de Electrología y en libros que proporciona la PUCESA, así como también en páginas Web en Internet.

El Método de investigación general utilizado será analítico ya que el reciente proyecto tiene como fin investigar en un nuevo campo de la tecnología robótica y

un método investigativo particular descriptivo ya que el mismo constará de una expresión gráfica y representativa.

## 1.8. Justificación

Se ha incursionado en un tipo de investigación para poder contribuir con la Policía Nacional y Bomberos, a construir un aparto robótico novedoso y de ayuda para la manipulación de explosivos y la búsqueda de personas en lugares difíciles de acceder a las personas y fácil para este prototipo de robot, ya que hoy en día la seguridad por los seres humanos es vital y la sociedad está sometida a ataques de personas inescrupulosas que solo buscan la maldad para los seres vivos mediante la guerrilla y el terrorismo o desastres naturales, los mismos que asechan al país por conflictos ajenos o por el lugar geográfico donde se encuentra, por lo cual se ha visto la elección de construir y diseñar un robot que permitirá combatir con situaciones a las ya mencionadas. Aunque la Policía Nacional no tiene una necesidad específica, se cree que este robot podrá servir para la exploración de lugares donde se expendan explosivos o fuegos artificiales domésticos que resultan ser de gran peligro, ya que al tratarse de explosiones, podrían

provocar terribles accidentes, siendo el más común, las quemaduras de alto grado, ayudando así también a los bomberos de la ciudad a disminuir los accidentes y salvaguardar vidas humanas.

# CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

## 2. Fundamentación Teórica

### 2.1. Robótica

En el término robot confluyen las imágenes de máquinas para la realización de trabajos productivos de imitación de movimientos y comportamientos de seres vivos. Los robots actuales son obras de ingeniería y como tales concebidas para producir bienes y servicios o explorar recursos naturales. Desde esta perspectiva son maquinas con las que se continua una actividad que parte de los propios orígenes de la humanidad, y que desde el comienzo de la Edad Moderna se fundamenta esencialmente en conocimientos científicos.

En nuestro siglo el desarrollo de maquinas ha estado fuertemente influido por el progreso tecnológico. De esta forma se pasa de maquinas que tienen como objetivo exclusivo la ampliación de la potencia muscular del hombre, sustituyéndolo en su trabajo físico, a maquinas o instrumentos que son también capaces de procesar

información, complementando, o incluso sustituyendo, al hombre en algunas actividades intelectuales.

"Por otra parte, también desde la antigüedad, el hombre ha sentido fascinación por las maquinas que imitan la figura y los movimientos de seres animados. Existe una larga tradición de autómatas desde el mundo griego hasta nuestro siglo, pasando por autómatas de los artesanos franceses y suizos del siglo XVIII, que ya incorporaban interesantes dispositivos mecánicos para el control automático de movimientos". (Ollero, 2001)

"La robótica es una ciencia o rama de la tecnología, que estudia el diseño y construcción de máquinas capaces de desempeñar tareas realizadas por el ser humano o que requieren del uso de inteligencia. Las ciencias y tecnologías de las que deriva podrían ser: el álgebra, los autómatas programables, las máquinas de estados, la mecánica o la informática". (http://robotica.wordpress.com)

La mayoría de los expertos en Robótica afirmaría que es complicado dar una definición universalmente aceptada.

Las definiciones son tan dispares como se demuestra en la siguiente relación:

- “Ingenio mecánico controlado electrónicamente, capaz de moverse y ejecutar de forma automática acciones diversas, siguiendo un programa establecido.
- Máquina que en apariencia o comportamiento imita a las personas o a sus acciones como, por ejemplo, en el movimiento de sus extremidades
- Un robot es una máquina que hace algo automáticamente en respuesta a su entorno.
- Un robot es un puñado de motores controlados por un programa de ordenador.”(http://cfievalladolid2.net).

## 2.2. Reseña Histórica de la Robótica

**Tabla 2.1: Reseña Histórica de la Robótica**

| FECHAS | ACONTECIMIENTO |
|---|---|
| 1948 | Geortz desarrolla un manipulador maestro-esclavo de tipo mecánico. Aparece el concepto de teleoperación y sistemas teleoperados. |
| 1952 | El Instituto Tecnológico de Massachussets desarrolla una máquina prototipo de control numérico. |
| 1954 | George Devol diseña el primer robot programable al que él llamo "Dispositivo de transferencia articulada programado". |
| 1957 | Cyril Walter Kenward patenta un robot. |
| 1959 | Aparece el primer robot comercial, conocido como "Unimate". Este robot estaba controlado por interruptores de fin de carrera y levas, y fue creado a partir del diseño de George Devol por Joseph Engelberger. |
| 1962 | Un robot "Unimate" con transmisión hidráulica que utilizaba control numérico para el control del manipulador se instala en la fábrica de General Motors. |

| | |
|---|---|
| 1962 | H.A. Ernest publica el desarrollo de una mano mecánica, “MH-1”, controlada por sensores. |
| 1963 | La American Machine y FoundryCompany introducen el robot comercial “VERSATRAN”. |
| 1968 | El instituto de investigación de Standford desarrolla el robot móvil “Shakey”. Este robot estaba dotado de diversos tipos de sensores como cámaras de visión y sensores táctiles, era capaz de moverse y reconocer objetos. |
| 1970 | Lunokohod 1, un robot exploró la superficie lunar mediante control remoto desde la tierra. |
| 1971 | La Universidad de Standford crea un pequeño brazo robot con accionamiento eléctrico. |
| 1973 | El Instituto de investigación de Standford desarrolla el primer lenguaje de programación de robots textual, conocido como WAVE. |
| 1973 | Bolles y Paul, del Instituto de investigación Standford, utilizaron un brazo robot controlado por computador que usaba realimentación visual y de fuerza para el montaje en la industria del automóvil. |
| 1974 | Se desarrolla el lenguaje de robots AL. La fusión de ambos lenguajes WAVE + AL daría lugar al lenguaje comercial VAL. |
| 1974 | ASEA crea el robot IR6 de accionamiento completamente eléctrico. |

| | |
|---|---|
| 1974 | Kawasaki instala un robot para soldadura por arco para estructuras de motocicletas. |
| 1974 | Cincinnati Milacron crea robot T3 con control por computador. |
| 1975 | Will y Grossman en IBM desarrollaron un manipulador controlado por computador que usaba sensores de contacto y fuerza para realizar montajes mecánicos en maquinas de escribir. |
| 1976 | LA NASA hace uso en el espacio del primer brazo robot. |
| 1978 | Se introduce en robot PUMA (Maquina Universal Programable para el ensamblado) en tareas de montaje. |
| 1979 | La Universidad de Yamanashi en Japón desarrolla un robot de tipo SCARA destinado al montaje. |
| 1982 | IBM introduce el robot RS-1 para montaje. |
| 1985 | WASUBOT robot construido por la Universidad de Waseda, Tokio, Japón. El WASUBOT podía tocar un instrumento de teclado después de leer una partitura de música. |
| 1993 | El robot caminante MARV es desarrollado en la Universidad del Oeste de Inglaterra en Bristol. |
| 1996 | Honda Motor Co., Ltd. crea el robot humanoide P2 capaz de moverse de modo autónomo similar a un ser humano. El robot ASIMO resultó de la evolución de este prototipo. |

| | |
|---|---|
| 1997 | El robot MarsPathfinder desarrollado por la NASA explora y recoge muestras de la superficie de Marte. |
| 1999 | Sony Corporation construye el primer robot de entrenamiento AIBO ERS-110 que reproduce el comportamiento de un perro. |
| 2000 | FriendlyRobotics, compañía de robótica domestica, saca al mercado Robomow RL500, un cortacésped robótico completamente automático. |
| 2001 | iRobotCorporation construye un robot doméstico multiusos teleoperado mediante web. |
| 2001 | Construido por MD. Robotics, una empresa de Canadá, el sistema manipulador para la estación espacial, SSRMS, es lanzado al espacio para realizar tareas de ensamblaje en la estación espacial internacional. |

**Fuente:** Torres; Pomares; Fuentes, 2005

## 2.3. Leyes de la robótica

### 2.3.1. Origen

Las Tres Leyes de la Robótica de Asimov aparecen por primera vez en 1942.El autor busca situaciones contradictorias en las que la aplicación objetiva de las Tres Leyes se pone en interesantes dilemas filosóficos y morales que procuran salvaguardar la vida humana, las mismas que son:

- "Un robot no puede perjudicar a un ser humano, ni con su inacción permitir que un ser humano sufra daño.
- Un robot ha de obedecer las órdenes recibidas de un ser humano, excepto si tales órdenes entran en conflicto con la primera ley.
- Un robot debe proteger su propia existencia mientras tal protección no entre en conflicto con la primera o segunda ley". (http://es.scribd.com/doc/52738865/Intro-Robotica).

## 2.4. ¿Qué es un robot?

Un robot, es un manipulador reprogramable, multifuncional, con control automático que puede estar fijo en un sitio o moverse y que está diseñado para mover piezas, herramientas o dispositivos especiales, por medio de movimientos variables programados para la realización de diversas tareas o trabajos. En esta definición se atribuye a los robots ciertas características que merece la pena reseñar:

- "Reprogramable. Se trata de una máquina cuyas acciones están programadas, por tanto existen la posibilidad de cambiar el programa para modificar las funciones que realiza el robot sin necesidad de alterar sus mecanismos. Esta característica también resalta la importancia del papel que juegan los computadores y la informática en el campo de la Robótica.
- Multifuncional. Un robot se concibe para una aplicación concreta pero ello no elimina la posibilidad de emplearlo para distintas funciones, cada una de ellas con un programa de control predeterminado.

De hecho existen robots que permiten la adaptación de distintos tipos de herramientas en su muñeca dependiendo de la tarea que se le encomiende alrobot. Por ejemplo: herramienta de sujeción, corte, taladro, soldadura, etc.

- Control automático. Los robots son máquinas compuestas por subsistemas autorregulados constituyendo en su conjunto un sistema autorregulado más complejo. Por tanto constituyen la materialización del paradigma contemplado por la Cibernética". (Salido Tercero, 2009).

El Instituto de Robótica de América (RIA) usa una definición más amplia que la anterior. Un robot es un 'manipulador reprogramable y multifuncional diseñado para mover materiales, partes, herramientas o artefactos especializados a través de movimientos variables programados para la realización de una variedad de tareas'. "El Instituto de Robótica de América (RIA) subdivide a los robots en cuatro clases: los artefactos que manipulan objetos con control manual, los artefactos automáticos que manipulan objetos con ciclos predeterminados, los robots programables de autocontrol con trayectorias continuas de punto en punto y los robots

de este último tipo que también toman información del ambiente que los rodea y se mueven inteligentemente en respuesta".(http://linkmesh.com/robots/articulos/definiciones_de_los_robots)

## 2.5. Tipos de robot

Hay una amplia gama de robots cuya utilidad depende de las aplicaciones para las cuales fueron diseñados.

### 2.5.1. Robots estacionarios.

Agrupa los robots que permanecen en una ubicación espacial fija en la que realizan sus tareas. Poseen la limitación de desplazamiento impuesta por sus grados de libertad y los rangos de movimiento en cada uno de ellos.

"El campo de aplicación más amplio para los robots industriales está constituido por las tareas de manipulación de materiales. Por ello, a estos robots se denomina habitualmente manipuladores industriales.

Generalmente el accionamiento de las articulaciones de estos robots es eléctrico.

En la industria está muy extendido el uso de robots, siendo más frecuente en aplicaciones de manufactura donde se trabaja con series pequeñas de producción y por tanto se requiere gran capacidad de adaptación a las características de cada serie de fabricación.

La aplicación de los robots en la industria encuentra su justificación en la flexibilidad y productividad requerida en los procesos. Sin embargo, existen otros sectores donde no es preciso obtener elevada productividad y las tareas a realizar no son repetitivas. Entre estos cabe señalar sectores como la industria nuclear". (Salido Tercero, 2009)

### 2.5.2. Robots Móviles

Formada por los robots que se desplazan en su entorno de trabajo y por tanto cambian de posición y orientación en el mismo. En esta categoría se incluyen todos aquellos robots que poseen capacidad de desplazamiento y movilidad

en un entorno de dimensiones superiores a las del propio robot.

“Generalmente estos robots no permanecen por mucho tiempo en la misma posición ya que están diseñados para desplazarse en los mismos medios que lo hacen los vehículos diseñados por el ser humano. Por tanto pueden ser terrestres, aéreos y marinos.

Los vehículos guiados automáticamente, se emplean como plataformas móviles de transporte de materiales entre distintas células de trabajo dentro de una plana industrial de producción. La capacidad de carga de estos vehículos varía desde varios kilos a varias toneladas y sus aplicaciones son muy diversas.

Los robots móviles autónomos poseen capacidad de control autónomo, tomando decisiones sobre la marcha durante el curso de una misión. Dichas decisiones se adoptan teniendo en cuenta la información recogida por los sensores internos y externos del sistema que proporcionan respectivamente información del estado interno del robot y de su entorno”.(Salido Tercero, 2009)

### 2.5.3. Los vehículos de control remoto

Pueden ser clasificados dentro de la categoría de robots y se utilizan para movilizar herramientas o instrumentos en los sitios donde el hombre no puede acceder debido a las condiciones físicas o climáticas del lugar.

Los hay terrestres, submarinos, aéreos y espaciales, siendo éstos los más sofisticados.

Podemos citar como ejemplos los robots que se emplean para construir túneles, apagar incendios, los militares, los misiles teledirigidos, los vehículos espaciales teledirigidos o autónomos que permiten recorrer la superficie de un planeta o satélites, los que tienden cables submarinos, los que exploran el fondo del mar dirigidos desde un barco, etc.

### 2.5.4. Las prótesis para uso humano.

También pueden considerarse como robots, ya que reemplazan funciones en los miembros inferiores y superiores de los seres humanos.

Se han desarrollado verdaderas obras de arte en aparatos electromecánicos y electrónicos que realizan en forma parecida el trabajo de las manos con sus dedos y las piernas.

### 2.5.5. Los robots didácticos o experimentales.

Están dedicados a la enseñanza y aprendizaje de la robótica, y no cumplen una tarea específica como tal. Generalmente tienen la forma de un brazo mecánico que imita la forma humana o de los robots industriales. Básicamente podemos decir que hay dos tipos de robots didácticos: los estáticos, que van sobre una base fija, y los móviles, que van montados sobre una plataforma que se puede desplazar sobre una superficie lisa.

### 2.5.6. Los robots de juguete.

Son dispositivos generalmente fabricados en serie, y que imitan o inclusive cumplen algunas funciones similares a las de los robots didácticos o experimentales, y algunas veces se confunden con ellos. Hay algunos con forma de humanoides o de robots tipo vehículo a control remoto. Algunos tienen un control remoto, otros funcionan de forma autónoma y otros tienen una interface a una computadora.

### 2.5.7. Los robots de uso casero.

Son uno de los grandes sueños de la humanidad, ya que con ellos se espera lograr el ayudante perfecto para las tareas domésticas que tanto nos aburren a diario. Este tipo de robot debe tener libre movimiento, es decir no debe estar conectado a un control externo, y por lo tanto tiene su propio sistema de control. Podría pensarse en ellos para que limpien, nos preparen y sirvan alimentos, transporten objetos (la basura), etc. Este tipo de robot es uno de los más vistos en los filmes de ciencia ficción, y por ahora no hay noticias a nivel industrial y

comercial de alguno que nos pudiera ayudar a ser un poco más felices.

### 2.5.8. Otros tipos de robots

Evidentemente, que no se pueden clasificar en las categorías mencionadas, y que tienen diferentes aplicaciones, como las manos teledirigidas que sirven para trabajar con productos radioactivos o peligrosos, o las plataformas automatizadas para el manejo de mercancías en bodegas o libros en bibliotecas, etc.

La siguiente clasificación es "vista" desde el punto de vista del robot industrial como eje de la misma:

- Los Manipuladores.

Son sistemas mecánicos multifuncionales, con un sistema de control simple y se emplean en tareas sencillas y repetitivas.

Si el movimiento del robot es controlado directamente por el operador humano se dice que es un Manipulador Manual.

Si, en cambio, el proceso, preparado previamente, se repite de forma invariable se dice que es un Manipulador de Secuencia fija.

Y si se pueden alterar algunas de las características del ciclo de trabajo se dice que es de Manipulador de Secuencia variable.

- Un robot de repetición o aprendizaje

Es un manipulador que repite una secuencia de movimientos que fueron previamente ejecutados por un operador humano, haciendo uso de un dispositivo controlador manual.

En la actualidad es el que más se utiliza en la industria, y por el tipo de programación a que se hizo referencia, recibe el nombre de gestual. Si a un manipulador se lo controla desde una computadora, logramos lo que se denomina robot controlado por computadora. En este tipo de robot se precisa de un lenguaje de programación específico con el cual se desarrolla el programa al que responderá la máquina. Este lenguaje se compone de instrucciones a las que responde el robot, y el programa "corre" en la computadora. A este tipo de programación del robot se la llama textual, y obsérvese que no se necesita la intervención del manipulador en la primera instancia.

- Los robots inteligentes.

Son similares a los controlados por computadora, pero a diferencia de éstos, tienen la capacidad de relacionarse con el mundo real (el mundo que les rodea) a través de sensores apropiados y tomar decisiones adecuadas a las circunstancias en tiempo real.

Para fines educativos, de entrenamiento o investigación existen numerosos robots de formación o microrobots, cuya estructura general y funcionamiento son similares a los de un robot industrial.

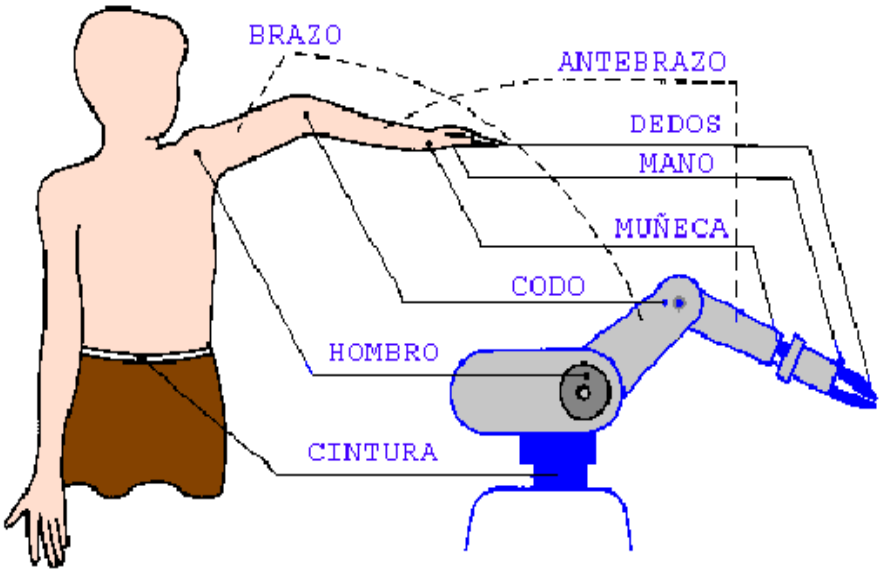
Algunos son autónomos y otros funcionan si están conectados a una computadora hogareña con su correspondiente software.

Su costo es accesible al usuario medio, y por ello se transforma en una herramienta valiosa para los que se quieran iniciar en la robótica.

## 2.6. ¿Qué es un Brazo Electromecánico?

### 2.6.1. El brazo o manipulador.

**Imagen 2.1: Similitud brazo robótico con el brazo humano**




**Fuente:** Revista de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación, 2008.

La estructura mecánica del manipulador puede ser tan variada como los fabricantes que las hacen. Pero generalmente se pueden distinguir cuatro partes principales en el manipulador: el pedestal, el cuerpo, el brazo y el antebrazo.

Las articulaciones entre las distintas partes rígidas del brazo pueden ser giratorias (como las del brazo humano) o

deslizantes (si hay traslación de las partes). El número de elementos del brazo y sus articulaciones determinan una característica propia de cada robot. Al número de movimientos espaciales independientes entre sí se le denomina *grados de libertad*.

Son sistemas mecánicos multifuncionales, con un sencillo sistema de control, que permite gobernar el movimiento de sus elementos, de los siguientes modos:

- Manual: Cuando el operario controla directamente la tarea del manipulador.
- De secuencia fija: cuando se repite, de forma invariable, el proceso de trabajo preparado previamente.
- De secuencia variable: Se pueden alterar algunas características de los ciclos de trabajo.

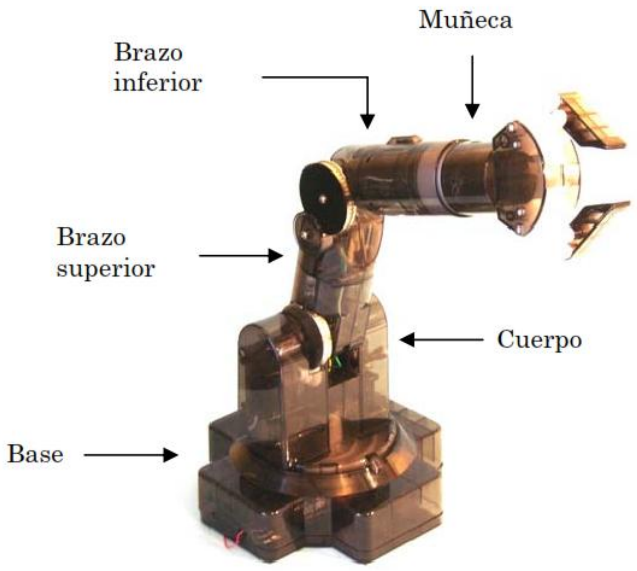
Existen muchas operaciones básicas que pueden ser realizadas óptimamente mediante manipuladores, por lo que se debe considerar seriamente el empleo de estos dispositivos, cuando las funciones de trabajo sean sencillas y repetitivas.

### 2.6.2. Grados de libertad

Los robots consisten en un conjunto de eslabones conectados mediante articulaciones que permiten el movimiento relativo entre eslabones adyacentes. En el caso de los robots industriales el número de grados de libertad suele equivaler al número de articulaciones siempre y cuando cada articulación tenga un solo grado de libertad. Cada uno de los movimientos independientes que puede realizar cada articulación con respecto a la anterior, se denomina grado de libertad (GDL).

El número de GDL del robot viene dado por la suma de los grados de libertad de las articulaciones que lo componen. Puesto que mayoritariamente se utilizan las articulaciones de rotación y prismática, con un solo GDL cada una, el número de GDL del robot suele coincidir con el número de articulaciones de que se compone.

**Imagen 2.2:Brazo Mecánico OWI-007**




## 2.7. Locomoción

Los robots pueden emplear los mismos medios de locomoción que cualquier vehículo construido por el hombre: aéreo, terrestre o marino.

### 2.7.1. Locomoción mediante patas.

La forma de locomoción terrestre predominante en la naturaleza es el empleo de patas. Las patas proporcionan gran maniobrabilidad de alcanzar grandes velocidades y posibilidad de desplazamiento en terrenos irregulares

permitiendo sortear grandes obstáculos. Además poseen alta eficacia energética.

En las aplicaciones de robótica se recurre al desplazamiento por patas en terrenos muy escarpados. Los aspectos más complejos cuando se utilizan patas son los referidos al control, ya que el número de actuadores empleados, interesa reducir el número de patas del robot. Sin embargo, la construcción de robots con un número de patas muy pequeño, da lugar a problemas de estabilidad estática del robot. Para conseguir un apoyo estable sobre el suelo en todo instante se precisa, al menos, tres patas apoyadas simultáneamente sobre el terreno. Por tanto, la condición de estabilidad estática de un robot con patas es que la proyección sobre la vertical de su centro de gravedad esté contenida en el interior del triangulo cuyos vértices son los puntos de contacto de las patas con el suelo.

