Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Escuela de Electricidad y Electrónica

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE EQUIPO MODULAR PARA LABORATORIO DE MECATRÓNICA

Tesis para optar al título de Ingeniero Electrónico

Profesor Patrocinante:

Sr. Julio Zarecht Ortega

FRANCISCO JAVIER TRIVIÑO PEÑALOZA

VALDIVIA 2006

# Comision de Titulacion

Sr. Julio Zarecht Ortega _____

Sr. Pedro Rey Clericus _____

Sr. Jorge Morales Vilugrón _____

**A José Miguel  y Pamela**

# Agradecimientos

A todas las personas que de una u otra manera colaboraron para la realización de este trabajo y al termino de una etapa, todos a los que conocí aportaron algo, aunque no recuerde todos sus nombres .

A Don Julio por todo su apoyo y buenos consejos, espero no haberlo hecho rabiar demasiado, a mi familia que siempre creyó en mi y en mis ideas locas, a mis amigos de la universidad: Manolo, Tuto, Tuli, Maloso, Jerry, Flaco, 21, Guatón, Corcho, Chego, a la Vivi y todos los que por mi mala memoria se me olvidan

A mis amigos de mi ciudad natal Patty, Osse y a Juan Pablo que también ha hecho su aporte para que este trabajo se haya concretado, un agradecimiento especial a Daniel el cual ayudo en mucho para que este proyecto tomara forma.

Finalmente a la Pomes y a Josemi por su cariño e incentivo para terminar este proyecto.

# Índice

**RESUMEN** ..... **5**

**SUMMARY** ..... **6**

**OBJETIVOS** ..... **7**

**METODOLOGÍA DE TRABAJO** ..... **8**

**INTRODUCCIÓN** ..... **9**

**ÍNDICE** ..... **10**

**CAPITULO I ESTADO EN CHILE DE LA ROBÓTICA** ..... **14**

I.1 OBJETIVOS DEL CAPITULO ..... 14

I.2 PARALLAX INC. ..... 15

I.2 LEGO MINSTORM ..... 16

**CAPITULO II RAZONAMIENTO UTILIZADO PARA EL DISEÑO** ..... **19**

II.1. OBJETIVOS DEL CAPITULO ..... 19

II.2. PRIMERA SOLUCIÓN ..... 20

**CAPITULO III DISEÑO DE LOS MÓDULOS** ..... **24**

III.1. OBJETIVOS DEL CAPITULO ..... 24

III.2. BASE DE MICROCONTROLADORES ..... 25

***III.2.1. Circuito Esquemático*** ..... ***27***

***III.2.2 Circuito Impreso*** ..... ***28***

***III.2.3. Distribución de Componentes*** ..... ***29***

***III.2.4. Ejemplos de Conexión*** ..... ***31***

III.3. BRÚJULA DIGITAL ..... 34

III.3.1. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO ..... 35

III.3.2. CIRCUITO IMPRESO ..... 37

III.3.3. FUNCIONAMIENTO ..... 37

III.4. INTERFAZ DE POTENCIA ..... 39

***III.4.1 Descripción*** ..... ***39***

*III.4.2 Diseño Puente H..... 41*
*III.4.3. Esquemático..... 42*
*III.4.4. Distribución de Componentes..... 43*
*III.4.5. Conexiones..... 43*
III.5. MODULO DE PRUEBAS ..... 47
*III.5.1. Diagrama Esquemático ..... 47*
*III.5.2. Programa ..... 48*
*III.5.3. Funcionamiento..... 50*
III.6. LED MONITORES ..... 52
III.6.1. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO ..... 52
III.7. SENSOR DE OBJETOS POR REFLEXIÓN..... 53
*III.7.1. Diagrama Esquemático ..... 55*
*III.7.2. Funcionamiento..... 55*
*III.7.3. Circuito Impreso ..... 56*
III.8. SENSOR DE TACTO..... 57
*III.8.1. Diagrama Equemático..... 57*
*III.8.3. Disposición de Componentes..... 59*
**III.9. OTROS DISPOSITIVOS.....60**
III.9.1. SERVOMOTOR..... 60
*III.9.1.1. Funcionamiento del Srvo..... 63*
*III.9.1.2. Funcionamiento En Rotación Continua ..... 65*
III.9.2. MOTOR PASO A PASO..... 66
*III.9.2.2. Tipos De Motores..... 68*
*Iii.9.2.3. Secuencias Para Manejar Motores Paso A Paso Bipolares ..... 70*
*III.2.4. Secuencias Para Manejar Motores Paso A Paso Unipolares..... 70*
**CAPITULO IV DISEÑO MALETÍN Y ACCESORIOS.....75**
**IV.1. OBJETIVOS**..... 75
**IV.3. MALETÍN**..... 76
**IV.3. ACCESORIOS**..... 79

**IV.4. ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS** ..... 80
***IV.4.1. Viga Larga*** ..... ***81***
***IV.4.2. Viga Corta*** ..... ***83***
***IV.4.3. Rueda*** ..... ***84***
***IV.4.4. Llanta*** ..... ***84***
***IV.4.5. Cardan*** ..... ***85***
***IV.4.6. Tapa*** ..... ***86***

**CAPITULO V APLICACIONES CON EL EQUIPO MODULAR DE MECATRÓNICA** ..... **95**

**V.1. OBJETIVOS DEL CAPITULO** ..... 95
**V.1. APLICACIÓN N°1** ..... 96
***V.1.1. Robot Básico*** ..... ***96***
***V.1.2. Requerimientos*** ..... ***96***
***V.1.3. Requerimientos de Hardware*** ..... ***97***
***V.1.4. Forma de armado*** ..... ***98***
***V.1.5. Ensamblado Cuerpo*** ..... ***99***
***V.1.6. Armado Sensores*** ..... ***102***
***V.1.7. Conexión de Sensores y Circuito de Microcontrolador*** ..... ***102***
***V.1.8. Razonamiento de funcionamiento*** ..... ***103***
***V.1.9. Solución con dos Sensores*** ..... ***103***
***V.1.10. Programación*** ..... ***104***
***V.1.11. Diagrama de Flujo*** ..... ***106***
***V.1.13. Diagrama de Flujo*** ..... ***109***
**V.2. APLICACIÓN N°2** ..... 109
***V.2.1. Robot Araña*** ..... ***110***
***V.2.2. Requerimientos del sistema*** ..... ***110***
***V.2.3. Requerimientos de Hardware*** ..... ***111***
***V.2.4. Armado de Patas*** ..... ***112***
***V.2.5. Configuración Baterías y Sensores*** ..... ***114***
***V.2.6. Ensamblado Cuerpo*** ..... ***115***