### 2.7.2. Giros y traslaciones en múltiples direcciones

Nuevamente depende del tipo de robot. El hacer que un robot ápodo pueda desplazarse por un plano es más complejo que en un robot con ruedas.

### 2.7.3. Locomoción mediante ruedas

"Que el robot sepa qué camino elegir para llegar a un determinado lugar. A pesar de que las ruedas, como tales, no existen como medio de transporte en la naturaleza, gracias a ellas el hombre ha conseguido desplazarse largas distancias y mecanizar tareas que anteriormente no estaban a su alcance". (Salido Tercero, 2009)

Los vehículos de ruedas son, con mucho, los más populares por varias razones prácticas. Los robots con ruedas son más sencillos y más fáciles de construir, la carga que pueden transportar es mayor, relativamente. A esto podemos añadir el que se pueden transformar vehículos de ruedas de radio control para usarlos como bases de robots.

La principal desventaja de las ruedas es su empleo en terreno irregular, en el que se comportan bastante mal. Normalmente un vehículo de ruedas podrá sobrepasar un obstáculo que tenga una altura no superior al radio de sus ruedas, entonces una solución es utilizar ruedas mayores que los posibles obstáculos a superar; sin embargo, esta solución, a veces, puede no ser práctica.

Existen varios diseños de ruedas para elegir cuando se quiere construir una plataforma móvil sobre ruedas: diferencial, sincronizada, triciclo y de coche.

- Diferencial

Tanto desde el punto de vista de la programación como de la construcción, el diseño diferencial es uno de los menos complicados sistemas de locomoción. El robot puede ir recto, girar sobre sí mismo y trazar curvas.

Un problema importante es cómo resolver el equilibrio del robot, hay que buscarle un apoyo adicional a las dos ruedas ya existentes, esto se consigue mediante una o dos ruedas de apoyo añadidas en un diseño triangular o romboidal. El diseño triangular puede no ser suficiente dependiendo de la distribución de pesos del robot, y el

romboidal puede provocar inadaptación al terreno si éste es irregular, lo que puede exigir alguna clase de suspensión. Otra consideración a hacer en este diseño es cómo conseguir que el robot se mueva recto, para que el robot se mueva en línea recta sus ruedas tienen que girar a la misma velocidad. Cuando los motores encuentran diferentes resistencias (una rueda sobre moqueta y la otra sobre terrazo) las velocidades de los motores varían y el robot girará incluso aún cuando se le haya ajustado inicialmente para que vaya recto.

Esto quiere decir que la velocidad debe ser controlada dinámicamente, o sea, debe existir un medio de monitorizar y cambiar la velocidad del motor mientras el robot avanza. De esta manera la simplicidad del diseño queda minimizada por la complejidad del sistema de control de la velocidad; no obstante la reducción de la complejidad mecánica en detrimento de la complejidad de la electrónica y del software es frecuentemente una elección más barata y fiable.

- Diseño sincronizado

En este diseño todas las ruedas (generalmente tres) son tanto de dirección como motrices, las ruedas están enclavadas de tal forma que siempre apuntan en la misma dirección. Para cambiar de dirección el robot gira simultáneamente todas sus ruedas alrededor de un eje vertical, de modo que la dirección del robot cambia, pero su chasis sigue apuntando en la misma dirección que tenía. Si el robot tiene una parte delantera (es asimétrico) presumiblemente donde se concentran sus sensores, se tendrá que arbitrar un procedimiento para que su cuerpo se oriente en la misma dirección que sus ruedas. El diseño sincronizado supera muchas de las dificultades que plantean el diseño diferencial, en triciclo y de coche, pero a costa de una mayor complejidad mecánica.

- Diseño de triciclo y coche

El diseño de coche con sus cuatro ruedas con suspensión proporciona una buena estabilidad, el diseño en triciclo tiene unas prestaciones similares con la ventaja de ser mecánicamente más simple ya que el coche necesita alguna unión entre las ruedas direccionales. En general en estos dos diseños las ruedas direccionales no son motrices, y

no es necesario controlar la velocidad de las ruedas para que el robot se mantenga recto". (Yadun Torres, 2001)

### 2.7.4. Locomoción mediante orugas

En terrenos abruptos, muy deslizantes o con grandes obstáculos, los sistemas basados en orugas son más convenientes que los basados en ruedas. Con las orugas se consigue una mayor fuerza de tracción en el terreno, manteniendo la misma sencillez mecánica y de control que en los sistemas basados en ruedas.

"Los sistemas de locomoción basados en orugas emplean cadenas de tracción que pueden girar independientemente, de modo que el cambio de dirección se consigue mediante variación de las velocidades relativas de las cadenas.

La principal desventaja de este sistema de locomoción es su reducida energética ya que se pierde mucha energía por rozamiento". (Salido Tercero, 2009)

## 2.8. Robots Móviles

Hoy en día la robótica como herramienta educacional y de investigación poco a poco va ganando terreno en el ámbito académico, evidenciándose sobre todo en países desarrollados. Los robots tanto en la industria como en nuestra vida diaria han pasado a formar parte de nuestra cotidianeidad, nos demos cuenta o no. Existen robots y maquinas automatizadas en mucho lugares facilitando el trabajo diario, van desde cajeros automáticos hasta brazos robots utilizados para ensamblaje y pintura en la industria electrónica y automotriz. Este trabajo no pretende clasificar todas las clases de robots existentes, sino centrarse en robots móviles utilizados para la investigación robótica. El desarrollo de robots móviles responde a la necesidad de extender el campo de aplicaciones de Robótica, restringido inicialmente al alcance de una estructura mecánica anclada en uno de sus extremos.

Se trata también de incrementar la autonomía limitando todo lo posible la intervención humana. Desde el punto de vista de la autonomía, robots móviles tienen como precedentes los dispositivos electromecánicos, tales como

los denominados “micro-mouse”, creados desde los años treinta para desarrollar funciones inteligentes tales como descubrir caminos en laberintos. En los años setenta se vuelve a trabajar en el desarrollo de robots móviles dotados de una mayor autonomía. La mayor parte de las experiencias se desarrollan empleando plataformas que soportan sistemas de visión (Moravec, 1981). En los años ochenta el incremento espectacular de la capacidad computacional y el desarrollo de nuevos sensores, mecanismos y sistemas de control, permiten aumentar la autonomía. En esta década cabe mencionar desarrollos de robots móviles, tanto para interiores como para navegación exterior (Bares y otros, 1988; Thorpe 1990).La autonomía de un robot móvil se basa en el sistema de navegación automática. En estos sistemas se incluyen tareas de planificación, percepción y control. En robots móviles, el problema de la planificación, en el caso más general, puede descomponerse en planificación global de la misión, de la ruta, de la trayectoria y, finalmente, evitar obstáculos no esperados.

“En un robot para interiores, la misión podría consistir en determinar a qué habitación hay que desplazarse, mientras que la ruta establecería el camino desde la posición inicial a una posición en la habitación,

definiendo puntos intermedios de paso. Existen numerosos métodos de planificación de caminos para robots móviles que se basan en hipótesis simplificadoras como por ejemplo en el entorno conocido y estático, robots omnidireccionales, con movimiento lento y ejecución perfecta de trayectoria. La planificación de la trayectoria se puede realizar de forma dinámica, considerando la posición actual del vehículo y los puntos intermedios de paso definidos en la planificación de la ruta. La trayectoria se corrige debido a acontecimientos no considerados. La definición de la trayectoria debe tener en cuenta las características cinemáticas del vehículo. Además de geométricas y cinemáticas, puede ser necesario tener en cuenta modelos dinámicos de comportamiento del vehículo contemplando la interacción vehículo-terreno. Una vez realizada la planificación de la trayectoria, es necesario planificar movimientos concretos y controlar dichos movimientos para mantener al vehículo en la trayectoria planificada". (Balich, 2004)

## 2.9. Mecanismos y Configuración para Robots

"Los robots manipuladores, son esenciales, brazos articulados. De formas precisa, un brazo electrónico

manipulador es una cadena cinemática abierta formada por un conjunto de eslabones o elementos de la cadena interrelacionados mediante articulaciones o pares cinemáticas". (Asociación Mexicana de Mecatrónica A.C., 2011)

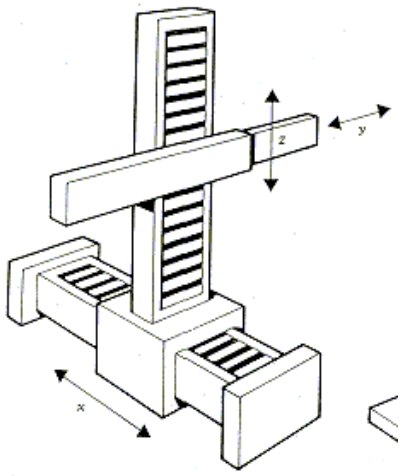
Cuando se habla de la configuración de un robot, se habla de la forma física que se le ha dado al brazo del robot. Existen diferentes tipos de articulaciones. La articulación de rotación suministra un grado de libertad consistente en una rotación alrededor del eje de la articulación. Esta articulación es, con diferencia, la más empleada. La articulación prismática, el grado de libertad consiste en una traslación a lo largo del eje de la articulación. El brazo del manipulador puede presentar cuatro configuraciones clásicas: la cartesiana, la cilíndrica, la polar y la angular.

### 2.9.1. Configuración cartesiana

Posee tres movimientos lineales, es decir, tiene tres grados de libertad, los cuales corresponden a los movimientos localizados en los ejes X, Y y Z. Los

movimientos que realiza este robot entre un punto y otro son con base en interpolaciones lineales. Interpolación, en este caso, significa el tipo de trayectoria que realiza el manipulador cuando se desplaza entre un punto y otro. A la trayectoria realizada en línea recta se le conoce como interpolación lineal y a la trayectoria hecha de acuerdo con el tipo de movimientos que tienen sus articulaciones se le llama interpolación por articulación.

**Imagen 2.3: Configuración Cartesiana**



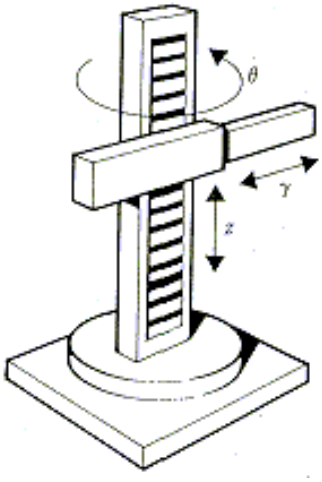

Fuente: http://roboticaindustrial2009.blogspot.com

### 2.9.2. Configuración cilíndrica

Puede realizar dos movimientos lineales y uno rotacional, o sea, que presenta tres grados de libertad. El robot de configuración cilíndrica está diseñado para ejecutar los

movimientos conocidos como interpolación lineal e interpolación por articulación. La interpolación por articulación se lleva a cabo por medio de la primera articulación, ya que ésta puede realizar un movimiento rotacional.

**Imagen 2.4: Configuración cilíndrica**

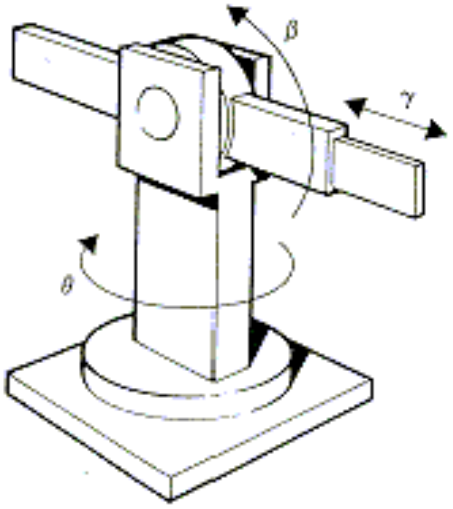



**Fuente:** http://roboticaindustrial2009.blogspot.com

### 2.9.3. Configuración polar

Tiene varias articulaciones. Cada una de ellas puede realizar un movimiento distinto: rotacional, angular y lineal. Este robot utiliza la interpolación por articulación para moverse en sus dos primeras articulaciones y la interpolación lineal para la extensión y retracción.

**Imagen 2.5: Configuración Polar**

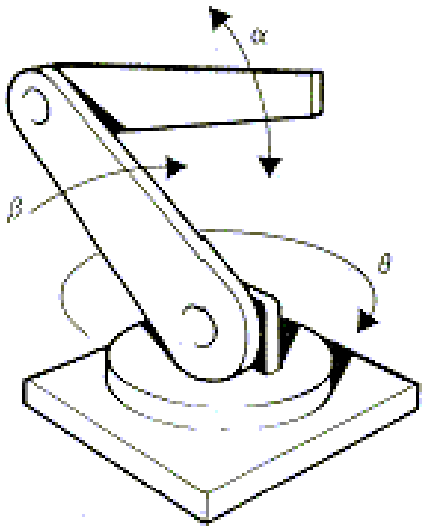



Fuente: http://roboticaindustrial2009.blogspot.com

### 2.9.4. Configuración angular (brazo articulado)

Presenta una articulación con movimiento rotacional y dos angulares. Aunque el brazo articulado puede realizar el movimiento llamado interpolación lineal (para lo cual requiere mover simultáneamente dos o tres de sus articulaciones), el movimiento natural es el de interpolación por articulación, tanto rotacional como angular.

**Imagen 2.6: Configuración Angular**




Fuente: http://roboticaindustrial2009.blogspot.com

Además de las cuatro configuraciones clásicas mencionadas, existen otras configuraciones llamadas no clásicas. Este brazo puede realizar movimientos horizontales de mayor alcance debido a sus dos articulaciones rotacionales. (Ollero, 2001)

## 2.10. Modelado y Control

El modelado y el control son puntos de interés tanto en robots manipuladores como en robots móviles. La mayor parte de los robots manipuladores son brazos articulados y tradicionalmente se modelan, desde el punto de vista Cinemático, con matrices de transformación homogénea entre sistemas de coordenadas. Un robot móvil se define

como un sistema electromecánico capaz de desplazarse en forma autónoma de un punto a otro en un determinado espacio de trabajo. Se entiende como autonomía de un robot móvil, al dominio que tiene este para determinar su curso de acción, mediante su propio proceso de razonamiento, en lugar de seguir una secuencia fija de instrucciones. En la mayoría de los casos su control se lleva a cabo en lazo cerrado.

Adicionalmente, el control de las ruedas es menos complejo que la actuación de las patas o de las orugas, además de que causan menor desgaste de la superficie en comparación con las bandas de las orugas. Un aspecto importante es que los modelos cinemáticos dependen de los ángulos de las ruedas con articulación de dirección, por lo que hay valores especiales de estos ángulos para los que se produce la singularidad del modelo, que implica deslizamiento o pérdida de movilidad en el vehículo.

## 2.11. Modelado del Entorno

A la etapa intermedia entre la adquisición de datos relativos al entorno, donde el robot va a evolucionar, y la explotación de esos datos para su utilización práctica, es lo que se denomina modelado del entorno.

Esta construcción del modelado permitirá al robot localizarse o interaccionar con el entorno, ya que su tarea será la manipulación. Como el caso de los seres humanos cuando llegan a una ciudad por primera vez, o a un edificio, los robots necesitan un mapa que pueda ser físico, mental o monitoreado mediante una cámara.

Podemos hablar de tres niveles diferentes desde el punto de vista de las necesidades y restricciones del sistema:

- Nivel Geométrico.

Contiene una representación geométrica de la superficie del terreno o de ciertas partes del mismo. Se considera como la representación básica del entorno.

- Nivel Topológico.

Hace una descomposición del espacio de evolución del robot a partir de la noción del lugar, y proporciona las relaciones de conectividad entre lugares, en general bajo la forma de un grafo.

- Nivel Semántico.

Contiene información de acuerdo con las propiedades más abstractas. En este nivel se hace un etiquetado o nombrado de las diferentes partes del entorno (matorral, roca, etc.). Debe establecerse una base de conocimiento a priori, a partir de un conjunto de atributos, con el fin de poder clasificar o reconocer entidades percibidas.

Esta clasificación tradicional ha sido utilizada para trabajos en entornos interiores. En el caso de entornos exteriores la clasificación se hace más compleja, ya que, en general, el robot va a interaccionar con entornos no estructurados. Los modelos geométricos y topológicos tienen sus ventajas e inconvenientes. Los modelos geométricos son fáciles de construir, y permiten realizar cálculos de forma simple para obtener la trayectoria más interesante. Sin embargo, suelen ser modelos muy

voluminosos, que consumen muchos recursos de memoria. Por el contrario, los mapas topológicos tienen una representación en el espacio mucho más compacta, pudiendo estructurarse fácilmente en modelos jerárquicos sencillos de manipular, pero su problema fundamental es la extracción de las características topológicas que representarán el modelo.

### 2.11.1. Modelado Cinemático de las Ruedas.

Para un robot con ruedas el cálculo de la cinemática, se centra en el estudio del movimiento del robot en función de su geometría. Entre las aplicaciones inmediatas se encuentran la posibilidad de utilizarlo como modelo matemático de partida para el diseño del controlador, la simulación del comportamiento Cinemático del vehículo, o para establecer las ecuaciones de los cálculos odométricos. Normalmente, se consideran las siguientes limitaciones para la construcción del modelo Cinemático:

- El robot se mueve sobre una superficie plana.
- No existen elementos flexibles en la estructura del robot (incluidas las ruedas).

- Las ruedas poseen uno o ningún eje de direccionamiento, de manera que este último siempre es perpendicular al suelo.
- No se consideran ningún tipo de fricciones en elementos móviles del vehículo, o contra el suelo.
- El comportamiento Cinemático se establece en el principio de que las ruedas en contacto con el suelo se comportan como una articulación plana de tres grados de libertad.
- La rueda omnidireccional se define como una rueda estándar a la cual se la dotado de una corona de rodillos, cuyos ejes de giro resultan perpendiculares a la dirección normal de avance. De este modo, al aplicarle una fuerza lateral, los rodillos giran sobre sí mismo y permite que la componente *Vx*no sea nulo, y por tanto, se elimina la restricción de no holomicidad.

## 2.12. Modelado Cinemático del Brazo Mecánico

La cinemática es la ciencia del movimiento que trata a éste sin importarle las fuerzas que lo causan. Dentro de la cinemática se estudia la posición, la velocidad, aceleración y todas las derivadas de las variables de

posición de mayor orden con respecto al tiempo o cualquier otra variable. El estudio de la cinemática de los manipuladores se refiere a todas las propiedades geométricas y basadas en el tiempo del movimiento.

Los robots consisten en un conjunto de eslabones conectados mediante articulaciones que permiten el movimiento relativo entre los eslabones vecinos. El número de grados de libertad que un robot posee es el número de variables de posición independientes que deberían ser especificadas para localizar todas las partes del mecanismo. En el caso de los robots industriales el número de grados de libertad suele equivaler al número de articulaciones siempre y cuando cada articulación tenga un solo grado de libertad. Al final de la cadena de eslabones del robot se encuentra el órgano terminal.

La cinemática del brazo del robot trata con el estudio analítico de la geometría del movimiento de un brazo de robot con respecto a un sistema de coordenadas de referencia fijo sin considerar las fuerzas o momentos que originan el movimiento. Así, la cinemática se interesa por la descripción analítica del desplazamiento espacial del robot como una función del tiempo, en particular de

las relaciones entre la posición de las variables de articulación y la posición y orientación del efecto final del brazo del robot.

Hay dos problemas fundamentales en la cinemática del robot. El primer problema se suele conocer como el problema Cinemático directo, mientras que el segundo es el problema Cinemático inverso. Como las variables independientes en un robot son las variables de articulación, y una tarea se suele dar en términos del sistema de coordenadas de referencia, se utiliza de manera más frecuente el problema Cinemático inverso. Denavit y Hartenberg en 1955 propusieron un enfoque sistemático y generalizado de utilizar álgebra matricial para describir y representar la geometría espacial de los elementos del brazo del robot con respecto a un sistema de referencia fijo.

Este método utiliza una matriz de transformación homogénea 4 x 4 para describir la relación espacial entre dos elementos mecánicos rígidos adyacentes y reduce el problema Cinemático directo a encontrar una matriz de transformación homogénea 4 x 4 que relaciona el desplazamiento espacial del sistema de coordenadas de la mano al sistema de coordenadas de referencia. Estas

matrices de transformación homogéneas son también útiles en derivar las ecuaciones dinámicas de movimiento del brazo del robot. En general, el problema Cinemático inverso se puede resolver mediante algunas técnicas. Los métodos utilizados más comúnmente son el algebraico matricial, iterativo o geométrico.

La dinámica del robot, por otra parte, trata con la formulación matemática de las ecuaciones del movimiento de un manipulador son un conjunto de ecuaciones matemáticas que describen la conducta dinámica del manipulador. Tales ecuaciones de movimiento son útiles para simulación en ordenadores del movimiento del brazo, el diseño de ecuaciones de control apropiadas para el robot y la evaluación del diseño y estructura cinemática del robot. El modelo dinámico real de un brazo se puede obtener de leyes físicas conocidas tales como las leyes de Newton y la mecánica Lagrangiana.

Esto conduce al desarrollo de las ecuaciones dinámicas de movimiento para las distintas articulaciones del manipulador en términos de los parámetros geométricos e inerciales especificados para los distintos elementos. Se pueden aplicar sistemáticamente enfoques convencionales

como las formulaciones de Lagrange-Euler[1] y de Newton-Euler[2] para desarrollar las ecuaciones de movimientos del robot. La cinemática del brazo del robot trata con el estudio analítico de la geometría del movimiento de un brazo de robot con respecto a un sistema de coordenadas de referencia fijo sin considerar las fuerzas o momentos que originan el movimiento. Así, la cinemática se interesa por la descripción analítica del desplazamiento espacial del robot como una función del tiempo, en particular de las relaciones entre la posición de las variables de articulación y la posición y orientación del efecto final del brazo del robot.

## 2.13. Control por Computadoras

"Son manipuladores o sistemas mecánicos multifuncionales, controlados por un computador, que habitualmente suele ser un microordenador. En este tipo de robots, el programador no necesita mover realmente el elemento de la maquina, cuando la prepara para realizar un trabajo. El

[1] **Euler-Lagrange** son las condiciones bajo las cuales cierto tipo de problema variacional alcanza un extremo. Aparecen sobre todo en el contexto de la mecánica clásica en relación con el principio de mínima acción aunque también aparecen en teoría clásica de campos

[2] Las ecuaciones **de Newton-Euler** describir la dinámica combinación de traslación y de rotación de un cuerpo rígido. Con respecto a un sistema de coordenadas cuyo origen coincide con el centro del cuerpo de la masa, que pueden ser expresado en forma matricial

control por computador dispone de un lenguaje específico, compuesto por varias instrucciones adaptadas al robot, con las que se puede confeccionar un programa de aplicación utilizando solo el terminal del computador, no el brazo. A esta programación se le denomina textual y se crea sin la intervención del manipulador. Las grandes ventajas que ofrecen este tipo de robots, hacen que se vayan imponiendo en el mercado rápidamente, lo que exige la preparación urgente de personal calificado, capaz de desarrollar programas similares a los de tipo informático". (http://cfievalladolid2.net)

El control para MANIXBEE 1.0 se realizo en Visual Basic 6.0 teniendo así en cuenta la programación del brazo mecánico y los movimientos respectivos de las llantas que permiten el desplazamiento, así como también el control de la cámara IP mediante el programa ya destinado en su instalación (ANEXO 1).

## 2.14. Los Microcontroladores.

Es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes de un computador. Se emplea para

controlar el funcionamiento de una tarea determinada y, debido a su reducido tamaño, suele ir incorporado en el propio dispositivo al que gobierna. Esta última característica es la que le confiere la denominación de "controlador incrustado" (embeddedcontroller).

El microcontrolador es un computador dedicado. En su memoria sólo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada; sus líneas de entrada/salida soportan el conexionado de los sensores y actuadores del dispositivo a controlar, y todos los recursos complementarios disponibles tienen como única finalidad atender sus requerimientos. Una vez programado y configurado el microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada. Un microcontrolador es un computador completo, aunque de limitadas prestaciones, que está contenido en el chip de un circuito integrado y se destina a gobernar una sola tarea. (M. Angulo e I. Angulo, 1999)

### 2.14.1. Diferencia entre Microprocesador y Microcontrolador.

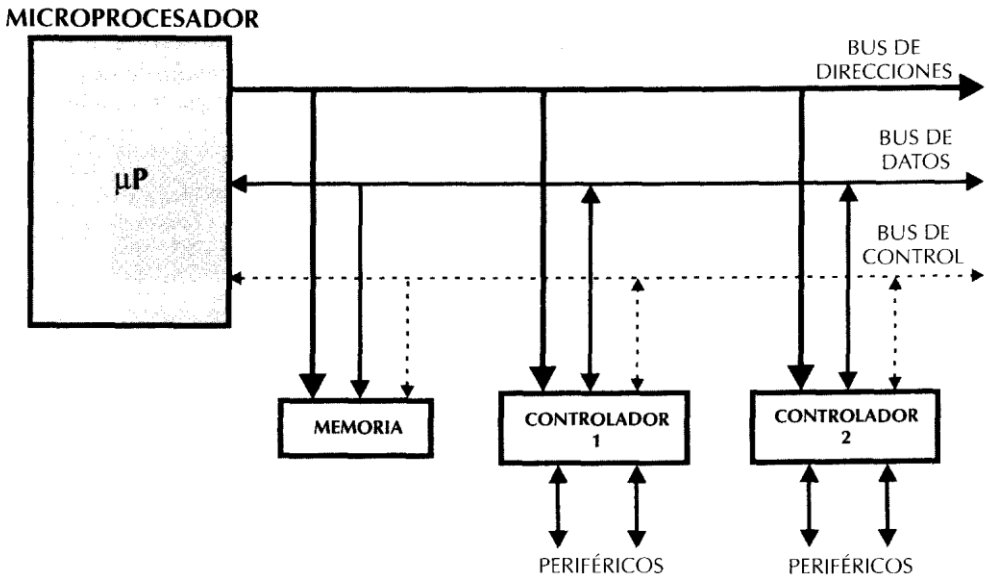
El microprocesador es un circuito integrado que contiene la Unidad Central de Proceso (UCP), también llamada procesador, de un computador. La UCP está formada por la Unidad de Control, que interpreta las instrucciones, y el Camino de Datos, que las ejecuta.

Las patitas de un microprocesador sacan al exterior las líneas de sus buses de direcciones, datos y control, para permitir conectarle con la Memoria y los Módulos de E/S y configurar un computador implementado por varios circuitos integrados. Se dice que un microprocesador es un sistema abierto porque su configuración es variable de acuerdo con la aplicación a la que se destine.

Un microprocesador es un sistema abierto con el que puede construirse un computador con las características que se desee, acoplándole los módulos necesarios.

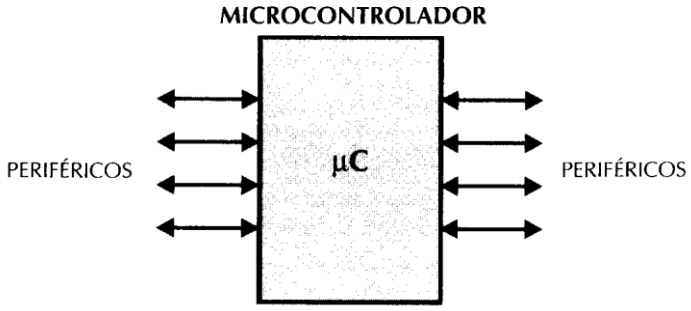
Un microcontrolador es un sistema cerrado que contiene un computador completo y de prestaciones limitadas que no se pueden modificar.

**Imagen 2.7: Estructura de un sistema abierto basado en un microprocesador**




**Fuente:** M. Angulo e I. Angulo, 1999

**Imagen 2.8: El microcontrolador en un sistema cerrado**




**Fuente:** M. Angulo e I. Angulo, 1999

Un microcontrolador es un circuito integrado de alta escala de integración que incorpora la mayor parte de los elementos que configuran un controlador.

Un microcontrolador dispone normalmente de los siguientes componentes:

- Procesador o UCP (Unidad Central de Proceso).
- Memoria RAM para Contener los datos.
- Memoria para el programa tipo ROM/PROM/EPROM.
- Líneas de E/S para comunicarse con el exterior.
- Diversos módulos para el control de periféricos (temporizadores, Puertas Serie y Paralelo, CAD: Conversores Analógico/Digital, CDA: Conversores Digital/Analógico, etc.).
- Generador de impulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.

### 2.14.2. PIC 18F4550

Los PIC son una familia de Microcontroladores tipo RISC fabricados por Microchip Technology Inc. y derivados del PIC1650, originalmente desarrollado por la división de microelectrónica de General Instrument.

El nombre actual no es un acrónimo. En realidad, el nombre completo es PICmicro, aunque generalmente se utiliza como *PeripheralInterface Controller* (controlador de interfaz periférico).

El PIC original se diseñó para ser usado con la nueva CPU de 16 bits CP16000. Siendo en general una buena CPU, ésta tenía malas prestaciones de entrada y salida, y el PIC de 8 bits se desarrolló en 1975 para mejorar el rendimiento del sistema quitando peso de E/S a la CPU. El PIC utilizaba microcódigo simple almacenado en ROM para realizar estas tareas; y aunque el término no se usaba por aquel entonces, se trata de un diseño RISC que ejecuta una instrucción cada 4 ciclos del oscilador.

El Micro controlador PIC18F4550 dispone de las siguientes memorias:

**2.14.2.1. Memoria de programa**

- Memoria flash interna de 32.768 bytes
- Almacena instrucciones y constantes/datos
- Puede ser escrita/leída mediante un programador externo o durante la ejecución programa mediante unos punteros.

#### 2.14.2.2. Memoria RAM de datos

El microcontrolador está diseñado para que en su memoria de programa se almacenen todas las instrucciones del programa de control. No hay posibilidad de utilizar memorias externas de ampliación. Como el programa a ejecutar siempre es el mismo, debe estar grabado de forma permanente. Los tipos de memoria adecuados para soportar esta función admiten cinco versiones diferentes:

- ROM con máscara

En este tipo de memoria el programa se graba en el chip durante el proceso de su fabricación mediante el uso de «máscaras». Los altos costes de diseño e instrumental sólo aconsejan usar este tipo de memoria cuando se precisan series muy grandes.

- EPROM

La grabación de esta memoria se realiza mediante un dispositivo físico gobernado desde un computador personal, que recibe el nombre de grabador. En la superficie de la cápsula del microcontrolador existe una ventana de cristal por la que se puede someter al chip de

la memoria a rayos ultravioletas para producir su borrado y emplearla nuevamente.

Es interesante la memoria EPROM en la fase de diseño y depuración de los programas, pero su coste unitario es elevado.

- OTP (Programable una vez)

Este modelo de memoria sólo se puede grabar una vez por parte del usuario, utilizando el mismo procedimiento que con la memoria EPROM. Posteriormente no se puede borrar. Su bajo precio y la sencillez de la grabación aconsejan este tipo de memoria para prototipos finales y series de producción cortas.

- EEPROM

La grabación es similar a las memorias OTP y EPROM, pero el borrado es mucho más sencillo al poderse efectuar de la misma forma que el grabado, o sea, eléctricamente. Sobre el mismo zócalo del grabador puede ser programada y borrada tantas veces como se quiera, lo cual la hace ideal en la enseñanza y en la creación de nuevos proyectos.

- FLASH

Se trata de una memoria no volátil, de bajo consumo, que se puede escribir y borrar en circuito al igual que las EEPROM, pero suelen disponer de mayor capacidad que estas últimas. El borrado sólo es posible con bloques completos y no se puede realizar sobre posiciones concretas.

En las FLASH se garantizan 1.000 ciclos de escritura-borrado. Son muy recomendables en aplicaciones en las que sea necesario modificar el programa a lo largo de la vida del producto, como consecuencia del desgaste o cambios de piezas, como sucede con los vehículos. Por sus mejores prestaciones está sustituyendo a la memoria EEPROM para contener instrucciones. De esta forma Microchip comercializa dos Microcontroladores prácticamente iguales, que sólo se diferencian en que la memoria de programa de uno de ellos es tipo EEPROM y la del otro tipo Flash.

### 2.14.2.3. Memoria de configuración

Memoria en la que se incluyen los bits de configuración (12 bytes de memoria flash) y los registros de identificación (2bytes de memoria de solo lectura).

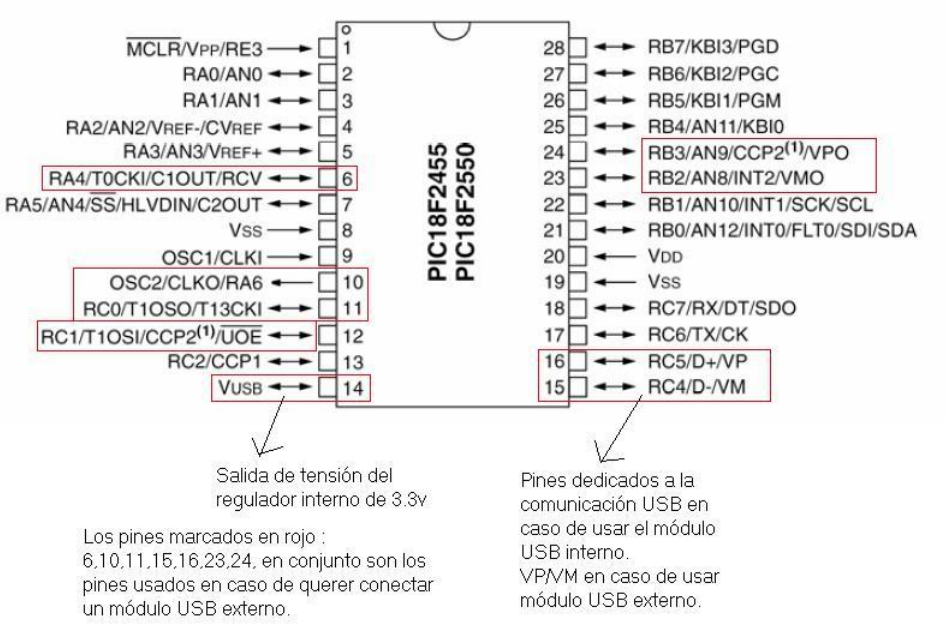
- Breve descripción del funcionamiento del módulo USB:

La familia de dispositivos PIC18FX455/X550 contiene una interfaz serie compatible con el SIE (serial interface engine o máquina con comunicación serie, en español) USB "full-speed" (2.0) y "de poca velocidad" (1.0) que permite la comunicación rápida entre cualquier dispositivo USB y el microcontrolador PIC®.

"El SIE puede interconectarse directamente al USB, utilizando el transmisor - receptor interno, o puede conectarse a través un transmisor-receptor externo. El PIC tiene un regulador interno de 3,3V para alimentar el transmisor-receptor interno en aplicaciones de 5V. Se han incluido algunas características especiales en el hardware para mejorar el funcionamiento. Se proporciona memoria de puerto dual en la memoria de datos del dispositivo (RAM del USB) para tener acceso directo a la

memoria desde el núcleo del microcontrolador y desde el SIE. También se proporcionan unos buffer para que el programador elija libremente el uso de la memoria dentro del espacio de la RAM del USB. Existe un puerto paralelo para transmitir grandes cantidades de datos (SSP), para esto se ha proporcionado la ayuda de transferencia ininterrumpida de volúmenes de datos grandes, por ejemplo datos síncronos, a los buffer de memoria externos". (M. Angulo e I. Angulo, 1999)

**Imagen 2.9: Descripción del PIC 18F4550.**



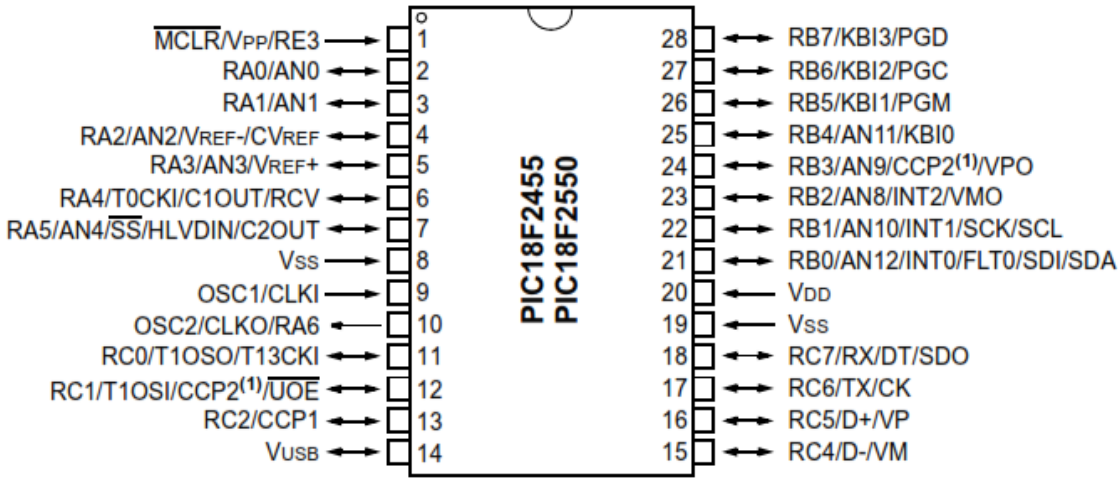

**Fuente: José M. Angulo e Ignacio Angulo, 1999**

### 2.14.3. PIC 18F2550

- Un acceso al bus gestionado directamente por el controlador USB, para permitir transferencias isócronas y eliminar los tiempos de arbitración.
- Una velocidad de 12 Mbps (Full Speed o FS) y un sub canal de 1,5 Mbps (LowSpeed o LS) para los dispositivos más lentos, como ratones y joysticks. La coexistencia en un mismo sistema de dispositivos FS y LS se maneja mediante conmutación automática y dinámica de velocidad entre unas transferencias y otras.
- Una conectividad excepcional, ya que puede manejar hasta 127 dispositivos simultáneamente que se pueden conectar y desconectar en caliente, sin tener que reiniciar el sistema.
- Una configuración automática de dispositivos, que elimina la necesidad de realizar configuraciones manuales por medio de puentes o conmutadores.
- La coexistencia de dispositivos isócronos y asíncronos. Los dispositivos isócronos se atienden en función del ancho de banda y latencia requeridos, y los asíncronos se atienden durante el tiempo restante no consumido por los dispositivos isócronos.

- Una distribución de alimentación desde el Controlador USB, que permite laconexión tanto de dispositivos alimentados desde el bus como autoalimentados.
- Una arquitectura fácilmente escalable para permitir la existencia de varios Controladores USB en un sistema.

**Imagen 2.10: Características PIC 18F2550**




**Fuente: (http://microchip.com)**

## 2.15. XBee-Pro

Los módulos XBee son dispositivos que integran un transmisor - receptor de ZigBee y un procesador en un mismo módulo, lo que le permite a los usuarios desarrollar aplicaciones de manera rápida y sencilla.

- Definición de Zigbee

Zigbee es un protocolo de comunicaciones inalámbrico basado en el estándar de comunicaciones para redes inalámbricas IEEE_802.15.4. Creado por Zigbee Alliance, una organización, teóricamente sin ánimo de lucro, de más de 200 grandes empresas (Mitsubishi, Philips, Motorola, etc.), muchas de ellas fabricantes de semiconductores.

Zigbee permite que dispositivos electrónicos de bajo consumo puedan realizar sus comunicaciones inalámbricas. Es especialmente útil para redes de sensores en entornos industriales, médicos y, sobre todo, domésticos.

Las comunicaciones Zigbee se realizan en la banda libre de 2.4GHz. A diferencia de bluetooth no utiliza FHSS (Frequencyhopping) o salto de frecuencia, sino que realiza las comunicaciones a través de una única frecuencia, es decir, de un canal. Normalmente puede escogerse un canal de entre 16 posibles. El alcance depende de la potencia de emisión del dispositivo así como el tipo de antenas utilizadas. El alcance normal con antena dipolo en visión directa suele ser aproximadamente de 100m. y en interiores de unos 30m. La velocidad de transmisión de datos de una red Zigbee es de hasta

256kbps. Por último decir que una red Zigbee la pueden formar, teóricamente, hasta 65535 equipos, es decir, el protocolo está preparado para poder controlar en la misma red esta cantidad enorme de dispositivos. La realidad es menor, siendo, de todas formas, de miles de equipos.

**Imagen 2.11: XBee-pro**




**Fuente: http://es.scribd.com/doc/58980339/Teoria-y-Programacion-Modulos-XBEE**

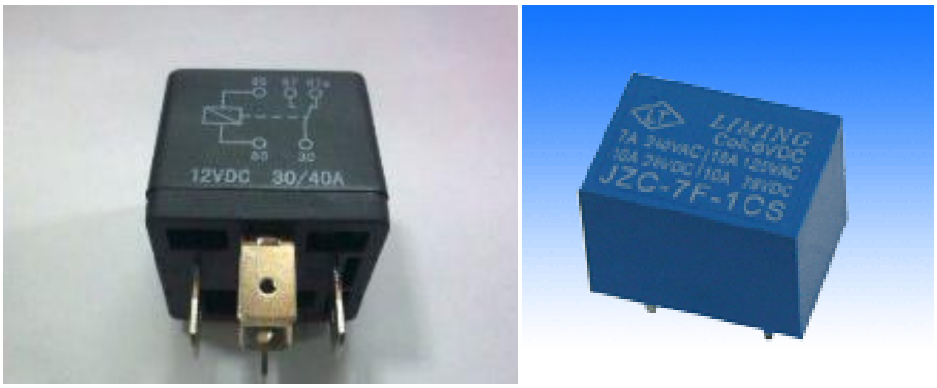
## 2.16. Relés

"El relé es un componente eléctrico que funciona como interruptor. Está compuesto por una bobina electromagnética que al estimular provoca un campo magnético que hace que se cierren los contactos del interruptor. Existen muchos tipos de relés pero el funcionamiento es siempre el mismo". (http://filecrop.com)

En el automóvil se emplean en la mayoría de los sistemas eléctricos del vehículo, motor de arranque, luces, ABS, bujías de precalentamiento, inyección, etc.

En los relés simples, se cierra un circuito al accionar la corriente de mando. Los relés de conmutación se pueden utilizar para realizar dos o tres funciones distintas.

**Imagen 2.12: Relés**




Fuente: http://ofertopia.com, http://alibaba.com

## 2.17. Cristal de Cuarzo

El cristal de cuarzo es utilizado como componente de control de la frecuencia de circuitos osciladores convirtiendo las vibraciones mecánicas en voltajes eléctricos a una frecuencia específica. Esto ocurre

debido al efecto "piezoeléctrico". La piezo-electricidad es electricidad creada por una presión mecánica.

En un material piezoeléctrico, al aplicar una presión mecánica sobre un eje, dará como consecuencia la creación de una carga eléctrica a lo largo de un eje ubicado en un ángulo recto respecto al de la aplicación de la presión mecánica.

En algunos materiales, se encuentra que aplicando un campo eléctrico según un eje, produce una deformación mecánica según otro eje ubicado a un ángulo recto respecto al primero.

“Por las propiedades mecánicas, eléctricas, y químicas, el *cuarzo* es el material más apropiado para fabricar dispositivos con frecuencia bien controlada”. (www.ecured.cu)

**Imagen 2.13: Cristal de Cuarzo**



**Fuente: http://ecured.cu**

## 2.18. Condensadores

Se llama condensador a un dispositivo que almacena carga eléctrica. El condensador está formado por dos conductores próximos uno a otro, separados por un aislante, de tal modo que puedan estar cargados con el mismo valor, pero con signos contrarios.

En su forma más sencilla, un condensador está formado por dos placas metálicas o armaduras paralelas, de la misma superficie y encaradas, separadas por una lámina no conductora o dieléctrico. Al conectar una de las placas a un generador, ésta se carga e induce una carga de signo opuesto en la otra placa. Por su parte, teniendo una de las placas cargada negativamente ($Q^-$) y la otra positivamente ($Q^+$) sus cargas son iguales y la carga neta

del sistema es 0, sin embargo, se dice que el condensador se encuentra cargado con una carga Q.(http://inele.ufro.cl)

**Imagen 2.14: Condensador**




**Fuente: http://electroipartes.com**

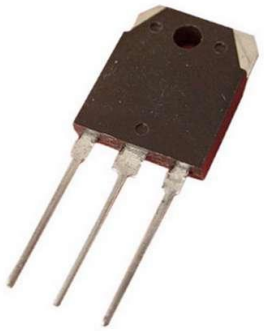
## 2.19. Transistor

Los transistores son los principales componentes de los microprocesadores. En su nivel más básico, los transistores pueden parecer simples. Sin embargo, su desarrollo requirió muchos años de investigación. Antes de los transistores, muchos elementos electrónicos usaban los dispositivos conocidos como válvulas, y otros tenían conmutadores mecánicos para realizar sus tareas. Todo esto cambió en 1958, donde unos ingenieros pusieron dos transistores en un cristal de silicona creando el primer

circuito integrado, que más tarde condujo al microprocesador.

"Las funciones que puede tener un transistor son variadas, ya que puede amplificar, conmutar, rectificar y hacer de oscilador" (http://electronica-basica.com).

**Imagen 2.15: Transistor**



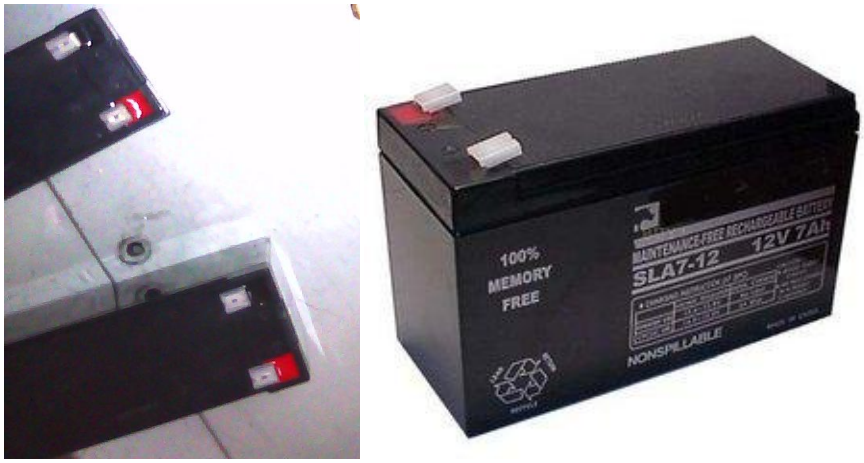
**Fuente: http://electronica-basica.com**

## 2.20. Batería

"Se denomina batería, batería eléctrica, acumulador eléctrico o simplemente acumulador, al dispositivo que almacena energía eléctrica, usando procedimientos electroquímicos y que posteriormente la devuelve casi en su totalidad; este ciclo puede repetirse por un determinado número de veces. Se trata de un generador eléctrico secundario; es decir, un generador que no puede funcionar sin que se le haya suministrado electricidad

previamente, mediante lo que se denomina proceso de carga" (http://kartelec.com).