*V.2.7. Conexiones* ..... *119*
*V.2.8. Razonamiento* ..... *120*
*V.2.9. Diagrama de flujo* ..... *122*
**V.3. APLICACIÓN N°3** ..... 124
*V.3.1. Brazo Robótico* ..... *124*
*V.3.2. Requerimientos del sistema* ..... *124*
*V.3.3. Requerimientos de Hardware* ..... *125*
*V.3.5. Armado Manipulador* ..... *128*
*V.3.6. Ensamblado Cuerpo* ..... *129*
*V.3.7. Conexiones* ..... *134*
*V.3.9. Programación* ..... *136*
*V.3.10. Diagrama de flujo* ..... *138*
**CONCLUSIONES** ..... **139**
**RESULTADOS** ..... **142**
**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS** ..... **144**
**ANEXO 1 COTAS DE ESTRUCTURAS** ..... **146**
**ANEXO 2 PROGRAMAS** ..... **156**

# Resumen

El trabajo consiste básicamente en diseñar e implementar un equipo modular para el aprendizaje de robótica, el cual contendrá actuadores, sensores y la posibilidad de conectarlos a diferentes tipos de controladores, estos pueden ser microntroladores de las diferentes marcas que existen en el mercado, dentro del mismo equipo modular, se provee una base donde ubicar el dispositivo controlador. El equipo modular esta contenido dentro de un maletín que sirve de transporte y resguardo. Todos los dispositivos contenidos en el maletín tienen la opción de funcionar dentro de este, a modo de ensayo de su funcionalidad y test de configuraciones, y una ves comprobado su funcionamiento pueden ser retirados de su posición original y montados en una estructura para darle movilidad y control, cumpliendo el objetivo final que es controlar un robot.

# Summary

The thesis work, consists basically to design and to implement a modular equipment for the robotics learning, which to contain actuators, sensors and the possibility of connecting them to different types from controller, these can be microcontroller of the different marks that exist in the market, within he himself modular equipment provides a base where to locate the device controller. The modular equipment this content within suitcase that serves as transport and defense. All the devices contained in suitcase have option to work within this, as a test of their functionality and test of configurations, and one you see verified its operation can be retired of his original position and be mounted in a structure to give him to mobility and control, fulfilling the final mission that is to control a robot.

# Objetivos

- Diseñar e implementar un equipo modular de entrenamiento para el manejo de robot de pequeña escala.

- Desarrollar experiencias de laboratorio con el equipo modular.

- Adquirir destreza en el manejo de sistemas con retroalimentación.

- Proporcionar ejemplos de las mejores formas de configuración de sensores y actuadores.

- Facilitar la puesta en marcha de proyectos relacionados con el área de robótica.

- Construir de forma más rápida robot para el aprendizaje.

# Metodología de trabajo

El desarrollo de la tesis contempla las siguientes etapas:

1. Planteamiento del problema que se ha detectado dentro del aprendizaje de la robótica en las aulas universitarias.
2. un análisis al estado de la robótica en nuestro país, centrado en los productos ofrecidos aquí en chile para su desarrollo de forma fácil y didáctica.
3. razonamiento lógico de cómo se ideo la solución al problema formulado en el primer punto, observando las ventajas y desventajas de otros sistemas de aprendizaje de esta disciplina.
4. descripción detallada modulo a modulo de el razonamiento utilizado para su diseño , implementación y forma de funcionamiento.
5. demostración de conexión ínter módulos de forma grafica y didáctica.
6. Realización de una serie de experiencias con el fin de dar una aplicación educativa al equipo aquí propuesto.
7. Gracias a todo lo antes enumerado, plantear una seria de conclusiones y resultados que resuman el trabajo realizado e incentive la creación de nuevos módulos para su posterior inserción al equipo modular.

# Introducción

Se ha detectado un mayor interés dentro de los alumnos de ingeniería electrónica el aprender a controlar robots. Este aprendizaje se ha visto dificultado por no contar con éstos en los laboratorios, por lo que alumnos que deseaban practicar esta actividad deben construir el dispositivo. Debido a lo costoso que resulta construir un robot con las mejores piezas, es que se ven obligados a diseñar e implementar elementos que reemplacen a sensores y actuadores, obteniendo como resultado un robot que no tiene las mejores características para educación, además de que la experiencia ganada por el alumno no puede ser traspasada a otro para que éste le saque provecho, por lo que este último debe partir desde cero sin lograr una diferencia notable con lo aprendido anteriormente.

Dentro de la variada gama en el mundo de equipos modulares o módulos de entrenamiento para microcontroladores, se ha detectado que estos estaban diseñados para funcionar solo con los componentes de sus propias marcas, en algunos de los de estos y sin la posibilidad de reutilizar el modulo de una marca especifica para hacer funcionar algún microcontrolador de otra.

En el diseño propuesto para este trabajo de titulo, esta dificultad es superada, ya que el equipo diseñado en módulos, es capaz de adaptarse a cualquier tipo de microcontrolador, de cualquier empresa, respetando si los voltajes TTL, además de no quedar obsoleto en el tiempo debido a lo antes mencionado, a continuación se explicara el diseño escogido para este equipo modular, explicando cada una de las partes que lo componen.