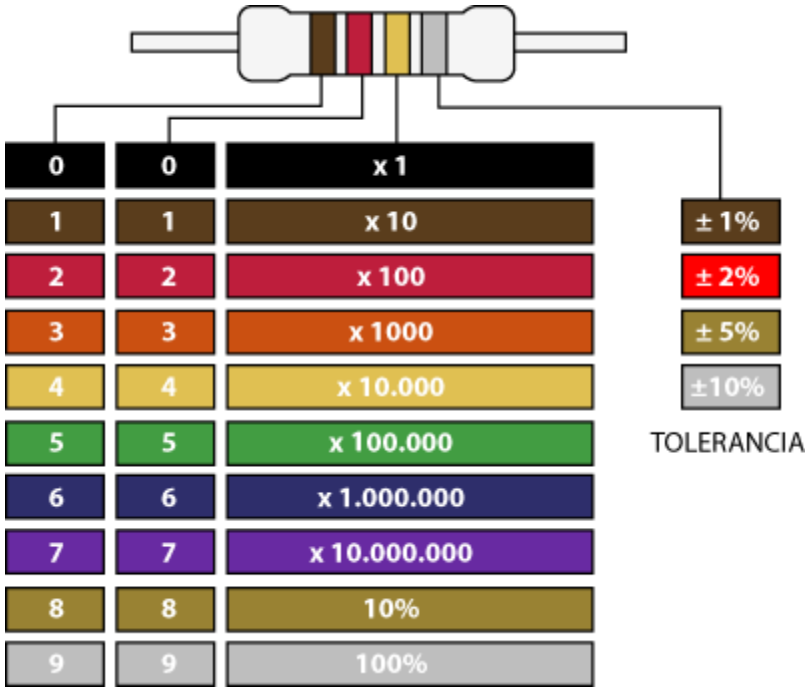
**Imagen 2.16:** Baterías




## 2.21. Resistencias

"Resistencia eléctrica es toda oposición que encuentra la corriente a su paso por un circuito eléctrico cerrado, atenuando o frenando el libre flujo de circulación de las cargas eléctricas o electrones. Cualquier dispositivo o consumidor conectado a un circuito eléctrico representa en sí una carga, resistencia u obstáculo para la circulación de la corriente eléctrica" (http://asifunciona.com).

**Imagen 2.17: Resistencias**




**Fuente: http://desenchufados.net**

# CAPITULO III: METODOLOGÍA Y DISEÑO MUESTRAL

## 3. Desarrollo del Método

Como parte del conocimiento necesario para administrar las actividades asociadas al desarrollo de MANIXBEE 1.0, se aplicó una metodología con el fin de construir un robot que manipule explosivos o los remueva a lugares seguros para las personas. El método utilizado se ha aplicado anteriormente para desarrollar las máquinas industriales, y algunos proyectos de investigación. Sin embargo, por la naturaleza de los proyectos industriales, estos presentan características diferentes a proyectos académicos, principalmente en tiempo y aplicación. El proyecto industrial requiere una interacción rápida y dinámica orientada para reducir el tiempo del proyecto y para conseguir resultados inmediatos. Una vez conceptualizado el diseño del robot móvil, se procede a distribuir el trabajo en tres etapas

- Etapa de diseño y fabricación
- Etapa de control y
- Etapa de pruebas.

El método consiste primero en determinar los diseños del robot según los planos hechos en Autocad 2010 como se muestra en el ANEXO 2, y las partes con lo que contará MANIXBEE 1.0 para darle una estructura parecida a los robots que existen en la PUCESA, a fin de evaluar la disposición y sus dimensiones.

Una vez obtenido los planos se revisa para ser evaluado a fin de asegurar su definición. El paso siguiente de esta metodología consiste en diseñar y construir los sistemas que componen a MANIXBEE 1.0 como las placas de control y potencia. En esta parte, por lo general, es posible también realizar el diseño del control inalámbrico. Durante la fabricación y ensamble se determinó la necesidad de efectuar algunos cambios en los diseños iniciales, por lo que se modificó algunos parámetros y dimensiones de los componentes de MANIXBEE 1.0. Principalmente, los cambios estuvieron relacionados con las características de ubicación de los elementos que se utilizó como el brazo mecánico y la cámara.

Se recomienda, para mejorar los modelos físicos del robot, analizar dichos cambios mediante simulación computacional en Autocad. Así mismo, es importante mencionar que cambios en el sistema de control se realizó

como resultado de la integración de los sistemas del mismo.

Las nuevas modificaciones se las puso en ejecución para asegurar el correcto funcionamiento de los sistemas ya ensamblados.

Una vez lograda la primera versión del prototipo de MANIXBEE 1.0 el paso siguiente de la metodología consiste en evaluar el comportamiento real del robot y comparar su funcionamiento. Esta última tarea tiene como finalidad modificar y mejorar los modelos futuros usados para diseñar robots y de esta forma conseguir un mejor entendimiento del comportamiento real que presentan este tipo de máquinas.

## 3.1. Determinación de requisitos

Es imprescindible conocer varias cosas sobre configuraciones de red inalámbrica para poder entender la construcción de MANIXBEE 1.0 ya que cuenta con varias opciones, como control de movimiento por XBee-pro,

control de cámara por Wi-Fi y control del brazo por XBee-pro.

Además es necesario investigar sobre la programación que se realiza en distintos programas para un funcionamiento lógico ya sea el conocimiento de Visual Basic, PIC C Compiler y Eagle 5.11 para el diseño de los circuitos, obteniendo ayuda de una persona experta en el mismo.

## 3.2. Modelado del Análisis

Las pruebas que se han realizado, abarcaron desde movimientos simples hasta el traslado de objetos de un lugar a otro. Los resultados obtenidos fueron el correcto funcionamiento de todas las etapas que conforman el sistema de control del brazo robot y precisión de los movimientos.

Para hacer más tratable el problema de modelado, en la obtención de los modelos cinemáticos de Robots Móviles con Ruedas, es común introducir suposiciones de diseño y de operaciones prácticas. Dentro de las suposiciones de diseño se encuentran las siguientes:

- Los Robots Móviles con Ruedas no contienen partes flexibles.
- Las ruedas cuando más tienen un eslabón de dirección.
- Todos los ejes de dirección son perpendiculares a la superficie.

Mientras que las suposiciones de operación que se consideran son:

- Los Robots Móviles con Ruedas se mueven sobre una superficie plana.
- La fricción de traslación en el punto de contacto entre la rueda y la superficie es suficientemente grande para que ningún deslizamiento ocurra.
- La fricción rotatoria en el punto de contacto entre la rueda y la superficie es suficientemente pequeña para que el desplazamiento rotatorio ocurra.

Aunque estas suposiciones son bastante realistas, algunos investigadores han desarrollado modelos matemáticos más complejos para robots móviles con ruedas convencionales, donde se toma en cuenta el movimiento de deslizamiento

que existe entre las ruedas del móvil y la superficie de movimiento.

## 3.3. Diseño mecánico del prototipo

El diseño mecánico se realizó en material de aluminio con un esqueleto de ¼ de pulgada de tubo en metal el mismo que está soldado de acuerdo a las medidas establecidas del plano que se realizó y se muestra en el Anexo 2.

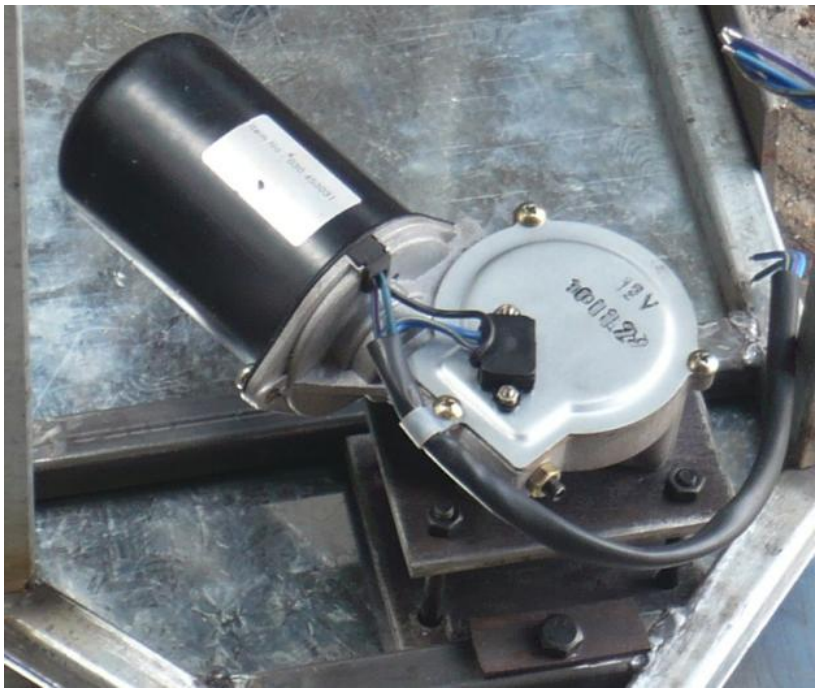
- Armadura metálica de forma adecuada para la distribución interna de los materiales eléctricos o electrónicos.

**Imagen 3.1: Estructura Metálica**



- 4 Motores de Plumas de 420 Kg de 12V distribuidos 2 a cada lado de la estructura para las 4 llantas.

**Imagen 3.2: Motor de Plumas**




- 4 llantas inflables de 10 pulgadas de diámetro (Llantas de carretilla).

**Imagen 3.3: Llantas inflables**



- Cubierta metálica de aluminio que cubre el contorno del robot y resguarda todos los materiales utilizados para la construcción del robot.

**Imagen 3.4: Cubierta del robot**



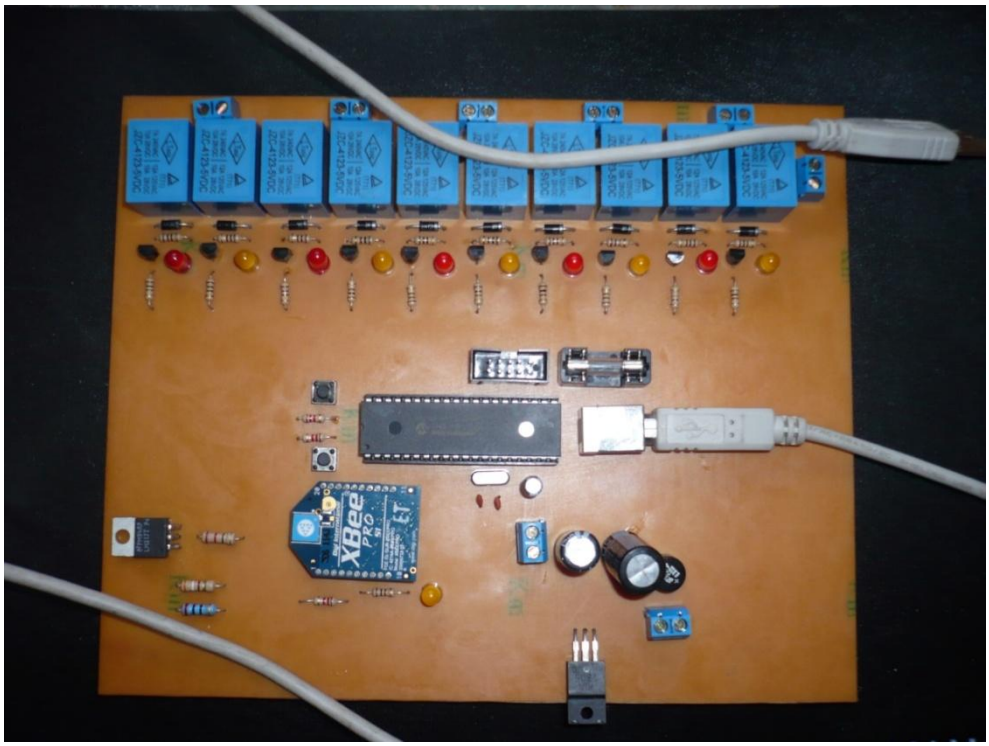
## 3.4. Construcción de los mecanismos del robot

Los mecanismos de MANIXBEE 1.0 se ha realizado con todos los elementos ya mencionados en el marco teórico para lo cual se especificará cada uno de ellos en un breve resumen.

### 3.4.1. Mecanismo de llantas y Brazo Mecánico

Este mecanismo cuenta con un circuito capaz de manipular los movimientos de las llantas de MANIXBEE 1.0 con la configuración y programación en el PIC 18F4550, usando el programa PIC C Compiler. En el PIC 18f4550 se almacenó la programación de los movimientos y mediante el programa realizado en Visual Basic 6.0, se ha simulado un control remoto que permite la manipulación del movimiento de MANIXBEE 1.0, además el mecanismo del brazo mecánico está adaptado al mismo circuito que es capaz de manipular los movimientos de los 5 grados de libertad del Brazo Mecánico de MANIXBEE 1.0 con la configuración y programación en Visual Basic 6.0, en lo que es la simulación del control remoto que permite el manejo de los movimientos, se debe tener en cuenta que este mecanismo es controlado mediante el dispositivo inalámbrico de comunicación XBee-pro.

**Imagen 3.5: Mecanismo de movimiento de llantas y Brazo.**




### 3.4.2. Mecanismo de movimiento de Cámara

Este mecanismo no cuenta con un circuito capaz de manipular los movimientos ya que la cámara tiene estos movimientos incluidos en su diseño y construcción de fábrica por lo cual su manipulación solo se ha realizado desde el software que viene incluido en la mismo para lo cual se anexa el CD de instalación y el manual de los pasos respectivos para su uso y configuración mediante red inalámbrica con IP, (Wi-Fi).

**Imagen 3.6: Mecanismo de movimiento de cámara**




## 3.5. Diseño del sistema de control electrónico

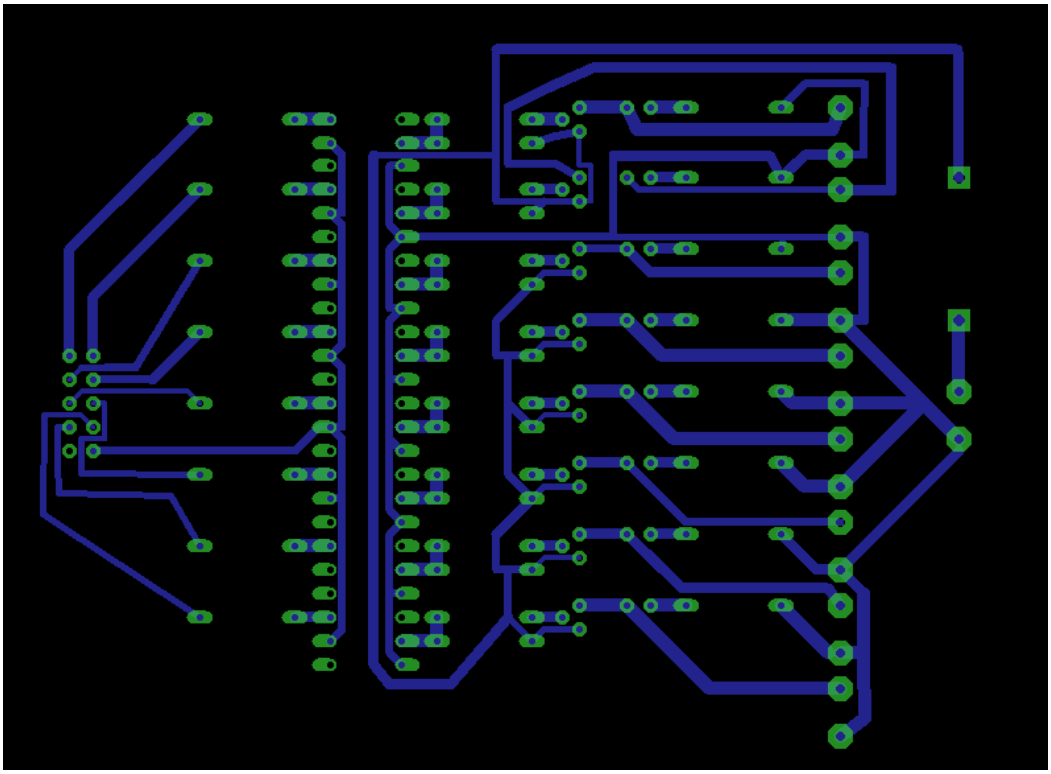
### 3.5.1. Placa de Potencia

La cual servirá como una resistencia ante las descargas que se puedan presentar en al manejo del robot, la misma que tiene una conexión por USB hacia la placa principal dando así una mejor protección a los demás elementos electrónicos que están en los circuitos en caso de descargas eléctricas u otros problemas.

### 3.5.2. Diseño esquemático en Eagle

En el gráfico número 24se puede observar el diseño de la placa de potencia en su forma esquemática realizada en Eagle la cual está compuesta por varios elementos electrónicos los cuales se describió anteriormente en el marco teórico.

**Imagen 3.7: Diseño esquemático placa de potencia**



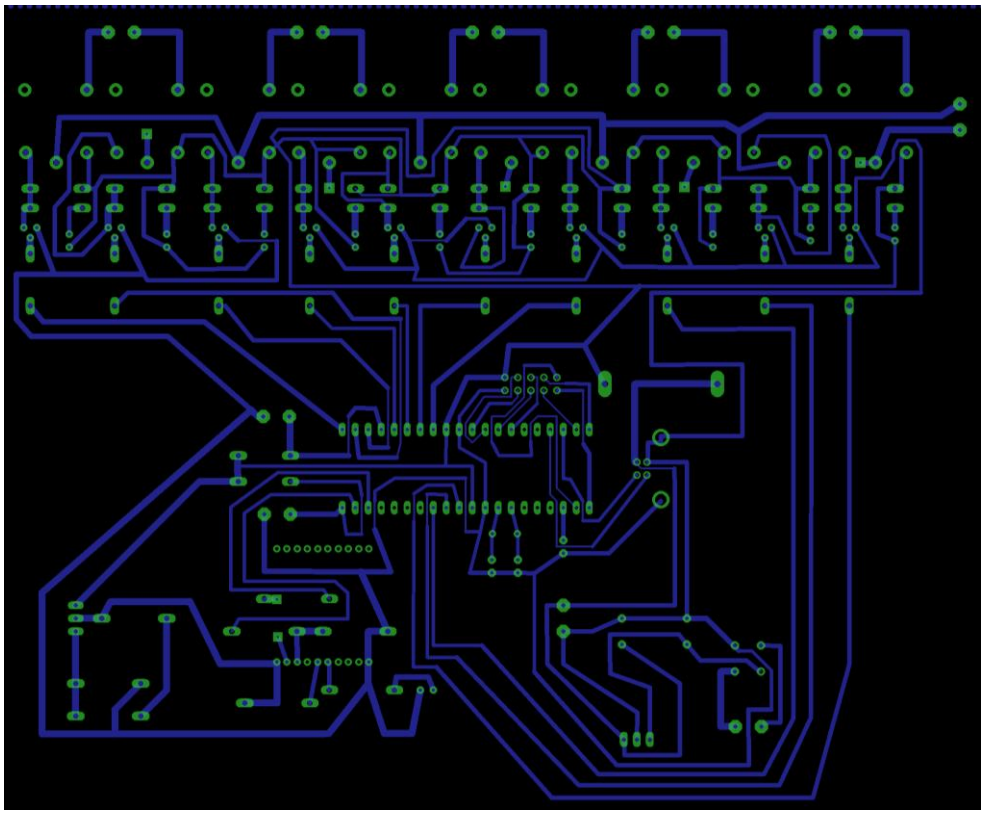
### 3.5.3. Placa de Control

*E*n la cual se encuentra todo el control del brazo mecánico y la parte motriz de MANIXBEE 1.0, además se encuentra incorporado la tarjeta de comunicación inalámbrica como lo es el XBee-pro que permitirá el control desde cualquier PC que se prefiera y configure para el uso de los movimientos del robot.

### 3.5.4. Diseño esquemático en Eagle

En el gráfico número 25se puede observar el diseño de la placa de control en su forma esquemática realizada en Eagle, la cual está compuesta por varios elementos electrónicos ya descritos anteriormente en el marco teórico.

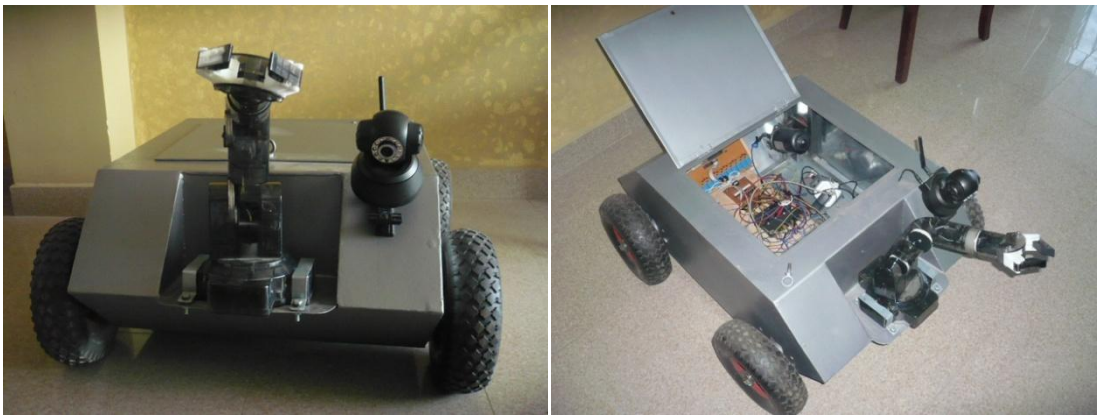
**Imagen 3.8: Diseño de la placa de control**



## 3.6. Acoplamiento Total

El acoplamiento del sistema total de MANIXBEE 1.0 consta de la unión del sistema mecánico, sistema electrónico y el sistema de control inalámbrico, como el sistema de video. Con la integración de estos sistemas el robot está listo para ser utilizado. Esto se ilustra el gráfico 26.

**Imagen 3.9: Acoplamiento Final del Robot**



## 3.7. Implementación del sistema de control por PC

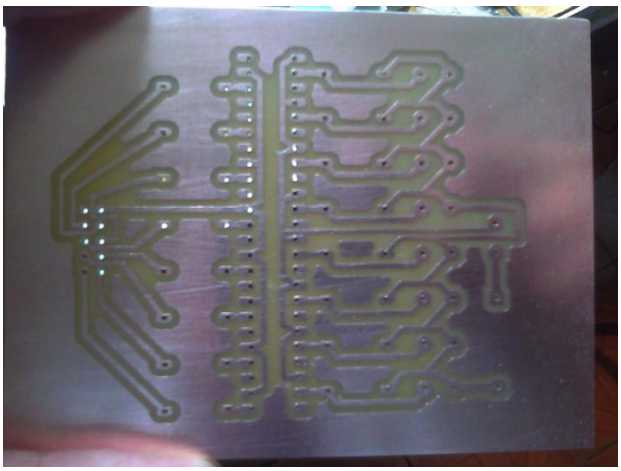
La ejecución de MANIXBEE 1.0 se realizará mediante control por computadora, el cual utilizará como receptory emisor de comunicación al XBee-pro, ya que sirve como comunicador inalámbrico de información.

La programación que se realizó, lo contiene el microcontrolador PIC 18F4550 que controla la parte motriz de las llantas y del brazo mecánico. La programación que se grabó al Microcontroladores mediante el programa PICDEM FS USB Demo Tool y compilada a través del programa PIC C Compiler.

### 3.7.1. Construcción de las Placas.

***Construcción de la placa de potencia,*** se ha Diseñado e Implementado la simulación de los elementos en un esquema de la tarjeta realizada en Eagle. Al imprimir la tarjeta en la placa de baquelita se puede construir las pistas que unirán al circuito dando forma a la tarjeta de potencia.

**Imagen 3.10: Placa de potencia construida.**

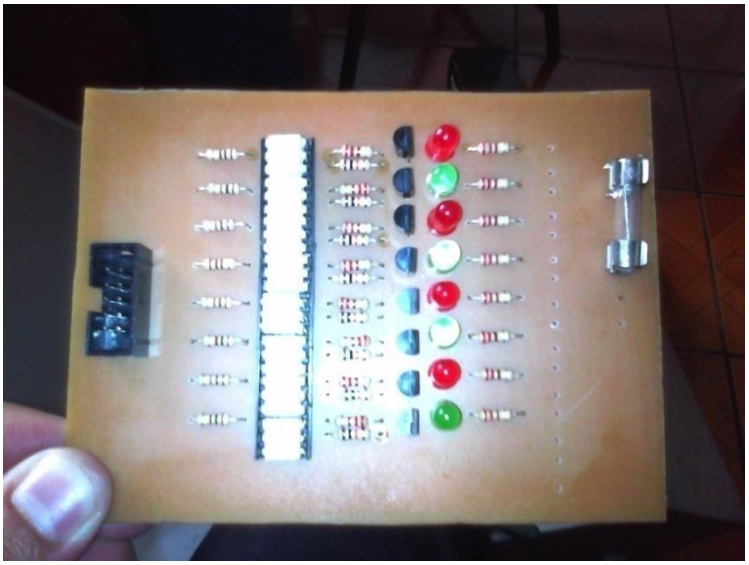


La tarjeta está constituida por los siguientes elementos:

- Transistores.
- Resistencias.
- Diodos.
- Conector USB.
- Fusible.

A continuación se presenta la tarjeta de potencia ya soldada con sus elementos en la placa de baquelita.

**Imagen 3.11: Placa de potencia con los elementos implementados**



***Construcción de la placa principal o de control***, se diseña e implementa la simulación de los elementos en un esquema de la tarjeta realizada en Eagle, el cual guiará la colocación de los elementos.

A continuación se describe una serie de pasos a seguir para la implementación del circuito realizado en Eagle.

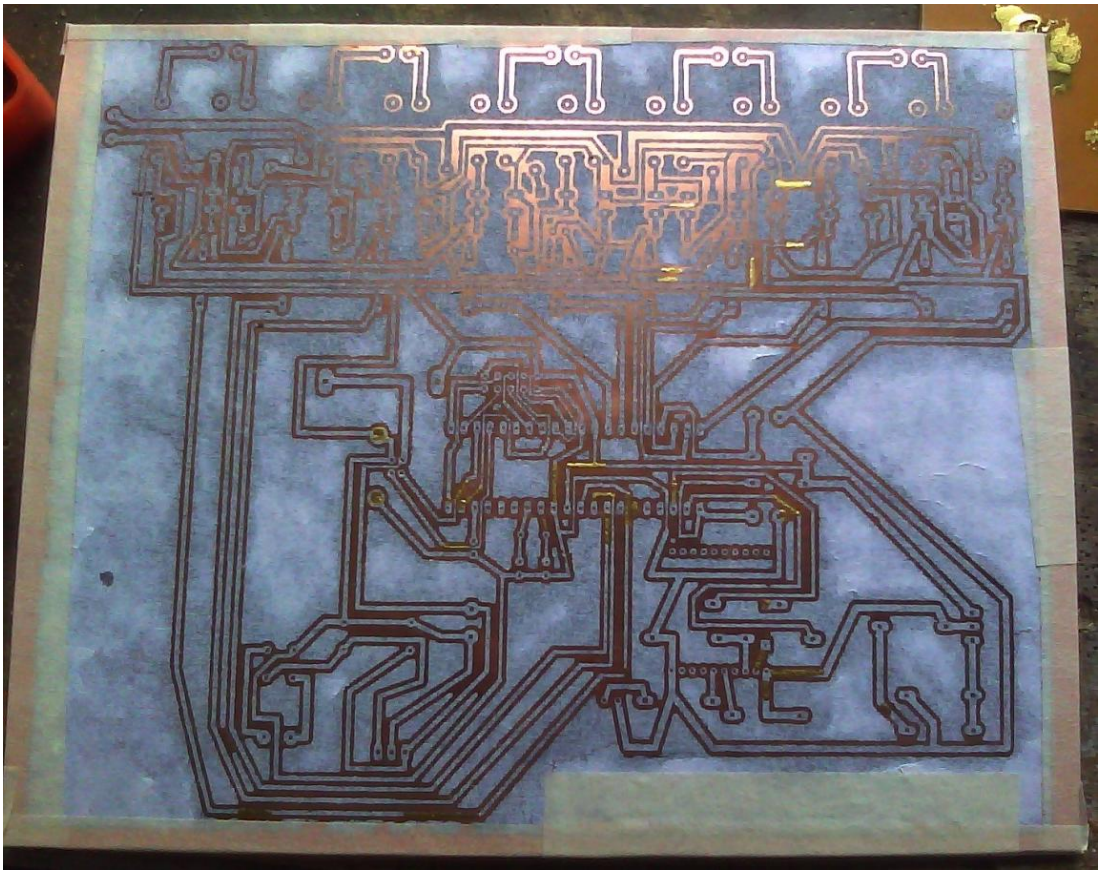
- El circuito realizado en Eagle se imprime en una hoja de papel couche en una impresora a laser ya que el polvo que utiliza una impresora de este tipo se

adhiere fácilmente a la baquelita realizando algunos pasos que se representa a continuación.

- Pegar el circuito impreso a la baquelita con cinta adhesiva.

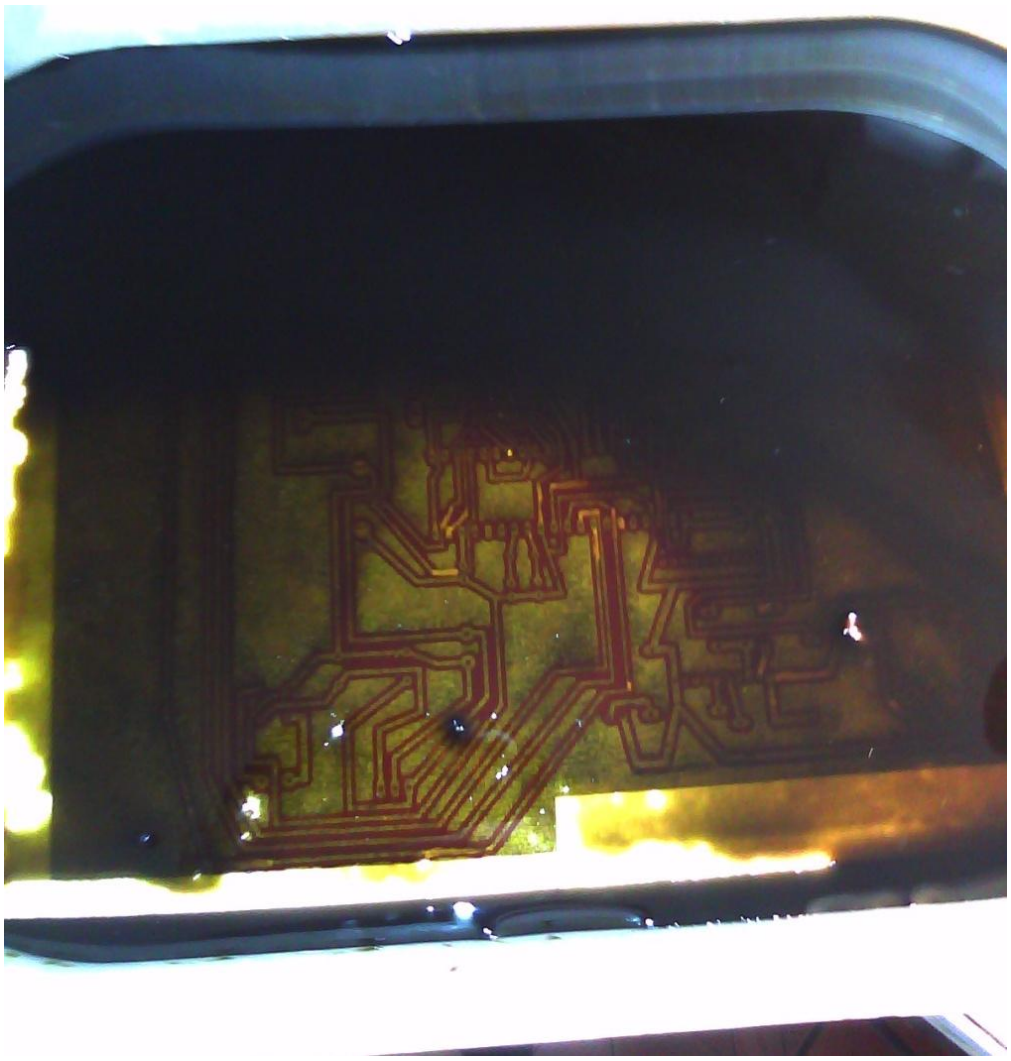
- Se pasa una plancha caliente por el circuito impreso en la baquelita para que se adhiera el polvo en el cobre.
- Se retira con agua el papel de la tarjeta y se observa cómo se adhiere el polvo a circuito impreso en la tarjeta.

**Imagen 3.12: Construcción de la Placa de Control**



- Se prepara el ácido en un recipiente con agua y se coloca la placa en dicho recipiente para derretir el cobre que no es necesario y poder dar forma a la tarjeta con las pistas del circuito.

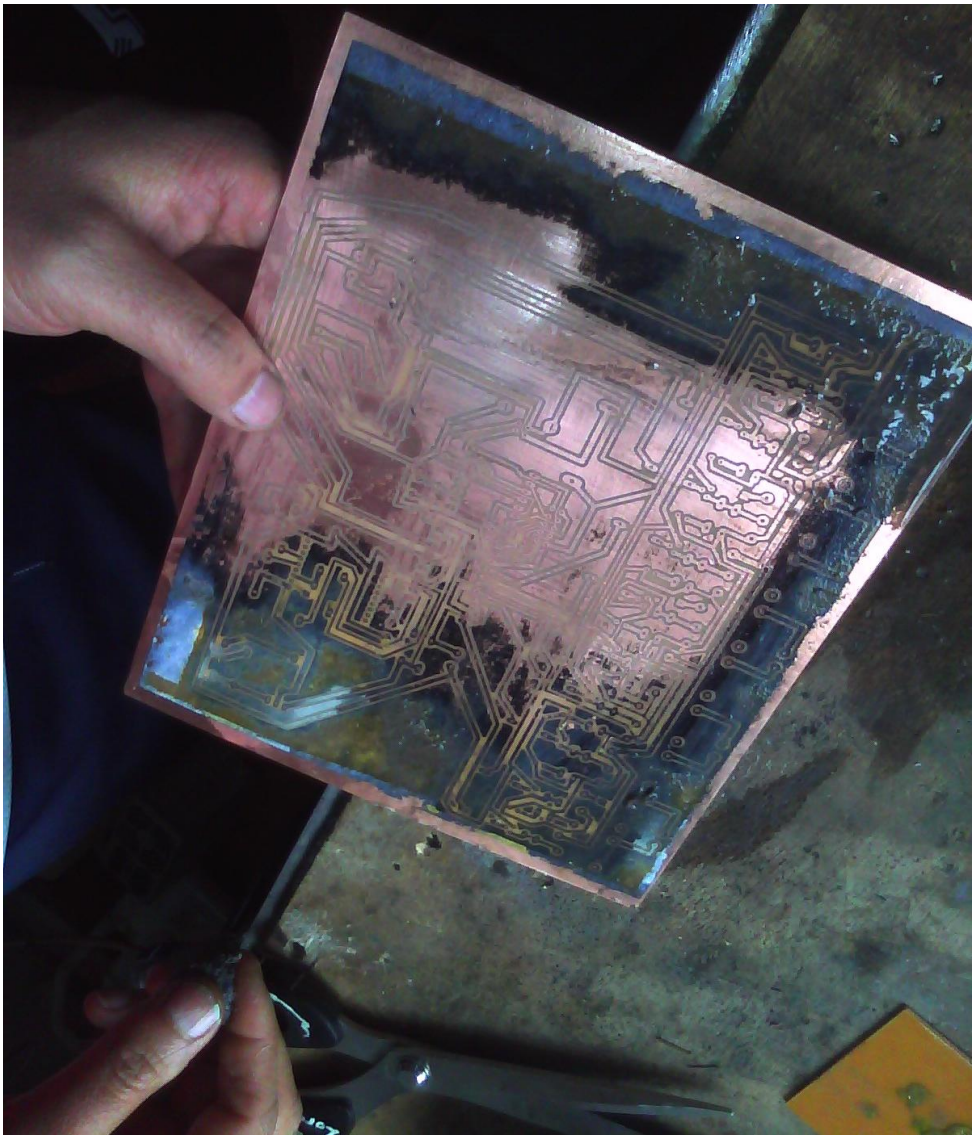
**Imagen 3.13: Placa de Control en el ácido**



- Después de esperar que el cobre se derrita y se queden las pistas intactas, se procede a limpiar con

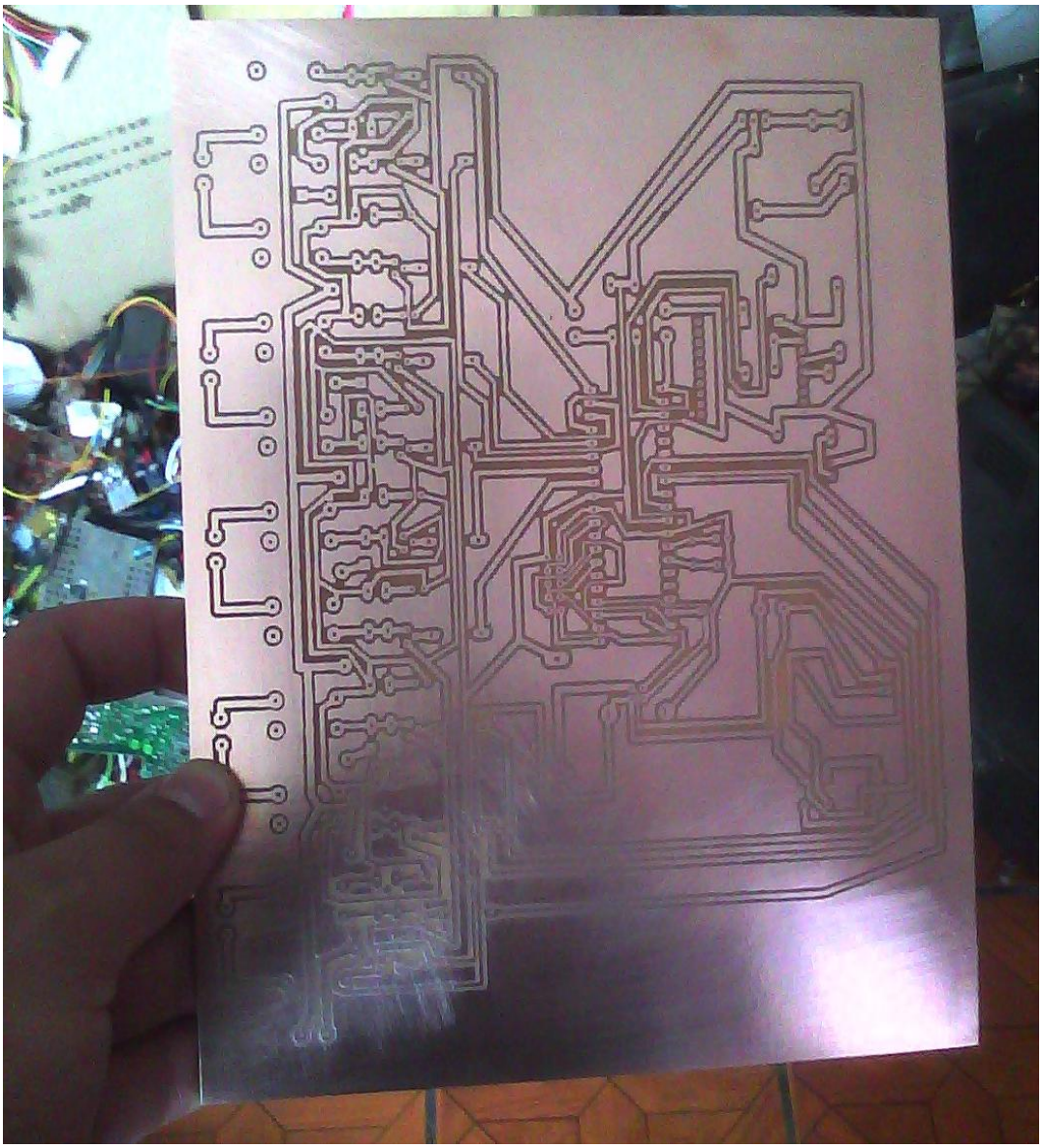
tiñer el polvo de la impresora a laser que no se consumió por el ácido.

**Imagen 3.14: Limpieza de la Placa de Control con tiñer**



- Al culminar esta limpieza de la tarjeta se observa el circuito listo para perforar y colocar los elementos ya mencionados en el marco teórico.

**Imagen 3.15: Placa de Control construida**



- Después de obtener el circuito ya impreso en la placa de baquelita se procede a perforar los nodos en donde irán los elementos electrónicos y posteriormente soldar los mismos.

**Imagen 3.16: Perforación y soldadura de elementos en la Placa de Control**



- Por último, después de soldar todos los elementos electrónicos se podrá observar el circuito completo como se muestra a continuación, tanto como para el emisor como receptor.

**Imagen 3.17: Placa principal con receptor XBee-pro lista para usar**

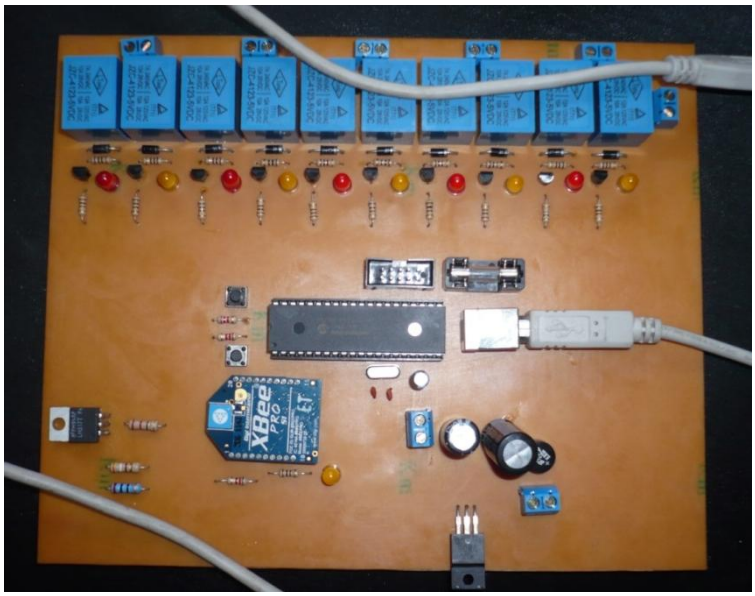
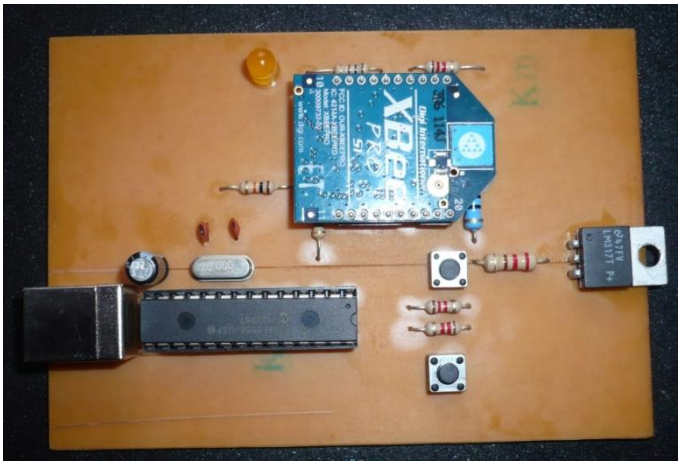


**Imagen 3.18:** Emisor inalámbrico con XBee-pro hacia la placa principal desde el computador.

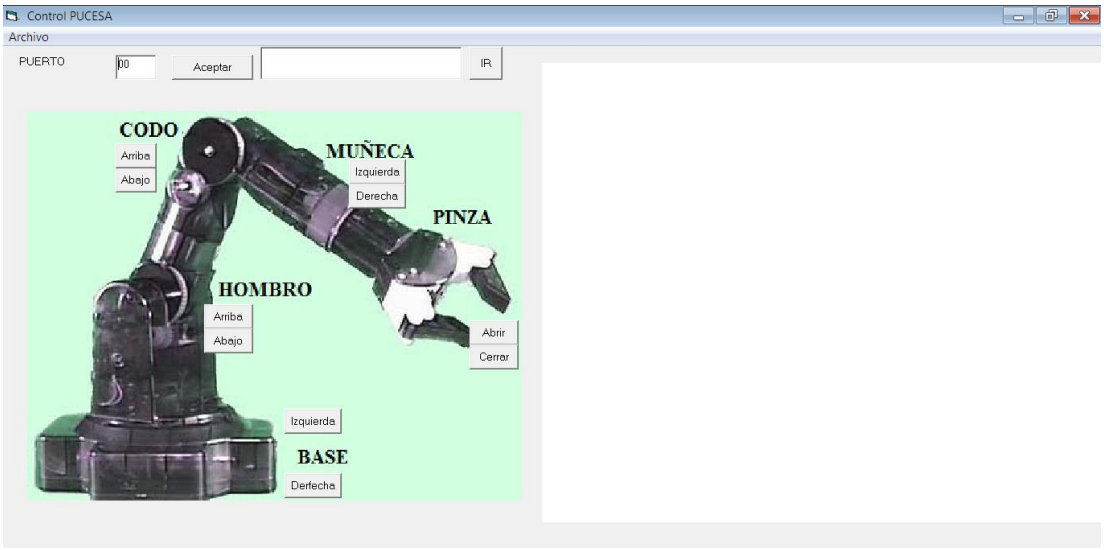


## 3.8. Implementación del sistema de software para PC

El software se realizó en Visual Basic 6.0, el mismo que consta de dos sub controles de MANIXBEE 1.0 uno para el

brazo y otro para las ruedas, acoplado en un solo sistema de control que permite los movimientos del mismo. (Anexo 3)

**Imagen 3.19: Software de Control**




## 3.9. Pruebas y resultados experimentales

En el presente capítulo se presentan todas las pruebas realizadas al robot MANIXBEE 1.0, empezando por pruebas al brazo robótico.

Las pruebas que se describe a continuación, de los mecanismos acoplados del brazo robótico se ejecutaron satisfactoriamente ya que todos los comandos enviados por

el usuario a través del control remoto tuvieron un 100% de funcionamiento.

### 3.9.1. Pruebas básicas del Brazo mecánico

**Imagen 3.20: Prueba del brazo mecánico**




Resultados de las pruebas de movimientos de control de los servomotores del brazo mecánico.