# Capitulo I Estado en Chile de la Robótica

A partir del año 2002, en chile se a comenzado a vivir un despertar en el desarrollo de aplicaciones menor de la robótica, debido principalmente por el incentivo a la participación de concursos universitarios de robótica, los cuales obligan a los alumnos participantes a adentrase en este mundo fascinante y compartir esta información con sus mas cercanos, esto ha ayudado a que el nivel de estos concurso y las soluciones a los problemas propuestos sean cada vez mas complejos, por esto el control de estos autómatas se deja en manos de pequeños computadores llamados microcontroladores, los cuales gobiernan estos aparatos tomando decisiones según lo programado por su creador, debido a que se interactúa con un medio que no tiene variables de resultados controlados, el manejo de estos autómatas se hace muy difícil, para ayudar a la simulación y entrenamiento en la programación de microcontroladores, existe varios módulos diseñados por fabricantes de microcontroladores o distribuidores de estos, dedicados a realizar pruebas de programación , ingreso de datos y respuesta en actuadores, facilitando el aprendizaje y corrección de errores antes de gastar dinero en hacer la solución final, los microcontroladores son programados en lenguaje ensamblador, como este es un lenguaje de bajo nivel algunas empresas han desarrollado soluciones para que esta programación se haga en lenguajes de alto nivel, tales como Pascal, C, Basic, entre otros, los cuales facilitan la programación de estos pudiendo desarrollar aplicaciones mas rápidamente, dentro de estas empresas se destaca Parallax INC. La cual ha desarrollado su producto basic stamp, esta empresa en particular desarrolla además kits roboticos incluyendo todo lo necesario para hacer funcionar pequeños robot.

## I.1 Objetivos del Capitulo

- Entregar un panorama del estado de la tecnología para armar pequeños robot en nuestro país.

# I.2 PARALLAX INC.

Como ya se comento dentro de la variada gama de productos que se ofrecen para desarrollar aplicaciones con micro controladores, se destaca lo ofrecido por la empresa parallax, la cual con su producto basic stamp, facilita en gran medida a la introducción al control de pequeños autómatas, poniendo a disposición distintos modelos de microcontroladores con diferentes capacidades de procesamiento y almacenamiento de datos, cabe señalar que para cada uno de estos modelos de microcontroladores hay un modulo de desarrollo asociado, otro de los alcances que se pueden mencionar es que los micro controladores se programan en lenguaje basic lo cual da una ventaja ya que se pueden hacer programas con relativa velocidad pero por otro lado impidiendo la posibilidad de controlar los tiempo de ejecución de las instrucciones, lo cual viene de la mano al alcanzar un dominio mayor en el manejo de los microcontroladores.

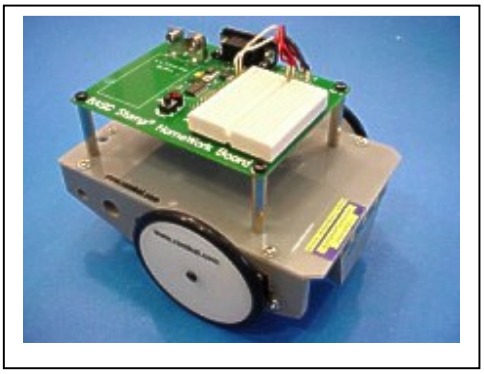


Fig.1

Fig.2

Los Robot en venta vienen prefabricados lo cual facilita su armado y puesta en marcha , para cada robot en venta hay una placa controladora asociada para mayor facilidad de conexionado, esta plaqueta esta diseñada exclusivamente para este robot, para nuevas aplicaciones hay distintas placas de desarrollo en venta a través de su representante en Chile de la marca (Rambal) una de sus desventajas es que no da casi ninguna posibilidad para poder configurar otro diseño sin tener que intervenir la estructura nuevamente(cortar, perforar, soldar).

# I.3 LEGO MINSTORM

Otro posible sustituto seria este KIT que se vende como juguete creativo y plataforma educativa que por la empresa Lego, al cual a través de su línea lego mindstorm ofrece en sus bloques de plástico una forma muy fácil de armar pequeños mecanismos controlados por un cerebro llamado RCX, la potencia de este Kit radica en la facilidad de poner los proyectos en marcha, ya que hasta un niño de cinco años puede armar un aparato con bloques lego, la posibilidad de utilizar distintas piezas mecánicas para luego controlarlas aventaja enormemente a otros kits de robótica, todo el control de los posibles robot recae en su procesador central (el ladrillo RCX) y un conjunto de piezas LEGO que se ensamblan mecánicamente para montar el control del cuerpo. Entre los sensores, que se conectan como piezas LEGO, los hay de luz, de choque, de rotación, etc. Los actuadores son principalmente motores. El procesador es un micro Hitachi H8/3297 de 8 bits, con 32 KB de memoria RAM, sobre el que se ejecuta un sistema operativo propio de LEGO.

Fig.3

Hay varias alternativas para programarlo, y todas utilizan el PC como entorno de desarrollo, descargando el programa en el RCX a través del enlace de infrarrojos que posee (por puerto serie o USB). LEGO ofrece un entorno visual de programación orientado a los niños, llamado RCX-code, estructuras de control (condicionales, bucles, etc.). Otro entorno gráfico con el que se puede programar es Robolab, una adaptación de LabView, de National Instruments. Una posibilidad mas de programación es el lenguaje NQC, creado por Dave Baum (Baum, 2000). Este lenguaje textual es una variante recortada de C que dispone de instrucciones propias para el acceso a sensores y actuadores. Tanto los programas en RCX-code como en NQC se compilan a código intermedio que se interpreta en tiempo de ejecución en el propio ladrillo.