**Tabla 3.1: Pruebas básicas del brazo mecánico**

| Servomotor | Movimiento | Funcionamiento |
|---|---|---|
| Dedos | Abrir/Cerrar | Si |
| Muñeca | Izquierda/Derecha | Si |
| Codo | Arriba/Abajo | Si |
| Hombro | Arriba/Abajo | Si |
| Base | Izquierda/Derecha | Si |

### 3.9.2. Pruebas básicas de la cámara IP

**Imagen 3.21: Pruebas de la Cámara IP.**



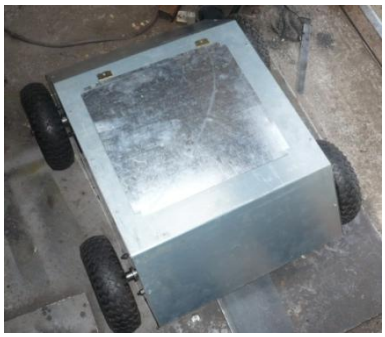
Resultados de las pruebas de movimiento del control de la cámara. Las pruebas realizadas a la cámara mediante Wi-Fi y la configuración respectiva que se encuentra en el Anexo 2, se realizaron satisfactoriamente.

**Tabla 3.2: Pruebas básicas de la Cámara**

| **Funciones de Cámara** | **Movimientos o Función** | **Funcionamiento o Resultado** |
|---|---|---|
| Función 90° | Arriba/Abajo | Si |
| Función 270° | Izquierda/Derecha | Si |
| Función Mixta | Arriba/Abajo/Izquierda/Derecha | Si |
| Grabación de Video | Graba videos en formato *.avi | Si |
| Fotografías | Captura Fotografías | Si |

### 3.9.3. Pruebas básicas da la base móvil

**Imagen 3.22: Pruebas básicas de la base móvil o tracto base**



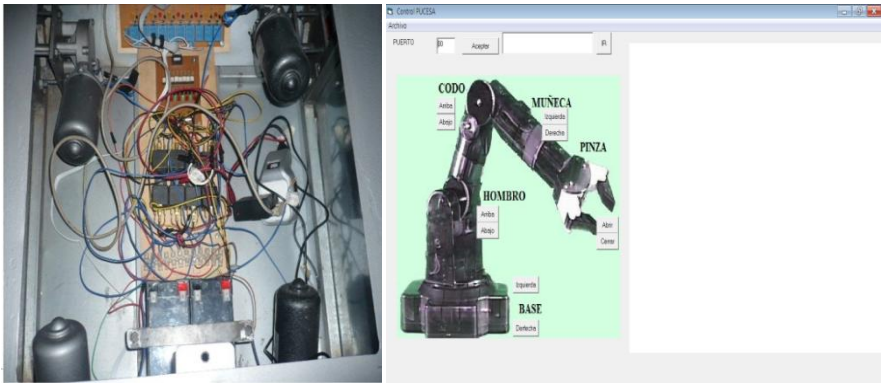
Resultados de las pruebas de movimiento de la base móvil o tracto base. Las pruebas realizadas en la base móvil mediante el control remoto y la recepción del XBee funcionan favorablemente con la combinación de todas las llantas.

**Tabla 3.3: Pruebas básicas de base móvil o tracto base**

| Llanta | Movimiento | Funcionamiento |
|---|---|---|
| Llanta delantera izquierda | Adelante/Atrás | Si |
| Llanta delantera derecha | Adelante/Atrás | Si |
| Llanta Trasera izquierda | Adelante/Atrás | Si |
| Llanta trasera derecha | Adelante/Atrás | Si |

### 3.9.4. Pruebas comunicación del control por PC.

**Imagen 3.23: Pruebas comunicación del control por PC.**




#### 3.9.4.1. Comunicación sin obstáculos

Los Resultados de las pruebas de recepción del control por PC fueron satisfactorios a distancias de hasta 60 metros en un lugar abierto y de superficie plana y lisa de concreto sin ninguna clase de obstáculo.

**Tabla 3.4: Comunicación sin obstáculos**

| Numero de Pruebas realizadas | Distancia | Recepción recibida |
|---|---|---|
| 1 | 10 m | Si |
| 2 | 20 m | Si |
| 3 | 40 m | Si |
| 4 | 50 m | Si |
| 5 | 60 m | Si |

### 3.9.4.2. Comunicación con obstáculos

Los Resultados de las pruebas de recepción del control por PC fueron satisfactorios a distancias de hasta 50 metros desde un lugar de 5 metros de altura con obstáculos, es decir paredes, puertas de madera y pisos.

**Tabla 3.5: Comunicación con obstáculos**

| Numero de Pruebas realizadas | Distancia (Longitud por altura) | Recepción recibida |
|---|---|---|
| 1 | 10 m x 5 m | Si |
| 2 | 20 m x 5 m | Si |
| 3 | 30 m x 5 m | Si |
| 4 | 40 m x 5 m | Si |
| 5 | 50 m x 5 m | Si |
| 6 | 60 m x 5 m | No |

### 3.9.4.3. Pruebas de comunicación de video hacia el PC sin obstáculos.

Las pruebas de transmisión de video se dieron satisfactoriamente en un lugar abierto sin obstáculos con el único inconveniente que la transmisión no se recibe en

tiempo real sino que el robot tiene que estar en un estado inmóvil para que la recepción sea clara y poder revisar los obstáculos pequeños como gradas, objetos, etc. y la dirección que se va a tomar.

**Tabla 3.6: Pruebas de comunicación de video hacia el PC sin obstáculos**

| Numero de Pruebas realizadas | Distancia | Recepción de video recibida en Tiempo real | Recepción de video recibida Robot Inmóvil |
|---|---|---|---|
| 1 | 10 m | Si | Si |
| 2 | 20 m | No | Si |
| 3 | 30 m | No | Si |
| 4 | 40 m | No | Si |
| 5 | 50 m | No | Si |
| 6 | 60 m | No | Si |

### 3.9.4.4. Pruebas de comunicación de video hacia el PC con obstáculos.

Las pruebas de transmisión de video se dieron satisfactoriamente desde un lugar de 5 metros de altura con obstáculos, es decir paredes, puertas y pisos, con el único inconveniente que la transmisión no se recibe en tiempo real sino que el robot tiene que estar en un

estado inmóvil para que la recepción sea clara y revisar los obstáculos y la dirección que se va a tomar.

**Tabla 3.7: Pruebas de comunicación de video hacia el PC con obstáculos**

| Número de Pruebas realizadas | Distancia (Longitud por altura) | Recepción recibida |
|---|---|---|
| 1 | 10 m x 5 m | Si |
| 2 | 20 m x 5 m | Si |
| 3 | 30 m x 5 m | Si |
| 4 | 40 m x 5 m | Si |
| 5 | 50 m x 5 m | Si |
| 6 | 60 m x 5 m | No |

### 3.9.4.5. Pruebas de manipulación de explosivos

Las pruebas que se realizó para la manipulación de explosivos se fue con éxito, teniendo en cuenta los siguientes inconvenientes, el brazo mecánico le falta una distancia de 5 centímetros para llegar al suelo en caso de que algún explosivo se encuentre en el piso y su manipulación se complique, además el grosor que cubren las pinzas del brazo mecánico es de 5 centímetros, es decir que los explosivos a manipularse deben ser de

dimensiones hasta por lo menos 5 centímetros de grosor y 120 gramos de peso para poder movilizarlos a un lugar seguro.

# CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 4.1. Conclusiones

- Se ha logrado desarrollar un robot móvil con un sistema de control inalámbrico que contiene funciones indispensables para poder visualizar y manipular un explosivo a una distancia prudencial aislando los mismos a un lugar seguro.

- Al estudiar los orígenes, características y prototipos de robots móviles, se ha descubierto una nueva área de investigación en la robótica, siendo esta el diseño de modelos a partir de los cuales se pueden construir robots muy diferentes con accesorios adicionales.

- Se puede configurar y programar las funciones de un robot de acuerdo a las necesidades que se requiera con implementación de nuevos objetos adherentes al mismo.
- Gracias los Microcontroladores usados en la presente disertación se ha facilitado el control del

mecanismo de locomoción y movimiento del brazo mecánico adaptados al robot.

- Mediante el dispositivo XBee-pro se realizó un adecuado control inalámbrico de MANIXBEE 1.0 mediante el uso de un computador, sin problemas de conexión y controles ya existentes.

- Es importante ver la gran atracción que produce el robot hacia las personas, especialmente los niños. Basta con que el robot circule por un lugar concurrido para que la gente sienta curiosidad y se vea atraída hacia él.

- Lo más importante es que las personas se interesan por preguntar qué funciones desarrolla el robot, constituyéndose en una manera alternativa de innovación e interés por la robótica que en nuestros tiempos ya es una nueva generación de tecnología de estudio.
- Es significativo manifestar el diseño del robot ya que su implementación de cámara y brazo son

originales en nuestro país a pesar de que la programación que se utilizó es conocida.

- Al poner a prueba a MANIXBEE 1.0 ciertos componentes no funcionaron exitosamente ya que la tecnología que se usó fue de acuerdo a las posibilidades económicas y además por ser un invento o prototipo nuevo que se fabricó.

## 4.2. Recomendaciones

- Dentro de la Robótica se recomienda la investigación de software para poder controlar los movimientos preliminarmente desarrollados en un computador, para que el funcionamiento de cualquier prototipo de robot no tenga errores.

- Al desarrollar las placas para los distintos circuitos implementados en el robot se debe tener cuidado con el acido que derrite la baquelita y no dañe las pistas del las mismas.

- Las baterías del robot deben estar completamente cargadas para un uso eficiente, sobre todo las que alimentan al brazo mecánico ya que este utiliza baterías por separado a las que alimentan a los motores.

- Se debe soldar los elementos electrónicos con mucho cuidado ya que puede perjudicar el funcionamiento del robot y en casos extremos dañar los elementos, tomando en cuenta las protecciones debidas para no tener accidentes como quemaduras a nuestra humanidad.

- Para la utilización del robot se recomienda usarlo en lugares casi planos ya que es un prototipo que permitirá a los futuros estudiantes adecuarlo o utilizarlo en nuevas investigaciones debido a la pequeña altura que tiene del piso.

- Para un funcionamiento completo se debe implementar accesorios más modernos y eficaces, ya sea el caso de una mejor cámara de video con mejor recepción en tiempo real y un brazo mecánico con mayor amplitud para manipular más grandes y pesados.

# Bibliografía

Ollero Baturone, Aníbal. Robótica: Manipuladores y Robots Móviles. España, Editorial MarcomboBoixareu Editores. Volumen 1. 2001.

Ortuño Sevilla, María Fernanda, Desarrollo del Robot KTO-BOT para la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la PUCESA. Ambato: PUCESA, EIS, 2005.

Tercero,Jesús Salido. Cibernética aplicada: robots educativos CIBERNÉTICA ROBOTS - DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN ROBOTS - SISTEMAS DE CONTROL, México: Alfaomega Grupo Editor, S.A.,2009.

Gómez López, Julio. Guía de campo de Wi-Fi,REDES LOCALES (COMPUTACIÓN) SISTEMAS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICAS SISTEMAS MÓVILES DE TELECOMUNICACIÓN. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A., 2008.

Pleite Guerra, Jorge. Electrónica analógica para ingenieros. Madrid: Mcgraw-Hill. 2009.

Vergaz Venito, Ricardo y Ruiz de Marcos, Jose Manuel. Circuitos Electrónicos Sistemas Electrónicos Analógicos

amplificadores (electrónica). México, MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE MEXICO. 2006.

Gómez de Gabriel, Jesús Manuel. Tele operación y tele robótica. Madrid: Pearson Educación S.A.,. 2006.

Alciatore, David G. Introducción a la mecatrónica y los sistemas de mediación. México, D.F.: McGraw-Hill. 2008.

Mandado Pérez, Enrique. Microcontroladores PIC. Barcelona. Marcombo S.A.. 2007.

CESVIMAP, S.A.; Electricidad básica en reparaciones de automóviles, Madrid: CESVIMAP, S.A.;2002. www.escoches.com/descargas/Cesvimap%20Electricidad%20Basica%20En%20Reparacion%20De%20Automoviles.pdf, (2012,5 de Junio).

Fernández, Concepción. "Microcontroladores PIC"; Diseño práctico de aplicaciones. Madrid Asistente Editorial: Susana Santos Prieto, 2005.
www.filecrop.com.

## Linkografía

Moyano, Jonathan. "USB y PIC 18F2550 foro de Desarrollo de proyectos en ASM". febrero 2012, <http://www.forosdeelectronica.com/f24/usb-pic-18f2550-desarrollo-proyectos-asm-31415/>

Wikilearning emagister.com. "Robótica - Cinemática y dinámica del brazo del robot". 2007. <http://www.wikilearning.com/curso_gratis/robotica-cinematica_y_dinamica_del_brazo_del_robot/3064-3>.

Linkmesh, "Robot". 2004-2011. <http://www.linkmesh.com/robots/articulos/definiciones_de_los_robots.php, (2012, 10 demayo)>.

Tecnologico, "BJ12". Lunes, 26 de septiembre de 2011. <http://tecnologicobj12.blogspot.com/2011/09/que-es-xbee.html, (2012, 10 de mayo)>.

# GLOSARIO DE TÉRMINOS

## A

**Análoga.-**es una parte de la electrónica que estudia los sistemas en los cuales sus variables; tensión, corriente, varían de una forma continua en el tiempo.

**Apogeo.-** Punto culminante o más intenso de un proceso.

**Asimétrico.-** Denota cualquier figura que no es simétrica con respecto a una línea ni respecto a un punto.

**Autónoma.- es la que se utiliza para designar la condición de libre que una persona posee.**

**Asíncrono.-** Que no tiene un intervalo de tiempo constante entre cada evento.

## B

**Bots.-** es un programa que realiza muchas funciones imitando a los humanos.

## C

**Conmutación.-** f. Cambio, sustitución.

**Conversor.-** m. informática. Dispositivo que adapta los ficheros codificados en un determinado programa o sistema a otro.

## D

**Detrimento.-** es una destrucción leve o parcial de algo. El concepto, que procede del vocablo latino *detrimentum*, también se refiere a la pérdida o el quebranto de intereses y al daño moral.

**Dieléctrico.-** al material mal conductor de electricidad, por lo que puede ser utilizado como aislante eléctrico, y además si es sometido a un campo eléctrico externo, puede establecerse en él un campo eléctrico interno.

**Dipolo.-** m. electr. Red con dos bornes. Cuando no poseen ninguna fuente de energía se llaman pasivos, y en el caso contrario, activos.

**Discretización.-** es uno de los pasos para la conversión de una señal analógica a digital.

## E

**Enclavadas.-** tr. Situar, ubicar, colocar.

**Eslabones.-** 1.-m. Pieza con forma de aro o anillo que, enlazada con otras semejantes, forma una cadena. 2.- Elemento necesario para el enlace y la sucesión de acciones, hechos, etc.

**G**

**Grafo.-**un grafo es una representación gráfica de diversos puntos que se conocen como nodos o vértices, los cuales se encuentran unidos a través de líneas que reciben el nombre de aristas.

**H**

**Híbridos.-** En general, que está formado por elementos de distinta naturaleza.

**Holomicidad.-** Este tipo de rodadura es la utilizada en el robot omnidireccional.

**Homólogos.-**que desempeña actividades, funciones o cargos semejantes a los de otro.

**I**

**Isócronos.-** adj. fís. [Movimiento] que se realiza en un tiempo de igual duración a otro: ej. el movimiento del segundero de un reloj es isócrono.

**O**

**Odométricos.-** es un dispositivo que indica la distancia recorrida en un viaje por un vehículo.

**Oscilador.-** m. fís. Aparato que se utiliza para producir oscilaciones eléctricas o mecánicas, movimiento alternativo de un lado para otro de un cuerpo que está colgado o apoyado en un solo punto.

**P**

**Pedestal.-** Base que sostiene una columna, estatua, etc.

**Priori.-** Antes de examinar un asunto concreto.

**S**

**Síncronos.-** Que tiene un intervalo de tiempo constante entre cada evento. Son procesos síncronos los que dependen de un acontecimiento externo que los dispara.

**T**

**Telúricos.-** Movimientos relacionados con la tierra.

**Terrazo.-** Pavimento formado por chinas o trozos de mármol aglomerados con cemento y cuya superficie se pulimenta.

## W

**WIFI.-** es un mecanismo de conexión de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica. Los dispositivos habilitados con Wi-Fi, tales como: un ordenador personal, una consola de videojuegos, un smartphone o un reproductor de audio digital, pueden conectarse a Internet a través de un punto de acceso de red inalámbrica.

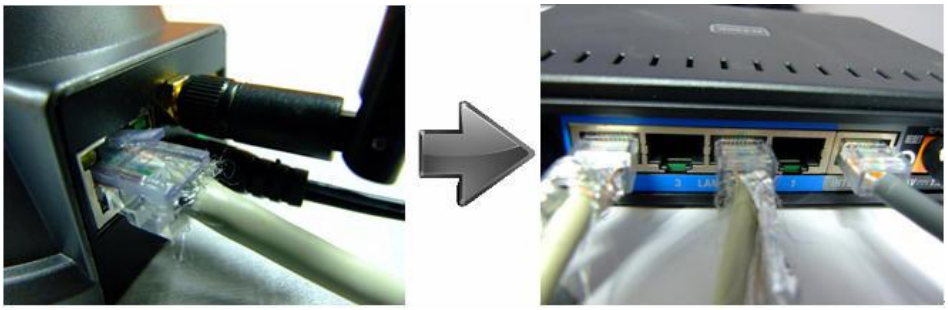
# ANEXOS

## Anexo 1: Configuración de la cámara IP e instalación del software

Se deben Seguir los siguientes pasos para configurar el hardware de su cámara IP. Se debe seguir cada paso con cuidado para garantizar el correcto funcionamiento de la misma)

1) Conecte la antena WIFI en la parte trasera de la cámara (roscada).
2) Conecte un cable de red en la cámara de un lado y en el router del otro lado.
3) Conecte el adaptador de corriente en la cámara y en el enchufe.

**Imagen 1: Conexión de cámara**



**Cuidado:** Asegúrese que solo usa el adaptador de corriente suministrado con la cámara.

Usando otros adaptadores no autorizados podría dañar la cámara.

**4)** La cámara tarda aproximadamente 30 segundos en arrancar antes de mostrar la dirección IP en la aplicación IP Camera Too (detalles:2.1).

**5)** Cuando la cámara esté encendida y el cable de red conectado verá que las luces del conector RJ45 comienzan a parpadear.

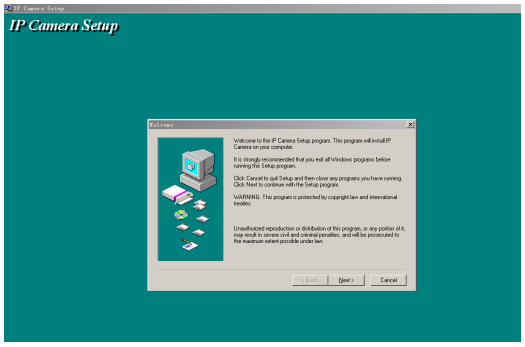
## Instalación del Software

La instalación del software es clave para el uso de este producto.

**1)** 1 Abra el CD, localice el software en el directorio Setup

**2)** Haga doble clic en IPCamSetup.exe y siga las instrucciones de instalación

**Imagen 2: Instalación del software (Bienvenida)**



**3)** Haga clic cuando complete las instrucciones de instalación.

Imagen 3: Instalación del software (Listo para instalar)

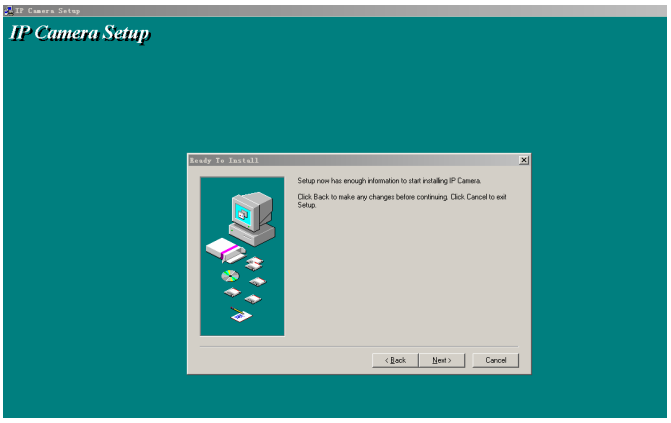
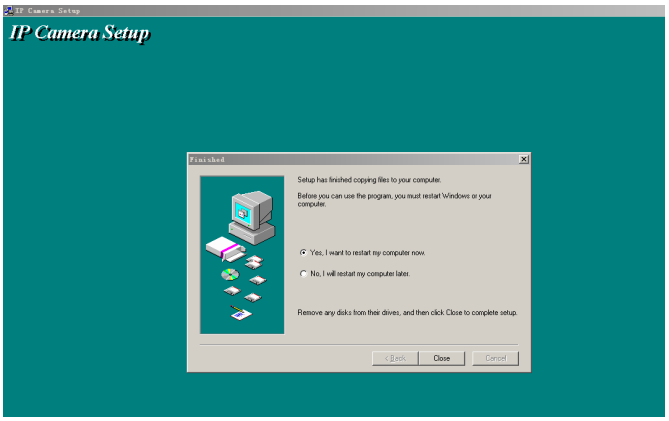
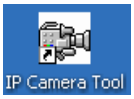



Imagen 4: Instalación del software (Finalización)



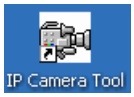

El ordenador podrá solicitar ser reiniciado tras la instalación y mostrará el icono 

en el escritorio.

NOTA: Antes de instalar y usar esta cámara lea las siguientes precauciones a tener cuidadosamente y esté

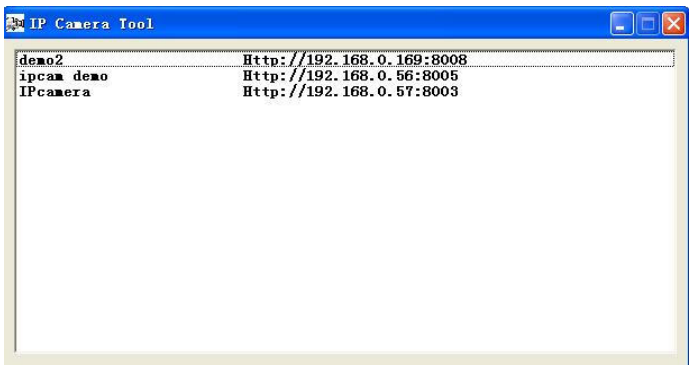
seguro de que las entiende completamente. Use solo el adaptador suministrado con el producto. El uso de un adaptador no autorizado puede dañar su cámara. Esta Cámara IP debe estar instalada en entornos de interior.

**Uso del softwareIP CámaraTool**

Cuando la cámara esté correctamente instalada, haga doble clic en el icono "IP Camera Tool" 

y le aparecerá el cuadro de dialogo siguiente:

Imagen 5: Ip Cámara Tool (Busca de Ip)




**Nota:** El software busca Servidores IP automáticamente sobre la red.

Pueden ocurrir tres cosas:

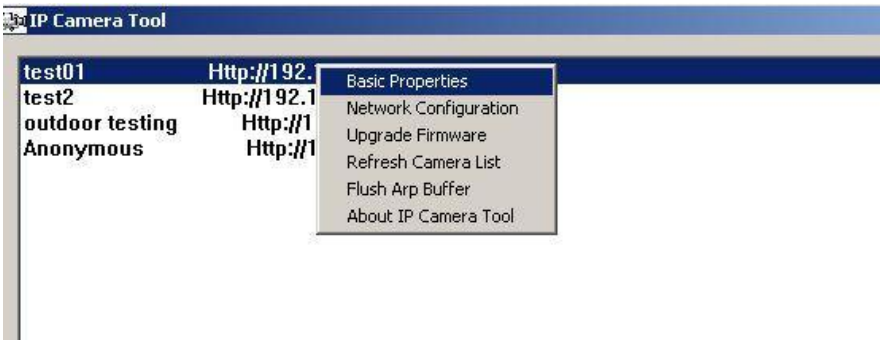
- No se detecta cámara IP en la Red.: Después de aproximadamente 1 minuto de búsqueda el resultado “notfound IP Server” se mostrará en pantalla y el programa se cerrará;
- Las Cámaras IP han sido instaladas en la red. Todas las cámaras IP serán listadas y el número total mostrado en la lista de resultados. Las cámaras pueden tener distintos nombres (en muchas ocasiones, inicialmente “Anonymous”).
- Las cámaras IP instaladas en la red no comparten la misma subred con el PC que monitorea. Un mensaje aparecerá en pantalla (prompt: Subnetdoesn’tmatch,dbclicktochange! – La Subred no coincide, doble clic para cambiar!). Haga clic con el botón izquierdo del ratón para elegir la cámara y clic con el botón derecho sobre ella para elegirNetwork Configuración (Configuración de red) para asignar la dirección IP de la cámara la misma subred.

**Cinco Opciones**

Elija la cámara en la lista y haga clic con el botón derecho del ratón y tendrá 5 opciones:

Basic Properties (Propiedades básicas), Network Configuración (Configuración de la Red),Upgrade Firmware (Actualización del Firmware), Refresh Camera List (Refrescar la lista de cámaras), FlushArp Buffer como se muestra en la figura.

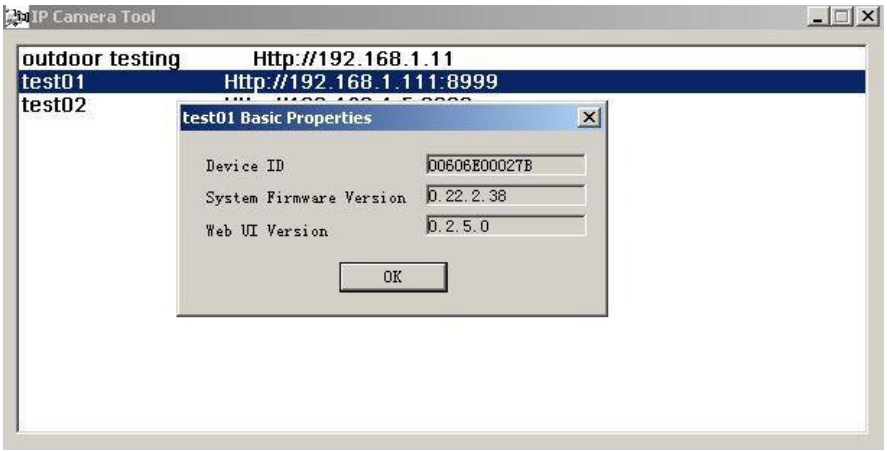
Imagen 6: Ip Cámara Tool (Selección de Ip)




**Propiedades Básicas**

Mostrará alguna información básica de la cámara como ID de la cámara, Versión del Firmware, Versión del Servidor de la Cámara.

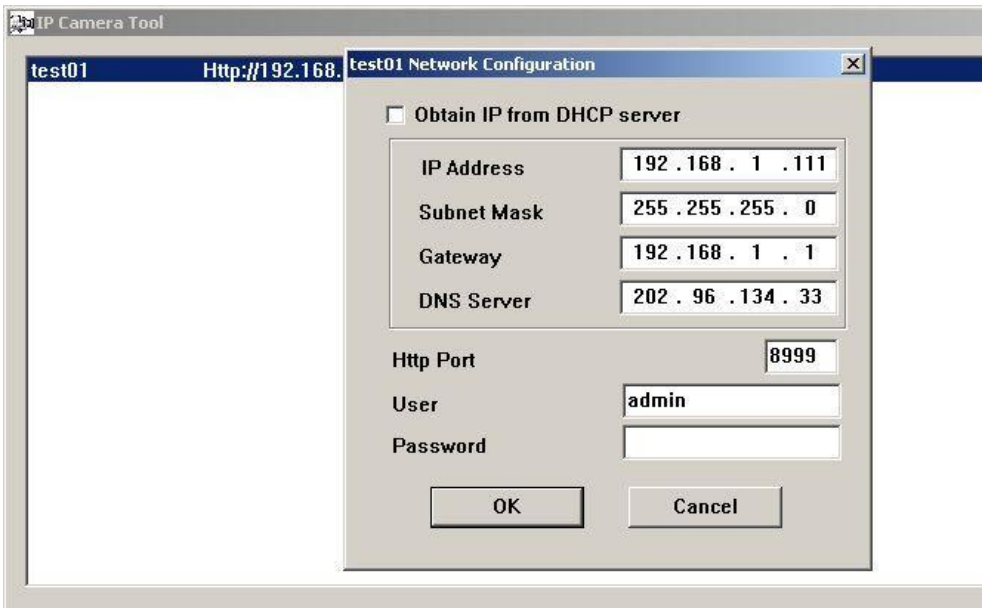
Imagen 7: Ip Cámara Tool (Propiedades básicas)




**Configuración de Red**

En esta página, podrá configurar los parámetros de red.

Imagen 8: Configuración de Red



**DHCP checkbox:** si está marcado, la cámara obtendrá la IP del servidor DHCP (Para esto el router al que se conecta debe tener función DHCP)

**IP address:** Indicará la dirección IP asignada para asegurar y muestra si tiene la misma subred de la puerta. (i.e. las tres primeras secciones son lo mismo)

**Mask:** La máscara por defecto de la subred de este equipo es: 255.255.255.0

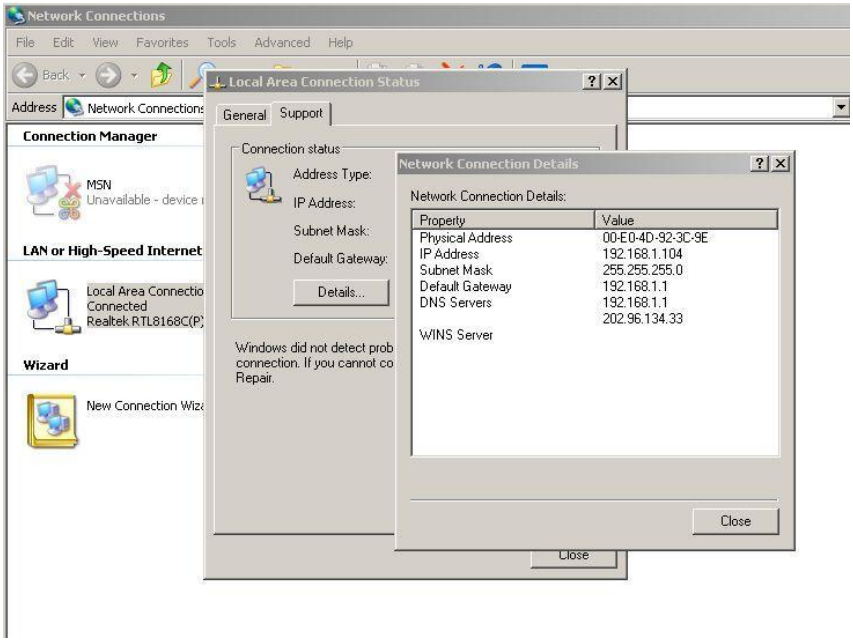
**Gateway:** Asegurese de que es la misma subred del PC. Por defecto es 192.168.1.1

**DNS:** Dirección IP suministrada por el suministrador de la red (ADSL).

Imagen 9: Configuración de red en el PC.



Imagen 10: Detalles de la configuración.




**Port:** Puerto de red asignado al equipo. Normalmente 80.

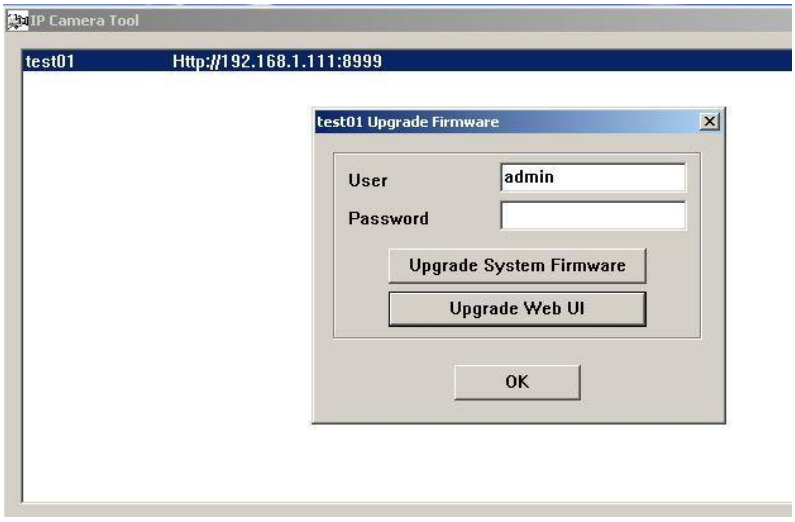
**User&Password:** Usuario y Clave. Por defecto es Usuario: admin – Clave: <dejar vacío Disponible Dhcp: El sistema asigna una dirección IP lógica para su equipo solo si su sistema soporta DHCP (en la mayoría de los casos es así).

**NOTE:** cuando se muestre el mensaje ”subnetdoesn’tmatch, dbclicktochange!”, por favor, haga doble clic para ajustar el valor o espere un momento porque, en ocasiones es un error temporal que se ajusta solo en pocos segundos.

**Actualización del Firmware**

Introduzca un Usuario y Password correcto para actualizar el Firmware y el interface de usuario Web (Web UI).

Imagen 11: Usuario y password




**Refresque la lista de cámaras**

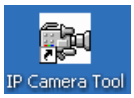
Refresque la lista de cámaras manualmente.

**FlushArp Buffer**

Cuando la red de cable y la red inalámbrica de la cámara se solapan en una IP fija hay un problema por el cual podrá ver la cámara pero no podrá abrir la página web. En este caso debe intentar la opción ”flusharp buffer”.

**Acceso a la Cámara**

Usted podrá acceder a la cámara usando IP Camera Tool o el Navegador de Internet directamente.

1. Doble clic en la dirección IP de la Cámara IP mostrada 

Se abrirá su navegador web por defecto automáticamente y se mostrará la página de acceso.
2. Acceda a la cámara desde el explorador de internet directamente tecleando la dirección IP mostrada, por ejemplo:

Imagen 12: Ejemplo de ingreso al sistema

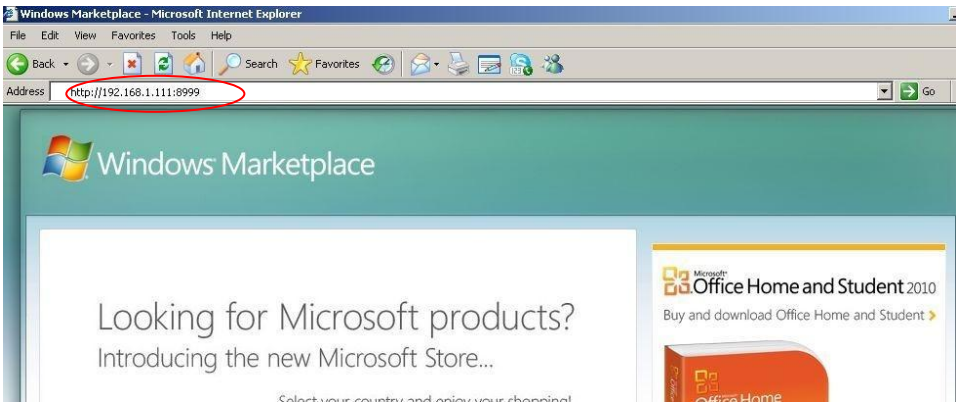
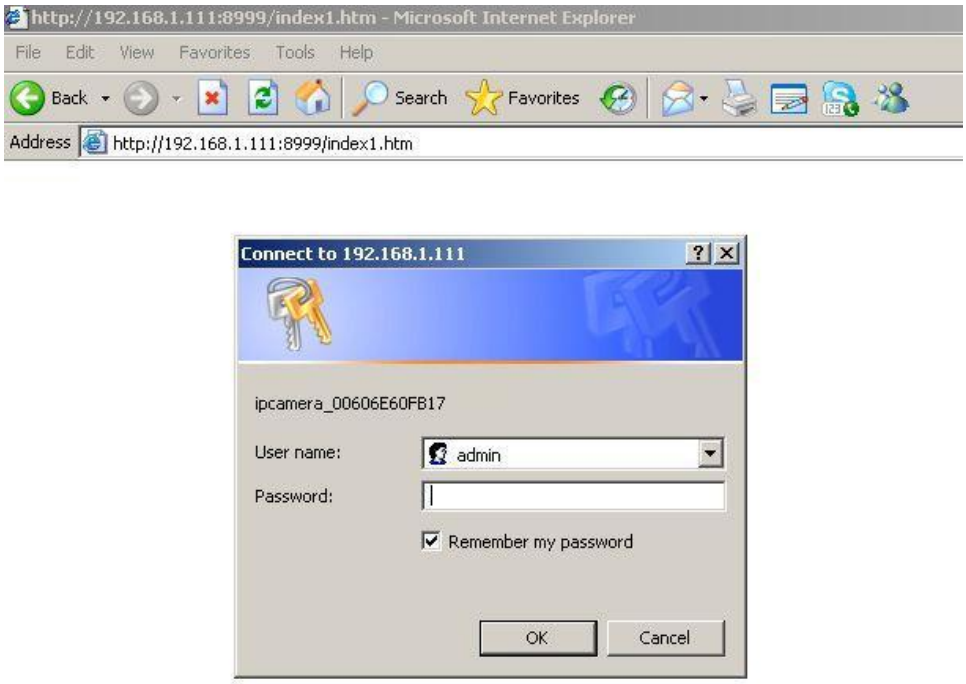
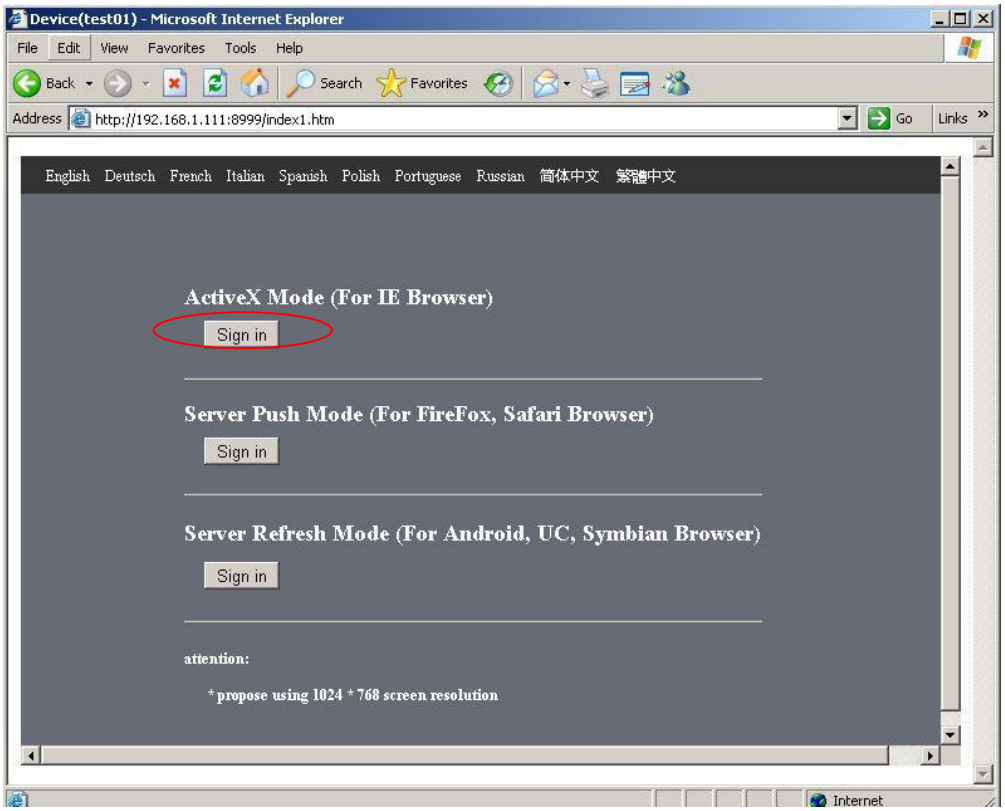


Imagen 13: Conectarse al servidor




Introduzca su usuario y password en la página de acceso como se muestra en la Figura. Por defecto, el usuario administrador es: **admin y no requiere password**. Haga clic en "Sign in" para acceder a la monitorización (Figura13). Se pueden dar usuarios y accesos a Administradores, Operadores y Visitantes.

Imagen 14: Acceso para el operador.

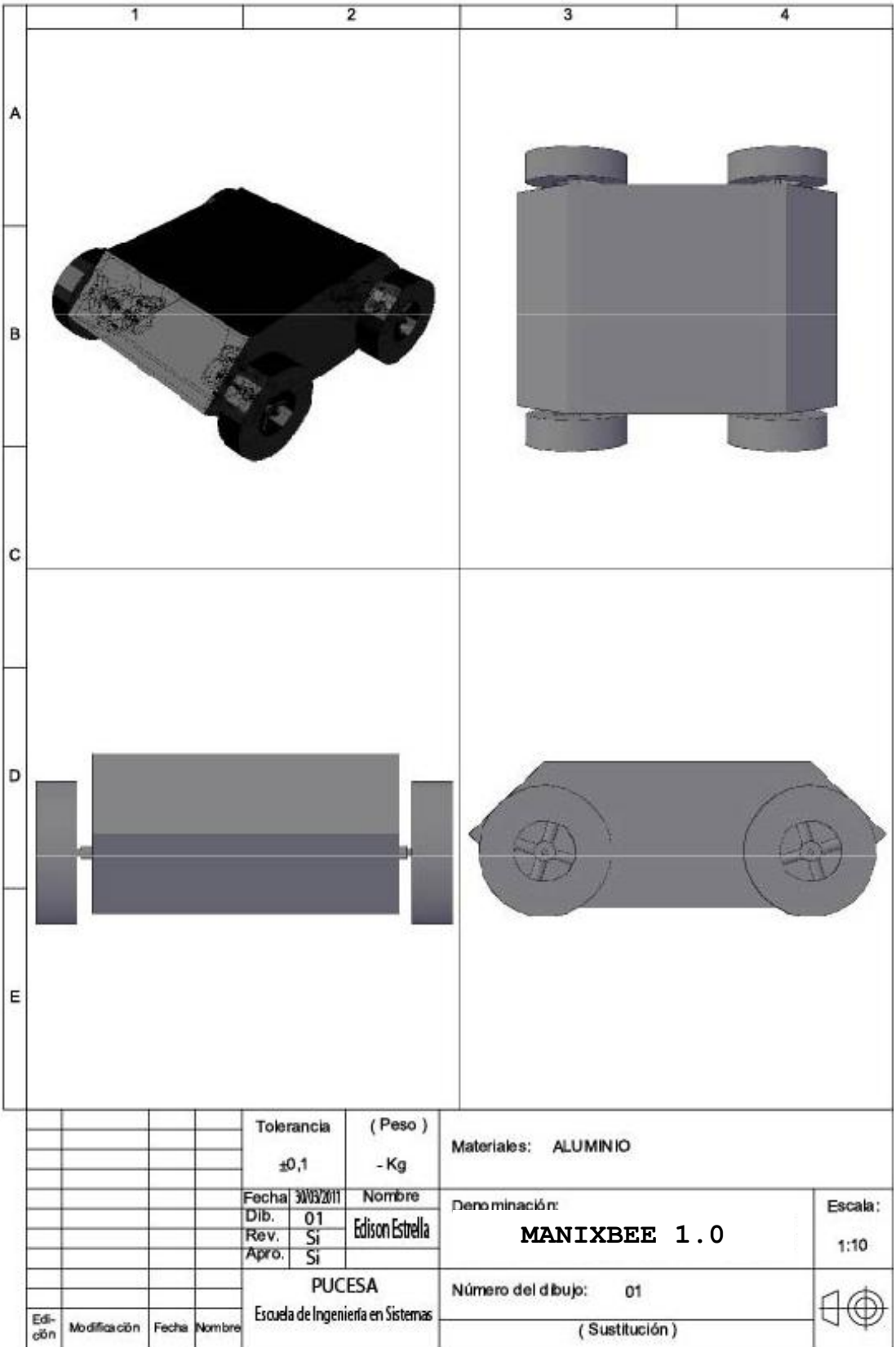



## Control de la cámara por WiFi.

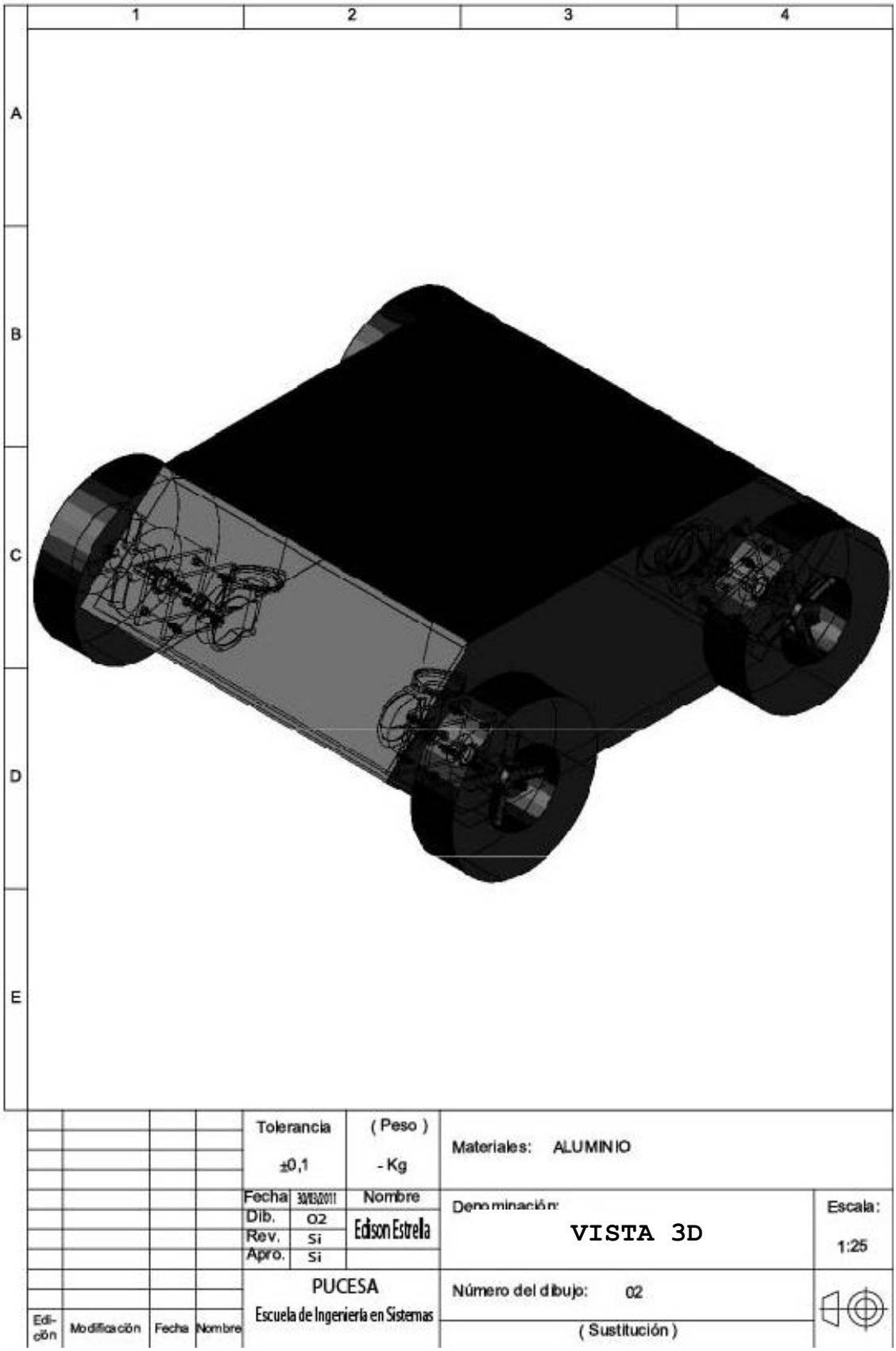
**Imagen 15: Control de la cámara por WiFi**