Debido a la popularidad de este robot, algunos aficionados han desarrollado sistemas operativos alternativos que reemplazan al nativo de LEGO y exprimen
mejor las posibilidades del hardware. El sistema operativo libre BrickOS, desarrollado por Markus L. Noga, permite la programación del ladrillo en lenguaje C. En este caso, el compilador genera código no interpretado, que ejecuta directamente sobre el microcontrolador, por lo que se gana en eficiencia temporal. Del mismo modo, el sistema operativo LeJOS permite la creación de aplicaciones en JAVA. Todos estos sistemas operativos, incluyendo al original de LEGO, ofrecen la capacidad de multitarea. En todos los casos el entorno de programación es muy básico. Como

es un robot muy limitado en cuanto a número y calidad de sensores y de actuadores(solo tres entradas y tres salidas).

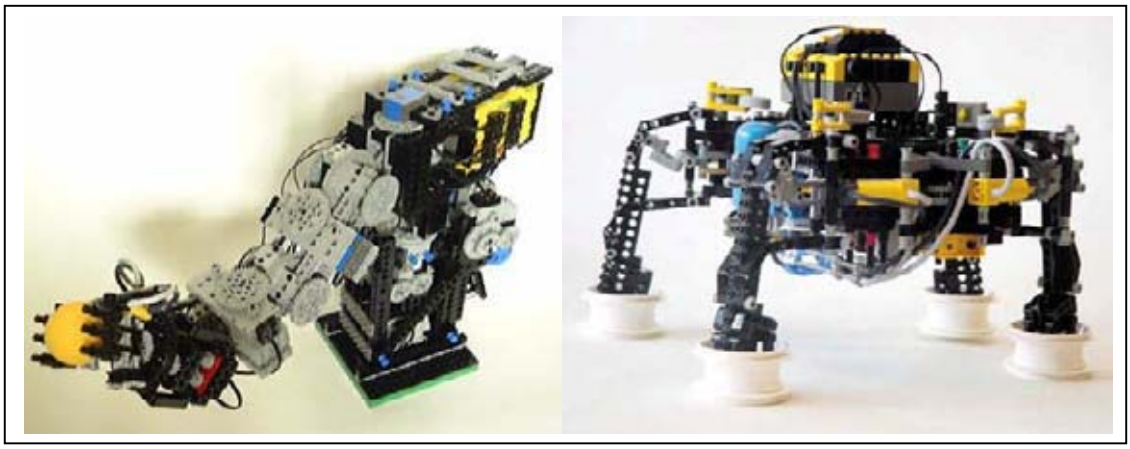


Fig.4

Los comportamientos generables con él tienden a ser sencillos en cuanto a desarrollos para la industria es casi nulo, o sea la aplicación es para educación en programación, sin entender mucho del control electrónico y de que hace realmente. Por eso no es necesaria una plataforma de desarrollo y las aplicaciones se pueden hacer sin problemas programando directamente sobre la aplicación que corre en el sistema operativo.

# Capitulo II Razonamiento Utilizado para el Diseño

El diseño aquí presentado corresponde a una larga investigación y pruebas en terreno de esta, sobre como configurar los circuitos para hacerlos compatibles a los diferentes componentes aquí construidos, por lo que se llego a la a una base para toda su construcción, la compatibilidad de conexionado y alimentación, otra punto importante, en cual se baso la creación de los módulos electrónicos, es la posibilidad de que la placa del controlador pueda ser lo bastante versátil , como para soportar distintas modificaciones (agregar o sacar nuevos módulos), debido que es frecuente que en plena etapa de construcción de algún robot nos falte algún pin de entrada o salida para algún sensor o actuador, debiendo el fabricante modificar burdamente la placa, o construir de cero una nueva.

## II.1. Objetivos del capitulo

- Explicar el razonamiento lógico para la construcción de los módulos.

## II.2. Primera solución

La primera solución apareció debido a que para realizar el movimiento de los robots en su gran mayoría se utilizan servomotores de aeromodelismo, los cuales pueden ser conectados directamente al microcontrolador, este conector de tipo slim contiene tres cables que dan energía y control a el servo, la configuración se observa en la figura.

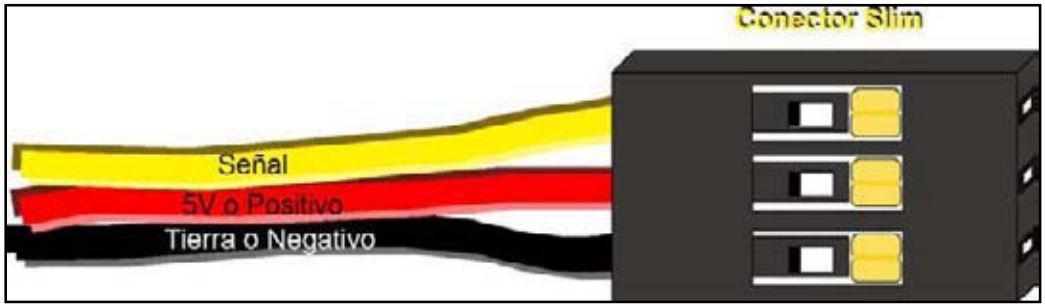



Fig.5

El primer problema al diseñar una placa y fabricarla, es el darse cuenta después de montado el circuito que falta alguna conexión para un servomotor extra, para evitar esto se deben habilitar varias conexiones tipo pinhead para el posterior acoplamiento de nuevos servos que puedan ser agregados con posterioridad y que no habían sido concebidos en la idea original, observando que esta conexión disponible no solo podía servir para conectar servos, debido a que uno de los pinhead esta conectado directamente al microcontrolador dejando disponible esta como entra o salida de datos.

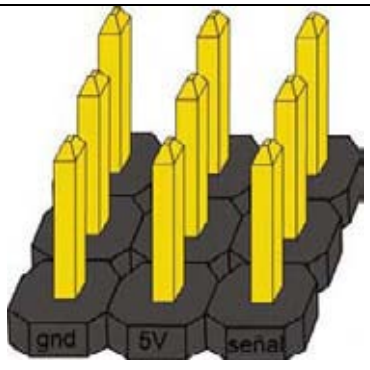



Fig.6 Pin señal directo a microcontrolador.

Como también se hizo necesario agregar nuevos sensores o salidas de datos a otros sectores, las conexiones se realizaron en su mayoría directamente al pin de señal, soldando un cable, sin utilizar un conector, ya que la placa o modulo que contenía el nuevo sensor o actuador se alimentaba directamente desde la batería o fuente de poder principal, entonces la pregunta lógica que se realizo fue,¿Por qué no dejar todas las salidas o entradas de un microcontrolador conectadas con este tipo de pines? De esa manera se evitaba el estar modificando la placa de control cada vez que se necesite algún dispositivo, y las alimentación saldrían todas desde el mismo lugar aprovechando que el conector slim soporta tres cables.

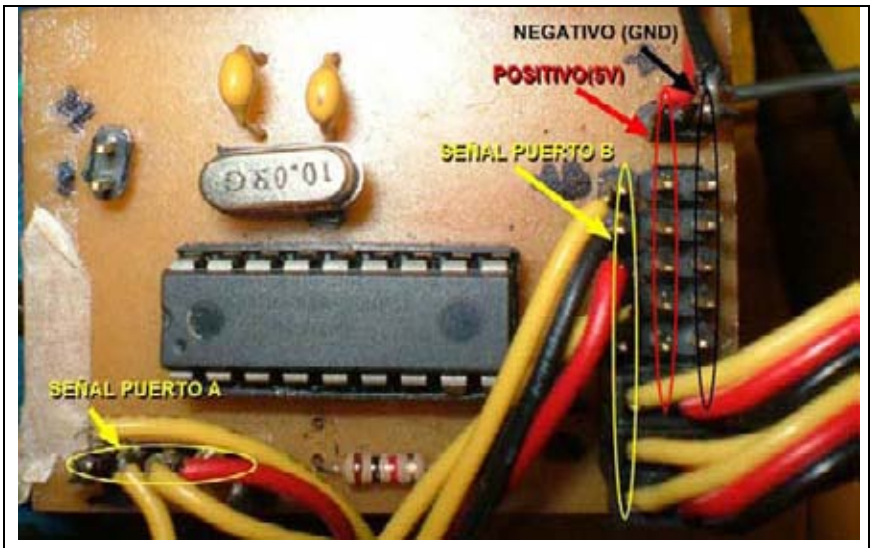
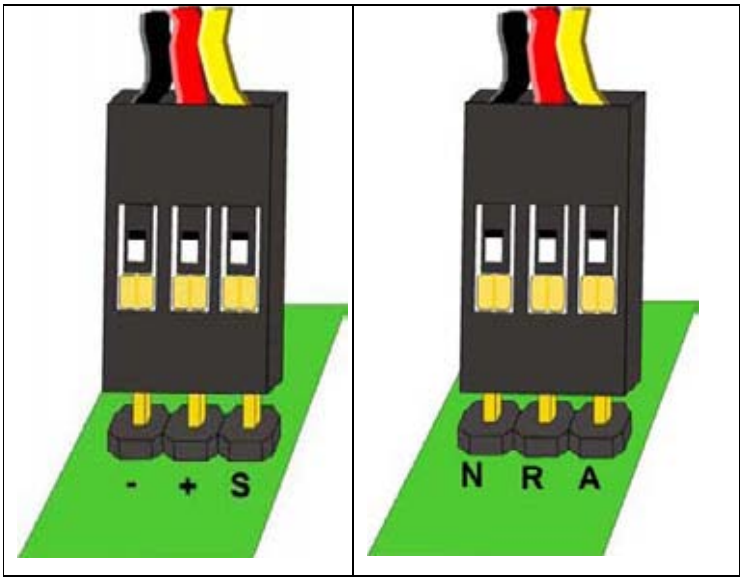



Fig.7 Primera placa de microcontrolador con conexiones universales.

La primera placa de control se fabrico en base a un microcontrolador PIC 16F84 dejando disponibles 13 entradas o salidas conectables a través de pines head y su configuración de alimentación, oscilación y reset impreso en la placa de cobre, como se puede observar en la figura los pines no utilizados por conectores de servomotores son utilizados por cables que llevan la señal discreta hacia o desde el microcontrolador, al m0ontar este diseño se pudo visualizar una solución que es la que se presenta en este documento, y se comenta aquí para dejar constancia del razonamiento lógico de la creación aquí presentada.

Para evitar el uso innecesario de cables de alimentación, que están aparte de la señales es que todo el diseño aquí propuesto tendrá el siguiente estándar:

.-Cada modulo llevara tres pines como mínimo, estos serian tierra, Vss y la señal de control, el negro para identificar la tierra, rojo para Vss y amarillo para señal, se decidió esta forma debido a que en distintas ocasiones se han realizado conexiones, las cuales tan solo llevan la información, dejando que las alimentaciones se suministren aparte, esto trae como consecuencia que la mayoría de las veces , no se sabe porque un determinado circuito no funciona(no hay alimentación) además de un desorden en los cables que llevan el voltaje, asi hay una mayor facilidad y rapidez en el funcionamiento aquí propuestos, o algunos nuevos que se puedan adjuntar. Cada una de las partes que componen al equipo modular tiene esta configuración de alimentación, la cual esta respectivamente señalizada, para así no cometer errores la momento de la conexión los cuales puede traer como consecuencia una falla en el equipo. La forma de conexión que llevara o traerá información desde y hacia el microcontrolador , además de su forma de reconocer cola forma de conectar.




Es aplicar el estándar de indicar en todas las placas de circuitos la posición del conector, para así facilitar su correcto funcionamiento, en la figura de la izquierda corresponde a la señalización por símbolos en el cual esta negativo (-) correspondiente al color negro, positivo (+) color rojo y señal (s) color amarillo. Para la figura de el lado derecho es otra forma de identificar

los colores a través de sus iniciales, así es que como para el color negro corresponde la letra “N”, para el rojo la “R” y para el amarillo la letra”S”.

.-El modulo principal no contara con conexiones predispuestas, las cuales incluyen incluso las alimentaciones y entradas de osciladores, pudiendo así dar nuevas posibles configuraciones.