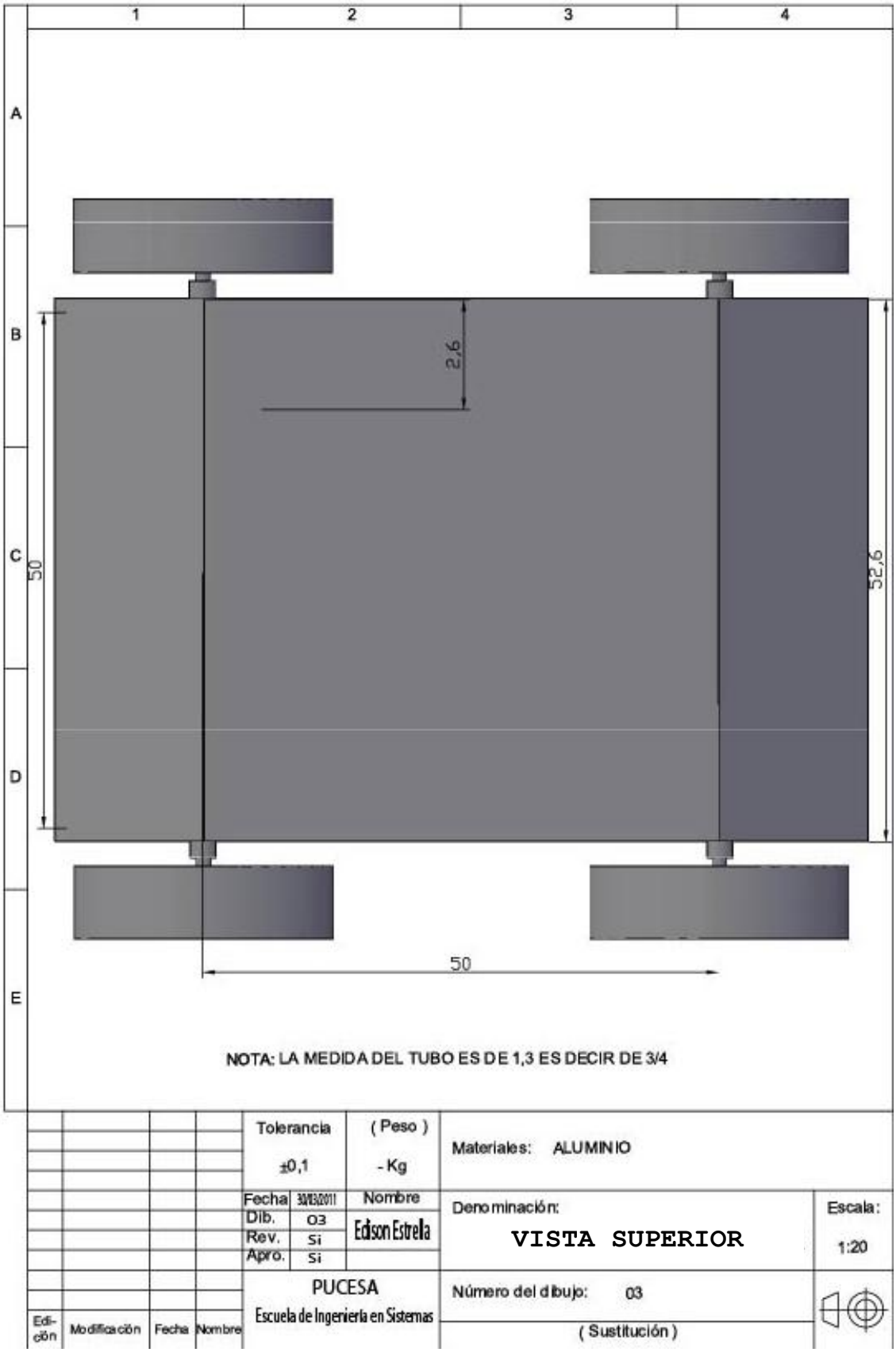
# Anexo 2: Planos Constructivos.



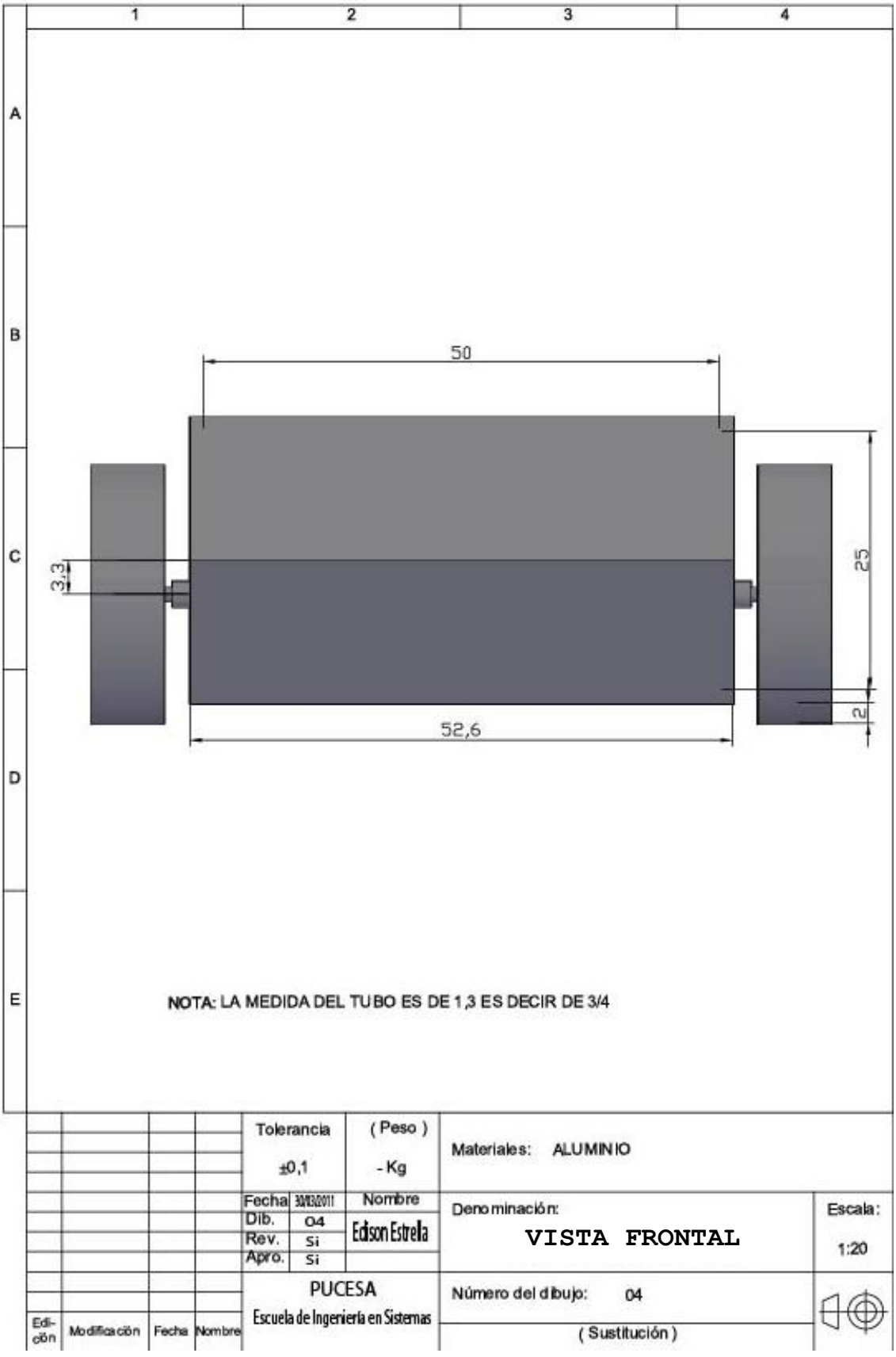

**Plano 1:** MANIXBEE 1.0



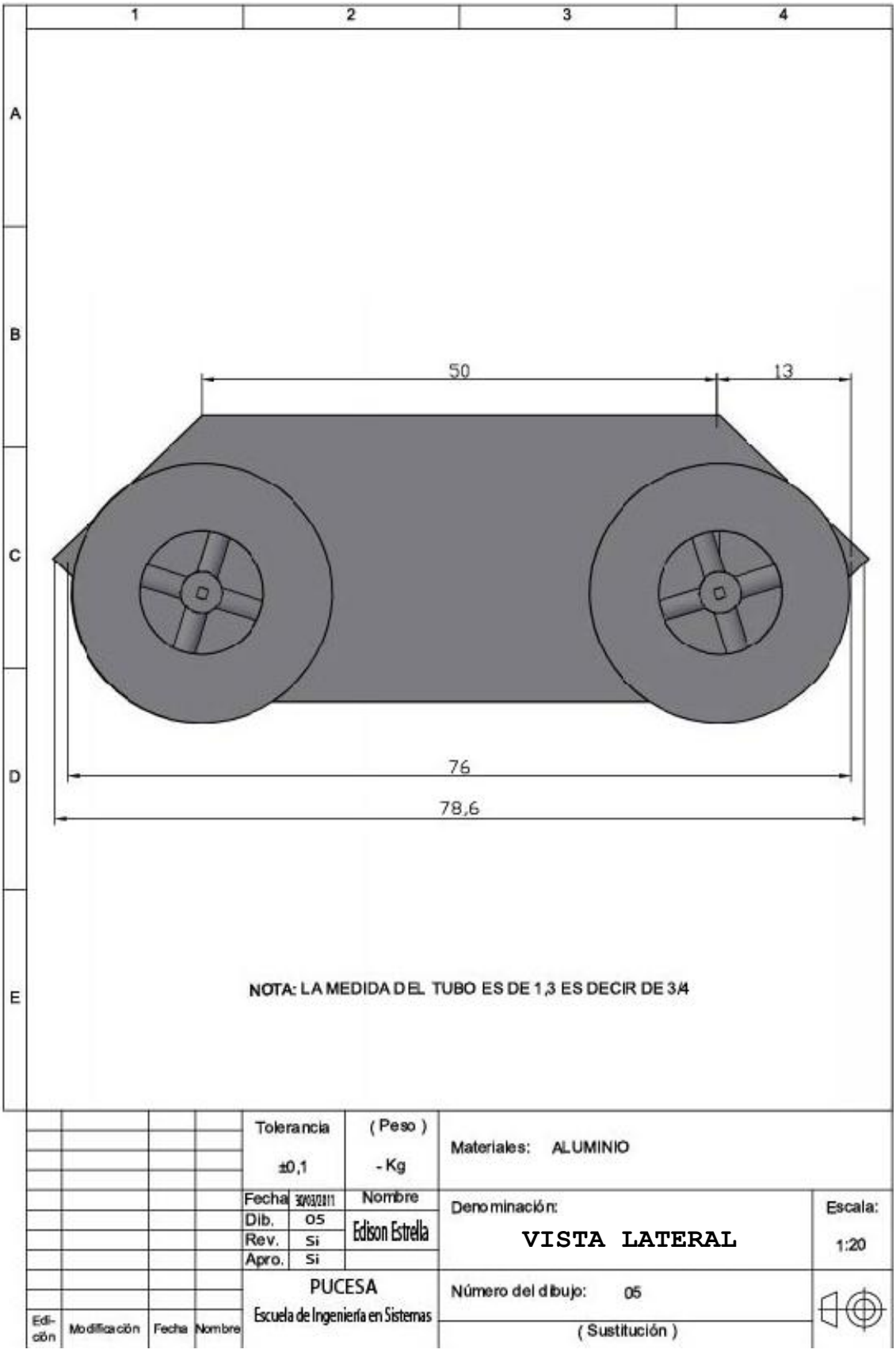

**Plano 2:** Vista 3D




**Plano 3:** Vista Superior




**Plano 4:** Vista Frontal




**Plano 5:** Vista Lateral

# Anexo 3: Programación de los Microcontroladores.

**PIC 18F4550.**

```
#include <18F4550.h>

#fuses
HSPLL,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP,NODEBUG,USBDIV,PLL5,CPUDIV1,V
REGEN

#use delay(clock=48000000)

#use rs232(baud=9600, xmit=PIN_A0,rcv=PIN_A1,STREAM=uno)

//#include <usb_cdc.h>

#define LOADER_END 0x7FF

#define LOADER_SIZE 0x6FF

#build(reset=LOADER_END+1, interrupt=LOADER_END+9)

#org 0, LOADER_END {} // nothing will replace the
bootloader memory space

// END OF bootloader definition

char c='k';

voidpinza_mas()

{
```

```
output_high(PIN_B0);

output_low(PIN_B1);

}

voidpinza_menos()

{

output_low(PIN_B0);

output_high(PIN_B1);

}

voidcodo_mas()

{

output_high(PIN_B2);

output_low(PIN_B3);

}

voidcodo_menos()

{

output_low(PIN_B2);

output_high(PIN_B3);

}

voidbase_mas()
```

```
{
output_high(PIN_B5);
output_low(PIN_B6);
}
voidbase_menos()
{
output_low(PIN_B5);
output_high(PIN_B6);
}
voidhombro_mas()
{
output_high(PIN_B7);
output_low(PIN_E0);
}
voidhombro_menos()
{
output_low(PIN_B7);
output_high(PIN_E0);
}
```

```
voidmuneca_mas()

{

output_high(PIN_E1);

output_low(PIN_E2);

}

voidmuneca_menos()

{

output_low(PIN_E1);

output_high(PIN_E2);

}

voidtodo_apagado()

{

output_low(PIN_B0);

output_low(PIN_B1);

output_low(PIN_B2);

output_low(PIN_B3);

output_low(PIN_B5);

output_low(PIN_B6);

output_low(PIN_B7);
```

```
output_low(PIN_E0);

output_low(PIN_E1);

output_low(PIN_E2);

}

voidadelante()

{

output_d(64|16|4|2);

}

voidatras()

{

output_d(128|32|8|1);

}

voidizquierda()

{

output_d(64|32|4|2);

}

voidderecha()

{

output_d(64|16|4|1);
```

```
}

void main()

{

setup_adc_ports( NO_ANALOGS);

setup_adc( ADC_OFF );

set_tris_d(0b00000000);

set_tris_a(0b11111110);

set_tris_b(0b00010000);

set_tris_e(0b11111000);

todo_apagado();

output_d(0b00000000);

while(true)

{

if(kbhit(uno))

          {

c=fgetc(uno);

switch(c){

case 'a':pinza_mas();

break;
```

```
case 'b':pinza_menos();

break;

case 'c':codo_mas();

break;

case 'd':codo_menos();

break;

case 'e':base_mas();

break;

case 'f':base_menos();

break;

case 'g':hombro_mas();

break;

case 'h':hombro_menos();

break;

case 'i':muneca_mas();

break;

case 'j':muneca_menos();

break;

case 'k':todo_apagado();
```

```
break;

              //control motores robot

case 'l':output_d(0b00000001);

break;

case 'm':output_d(0b00000010);

break;

case 'n':output_d(0b00000100);

break;

case 'o':output_d(0b00001000);

break;

case 'p':output_d(0b00010000);

break;

case 'q':output_d(0b00100000);

break;

case 'r':output_d(0b01000000);

break;

case 's':output_d(0b10000000);

break;

case 't':output_d(0b00000000);
```

```
break;

case 'u':adelante();

break;

case 'v':atras();

break;

case 'w':izquierda();

break;

case 'x':derecha();

break;



                }

          }

     }

 }
```

**PIC F182550**

```
#include <18F2550.h>

#fuses
HSPLL,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP,NODEBUG,USBDIV,PLL5,CPUDIV1,V
REGEN

#use delay(clock=48000000)

#use rs232(baud=9600, xmit=PIN_A0,rcv=PIN_A1,STREAM=uno)

#include <usb_cdc.h>

#define LOADER_END 0x7FF

#define LOADER_SIZE 0x6FF

#build(reset=LOADER_END+1, interrupt=LOADER_END+9)

#org 0, LOADER_END {} // nothing will replace the
bootloader memory space

// END OF bootloader definition

char c;


void main()

{
```

```
setup_adc_ports( NO_ANALOGS);

setup_adc( ADC_OFF );

set_tris_a(0b11111110);

usb_cdc_init();

usb_init();

while(!usb_cdc_connected()){}

printf(usb_cdc_putc, "ROBOT MOVIL\n\r");

while(true)

   {

usb_task();

if(usb_enumerated())

{

do{

if(kbhit(uno))

           {

c=fgetc(uno);

printf(usb_cdc_putc,"%c",c);

}
```

```
}while(!(usb_cdc_kbhit()));

          c=usb_cdc_getc();

printf("%c",c);

printf(usb_cdc_putc,"%c",c);

}

   }

}
```

**Programación del Brazo Mecánico y llantas en Visual Basic 6.0**

```
Dim bandera As Boolean
Dim tiempo As Integer
Dim x As Integer
Dim indice As Integer
Dim texto As String
Dim puerto As Integer
Dim Url As String
Private Sub Command1_Click()
If Me.Text01.Text <> "" Then    'si la caja de texto no
es vacia
Url = Me.Text01.Text           'Asignamos a URL el
contenido de text1
   Me.WebBrowser1.Navigate Url   'navegamos hasta la URL
End If
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()

'Navegamos a artehack.net

Url = "192.168.1.111:8999"

Me.WebBrowser1.Navigate Url

End Sub



Private Sub Form_Resize()

'Ajustamos los controles al ancho del formulario

Timer1.Enabled = False

Dim Ancho As Long

Dim Alto As Long

   Alto = Me.Height - 2000

Ancho = Me.Width - 7000

   Me.WebBrowser1.Width = Ancho  'ancho del form

   Me.WebBrowser1.Height = Alto  'Alto del form

End Sub

Private Sub WebBrowser1_DownloadComplete()

'Leevamos al caption de nuestro

'navegador el nombre de la pag donde estamos
```

```
Me.Caption = Me.WebBrowser1.LocationName
End Sub


Private Sub Adelante_Click() 'Mueve el robot hacia
Adelante
On Error GoTo Label1
   If bandera Then
        MSComm1.Output = "u"
bandera = False
        Timer1.Enabled = True
    Else
        MSComm1.Output = "t"
        Timer1.Enabled = False
bandera = True
    End If
Label1:
End Sub
Private Sub Aceptar_Click() 'permite aceptar la conexion
por el puerto COM seleccionado
```

```
On Error GoTo Label1
    puerto = Val(Text1.Text)
MSComm1.CommPort = puerto
    MSComm1.PortOpen = True
bandera = True
    Timer1.Enabled = False
    MSComm1.Output = "k"
indice = 0
Label1:
End Sub
Private Sub Atras_Click() 'Mueve el robot hacia Atras
On Error GoTo Label1
If bandera Then
        MSComm1.Output = "v"
bandera = False
        Timer1.Enabled = True
    Else
        MSComm1.Output = "t"
        Timer1.Enabled = False
```

```
bandera = True
    End If
Label1:
End Sub
Private Sub basederecha_Click() 'Mueve la base del brazo
hacia la derecha
On Error GoTo Label1
If bandera Then
        MSComm1.Output = "c"
bandera = False
        Timer1.Enabled = True
    Else
        MSComm1.Output = "k"
        Timer1.Enabled = False
bandera = True
    End If
Label1:
End Sub
```

```
Private Sub baseizquierda_Click() 'Mueve la base del
brazo hacia izquierda
On Error GoTo Label1
 If bandera Then
        MSComm1.Output = "b"
bandera = False
        Timer1.Enabled = True
    Else
        MSComm1.Output = "k"
        Timer1.Enabled = False
bandera = True
    End If
Label1:
End Sub
Private Sub codoabajo_Click() 'Mueve el codo del brazo
hacia abajo
On Error GoTo Label1
If bandera Then
        MSComm1.Output = "d"
```

```
bandera = False
        Timer1.Enabled = True
    Else
        MSComm1.Output = "k"
        Timer1.Enabled = False
bandera = True
    End If
Label1:
End Sub
Private Sub Codoarriba_Click() 'Mueve el codo del brazo
hacia arriba
On Error GoTo Label1
If bandera Then
        MSComm1.Output = "e"
bandera = False
        Timer1.Enabled = True
    Else
        MSComm1.Output = "k"
        Timer1.Enabled = False
```

```
bandera = True
    End If
Label1:
End Sub
Private Sub hombroabajo_Click() 'Mueve el hombro del
brazo hacia abajo
On Error GoTo Label1
If bandera Then
        MSComm1.Output = "a"
bandera = False
    Else
        MSComm1.Output = "k"
        Timer1.Enabled = False
bandera = True
    End If
Label1:
End Sub
Private Sub hombroarriba_Click() 'Mueve el hombro del
brazo hacia arriba
```

```
On Error GoTo Label1
If bandera Then
        MSComm1.Output = "h"
bandera = False
        Timer1.Enabled = True
    Else
        MSComm1.Output = "k"
        Timer1.Enabled = False
bandera = True
    End If
Label1:
End Sub
Private Sub Izquierda_Click() 'Mueve las llantas del
robot hacia la Izquierda
On Error GoTo Label1
If bandera Then
        MSComm1.Output = "w"
bandera = False
        Timer1.Enabled = True
```

```
    Else
        MSComm1.Output = "t"
        Timer1.Enabled = False
bandera = True
    End If
Label1:
End Sub
Private Sub Derecha_Click() 'Mueve las llantas del robot
hacia la Derecha
On Error GoTo Label1
If bandera Then
        MSComm1.Output = "x"
bandera = False
        Timer1.Enabled = True
    Else
        MSComm1.Output = "t"
        Timer1.Enabled = False
bandera = True
    End If
```

```
Label1:

End Sub

Private Sub Muñecaderecha_Click() 'Mueve la muñeca del
brazo hacia la derecha

On Error GoTo Label1

If bandera Then

        MSComm1.Output = "i"

bandera = False

        Timer1.Enabled = True

    Else

        MSComm1.Output = "k"

        Timer1.Enabled = False

bandera = True

    End If

Label1:

End Sub

Private Sub Muñecaizquierda_Click() 'Mueve la muñeca del
brazo hacia la izquierda

On Error GoTo Label1
```

```
If bandera Then
        MSComm1.Output = "j"
bandera = False
        Timer1.Enabled = True
    Else
        MSComm1.Output = "k"
        Timer1.Enabled = False
bandera = True
    End If
Label1:
End Sub
Private Sub pinzaabrir_Click() 'Abre las pinzas del brazo
On Error GoTo Label1
 If bandera Then
        MSComm1.Output = "g"
bandera = False
    Else
        MSComm1.Output = "k"
        Timer1.Enabled = False
```

```
bandera = True
    End If
Label1:
End Sub
Private Sub pinzacerrar_Click() 'Cierra las pinzas del
brazo
On Error GoTo Label1
  If bandera Then
        MSComm1.Output = "f"
bandera = False
        Timer1.Enabled = True
    Else
        MSComm1.Output = "k"
        Timer1.Enabled = False
bandera = True
    End If
Label1:
End Sub
Private Sub Salir_Click()
```

```
    End

End Sub

Private Sub Timer1_Timer()

tiempo = tiempo + 1

End Sub
```