Para este último punto en especifico es que se propone el siguiente circuito, el cual se explica en el capitulo a continuación.

# Capitulo III Diseño de los Módulos

Si bien los sensores y actuadores utilizados en robótica pueden ser muy variados, los escogidos y desarrollados para este trabajo de titulo tienen ciertas características que los hacen únicos y a la vez muy simples de utilizar.

Para lograr una perfecta cohesión de estoas módulos periféricos en este capitulo se describirá paso a paso el diseño de cada modulo que compone la maleta para el laboratorio de mecatrónica.

## III.1. Objetivos del capitulo

- Dar a conocer el diseño de cada circuito implementado para el equipo modular.
- Comprender la lógica que permitió su diseño.
- Reconocer todas las posibles configuraciones que se pueden dar entre estos módulos.

## III.2. Base de Microcontroladores

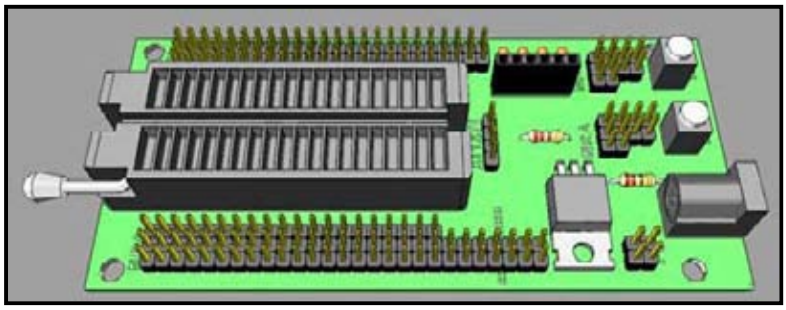


Fig.9

El diseño aquí planteado es el control de la totalidad de los sensores y actuadores propuestos, además permite la conexión de cualquier tipo de microcontrolador he incluso algunos tipo de memoria y compuertas lógicas, esto debido a que el modulo no tiene configuraciones de entradas o salidas fijas, todos los puntos de conexión pueden ser utilizados como se estime necesario. Gracias a esta propiedad es que este modulo puede ser utilizado para varios tipos de microcontroladores de distintas marcas y modelos. El modulo de microcontrolador puede ser utilizado en todas las familias de PIC de modelo o empaque tipo DIP, o si se tiene un adaptador de microcontroladores tipo montaje superficial (SOIC, SSOP, PLCC) a DIP también se puede utilizar.

Como ya se comento el hecho de que su diseño no tiene configuraciones de pistas preestablecidas como alimentación, Master clear, reset, Oscilación, etc… permite que microcontroladores de distintas marcas pueden ser utilizados por ejemplo la familia de Texas Instruments, Intel, Atmel Y Motorota, además de la popular familia de microcontroladores PIC de microchip.

Como se comento antes de comenzar la explicación de la base de microcontroladores la primera base expuesta permitió el diseño de la base actual, ya que indujo a las conclusiones; ¿Por qué no hacer que todos los módulos se conecten como lo hacen los servomotores?, ¿Por qué no hacer que además de poder conectar el microcontrolador 16F84 se puedan conectar otro tipo de microcontroladores?, ¿porque no dejar que todas las conexiones se hagan en base a las mismas

conexiones que rigen a los servomotores , dejando que las alimentación de loas microcontroladores se obtenga mediante puentes?

Para realizar el soporte de distintos tipos de microcontroladores es que se decidió utilizar una base que contenga estos, tan versátil como la placa en si, para esto la base de circuitos integrados ZIF (**Z**ero **I**nserción **F**orce) de Aries electronics fue la escogida.

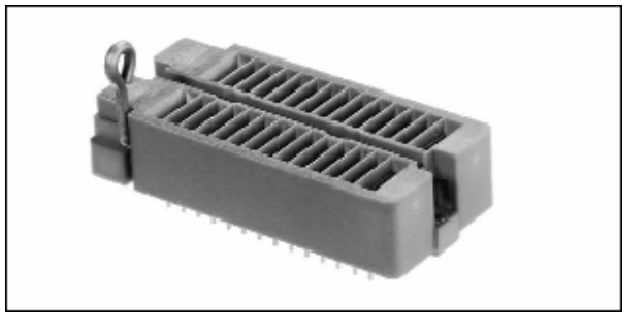


Fig.10

Esta base permite la introducción y retiro de circuitos integrados tal como lo dice su nombre en ingles SIN FUERZA, permitiendo que los pines de estos no se dañen logrando una larga vida útil. El modelo de la base ZIF corresponde a la de 40 pines, aunque esta disponible la versión de 48 pines , además para disponer de el mayor numero de facilidades de conexión se dispusieron dos botones para facilitar la partida o el reset de un microcontrolador, la alimentación también puede variar desde los 5 volt que se conectan directamente a la placa, si no se cuenta con un voltaje de 5V regulados que es necesario para el funcionamiento de la mayoría de los microcontroladores, Se diseño de tal forma que no esta limitado solo a este voltaje, ya que se puede desconectar fácilmente de el resto del circuito de alimentación, suministrando el voltaje que se estime conveniente, o pasar por un regulador de voltaje de 5 Volt en el caso de necesitar este valor.

### III.2.1. Circuito Esquemático

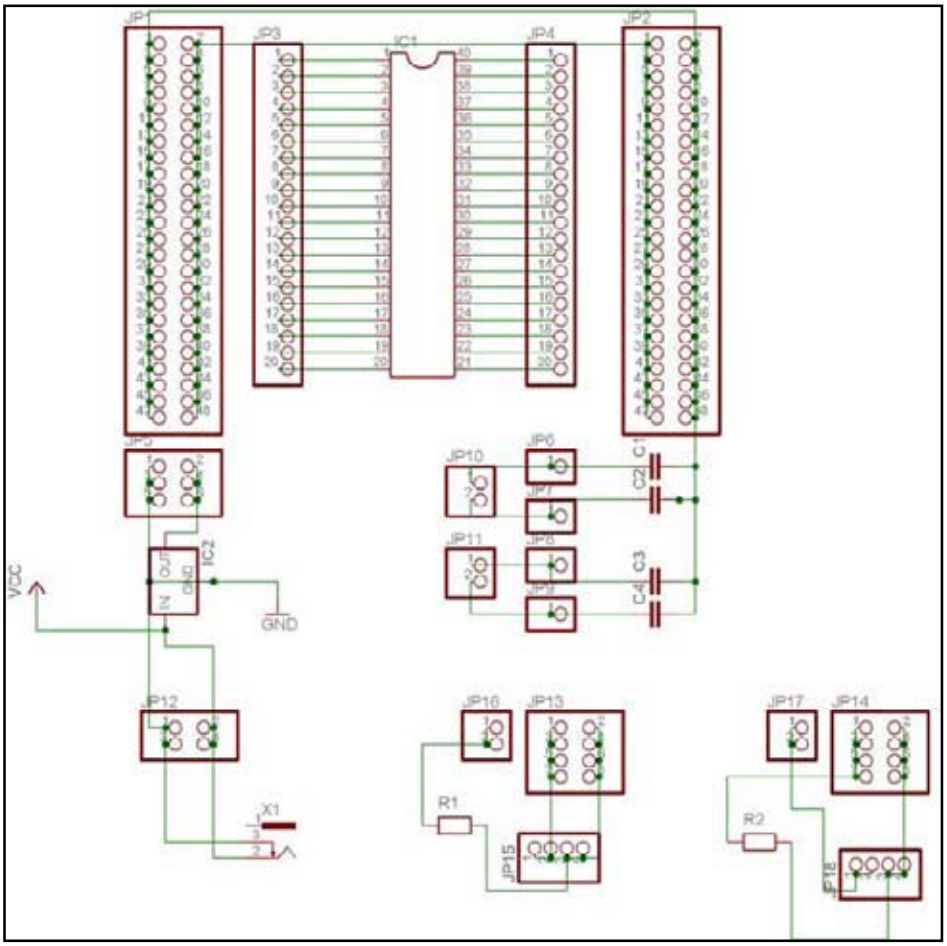



Fig.11

El diseño electrónico de esta placa esta compuesto por:

.- IC2: regulador de Voltaje 7805,

.- IC1: base para circuitos integrados ZIF

.- X1: conector plug hembra

.- R1 y R2: resistencia 1Kohm

.- C1, C2, C3 y C4: condensador 22pF

.- JP1-JP17: conector tipo pinhead

### III.2.2 Circuito Impreso

En la siguiente figura se observa el circuito en la placa impresa, la cual se diseño con dos tipos de ancho de pista, por la diferencia de corrientes que se manejaran, para las señales se dejo una ancho de pista de tan solo 0.016 pulgadas, para la alimentación se dispusieron pistas de 0.04 pulgadas, debido a que el consumo de algunas piezas que componen el equipo modular sobrepasa los 1,2 Amperes.

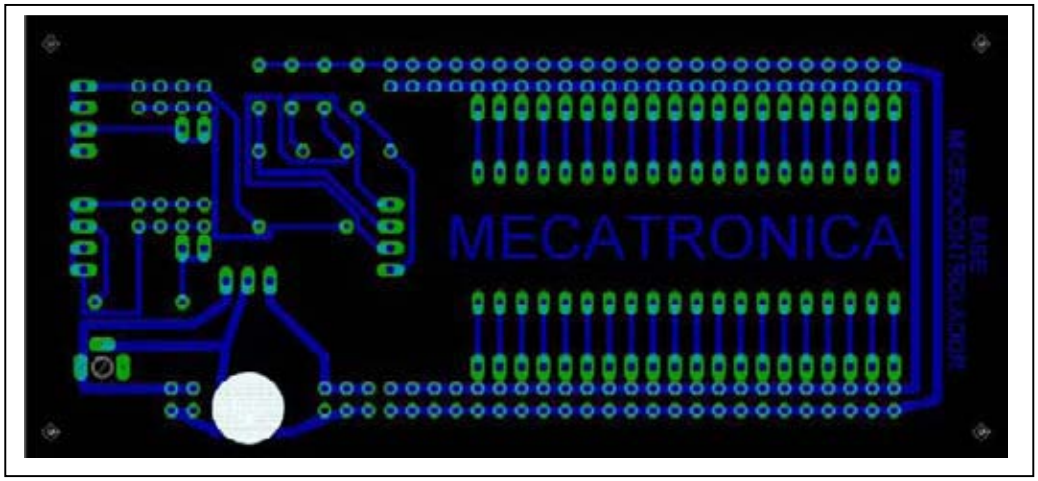



Fig.12

La imagen presentada corresponde a la parte inferior del circuito impreso (lado cobre), los orificios ubicados en cada esquina son de cuatro milímetros de diámetro.

### II.2.3. Distribución de Componentes

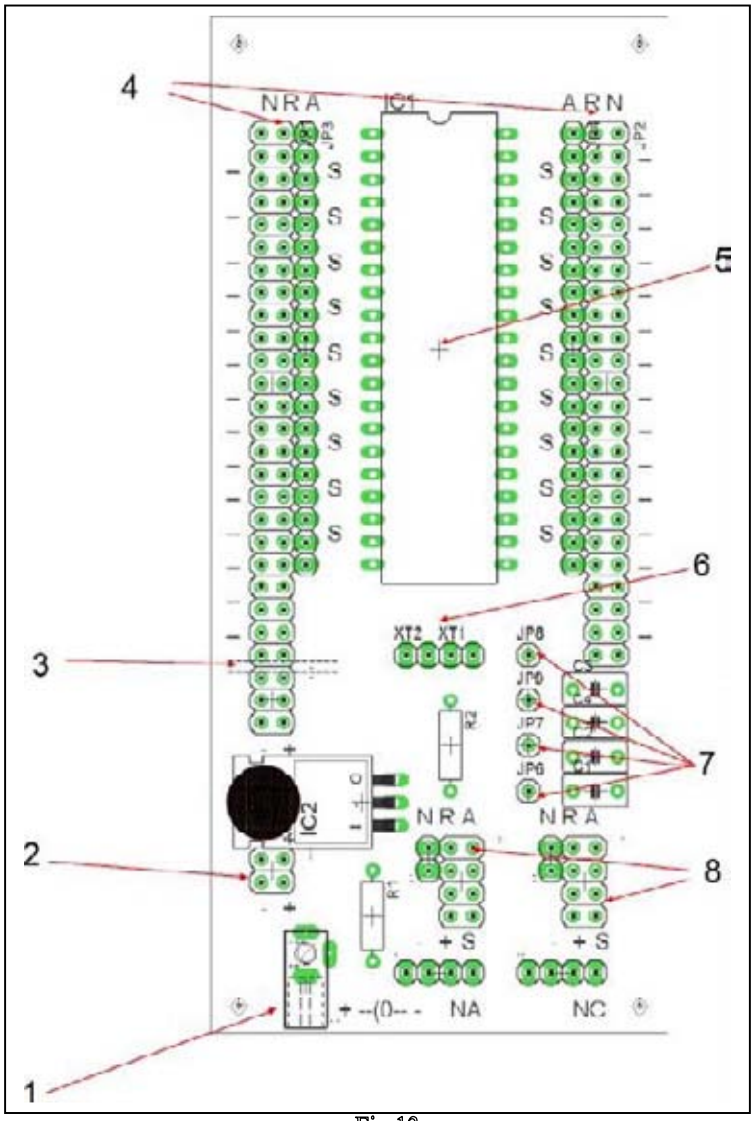



Fig.13

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | Alimentación conector plug | 5 | Base ZIF |
| 2 | Alimentación conector slim | 6 | Salida cristal hacia controlador |
| 3 | Puente de alimentación general | 7 | Zócalos Cristal cuarzo |
| 4 | Pinhead conexión general | 8 | Conexión NC y NA |

Para la utilización de reset o botón de comienzo de rutina, se han integrado a al plaqueta dos botones, los cuales están en configuración normal abierto (**NA**, forzado a tierra) y normal cerrado (**NC**, forzado a 5V) estos no están conectados de forma permanente a el circuito del microcontrolador, dejando al usuario la decisión de utilizarlos.

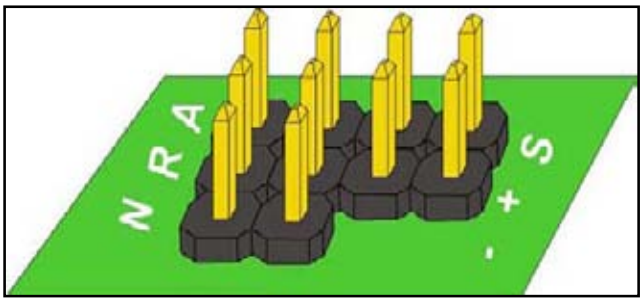



Fig.14

La conexión de osciladores tipo cristal también se encuentran disponibles para cualquier microcontrolador que necesite este tipo de pulso, los zócalos ya se encuentran previamente conectados a tierra a través de dos condensadores de 22pF, pero no así las conexiones propias al microcontrolador indicados con XT1 y XT2, esto también se deja en manos del constructor.

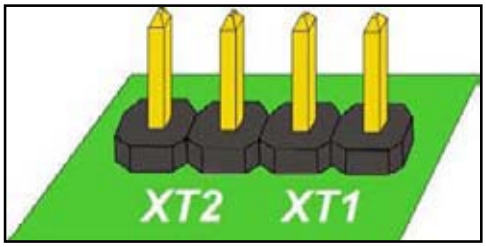



Fig.15

### III.2.4. Ejemplos de Conexión

Para la utilización de la base con un microcontrolador Basic Stamp XX, se realiza la configuración de pines de alimentación según las referencias que da el fabricante.

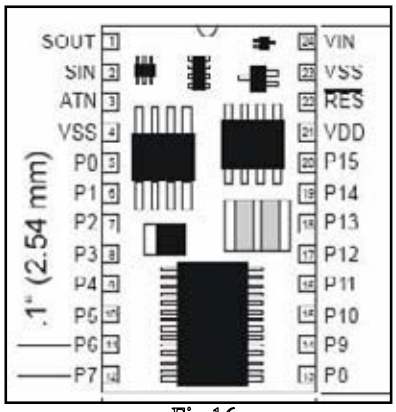



Fig.16

Según este diagrama de conexión las configuraciones de voltajes y entradas o salidas en la base diseñada serian como se muestra en la figura 17.

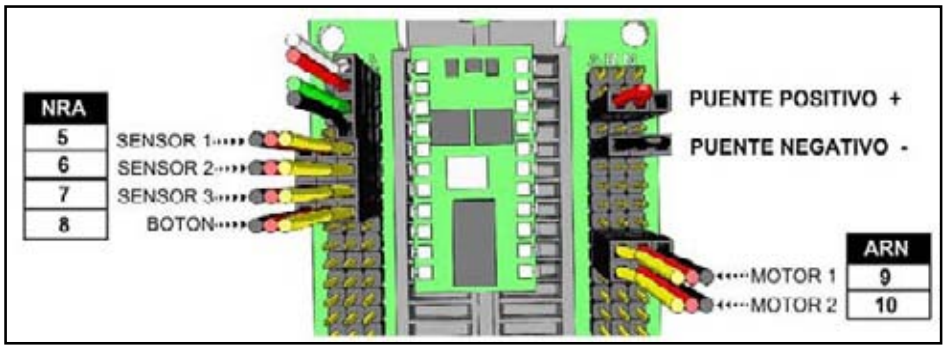



Fig.17

En el caso de que se desee utilizar un microcontrolador PIC de Microchip, se debe observar primero el diagrama de conexión suministrado por el fabricante, por ejemplo el del popular PIC 16F84.

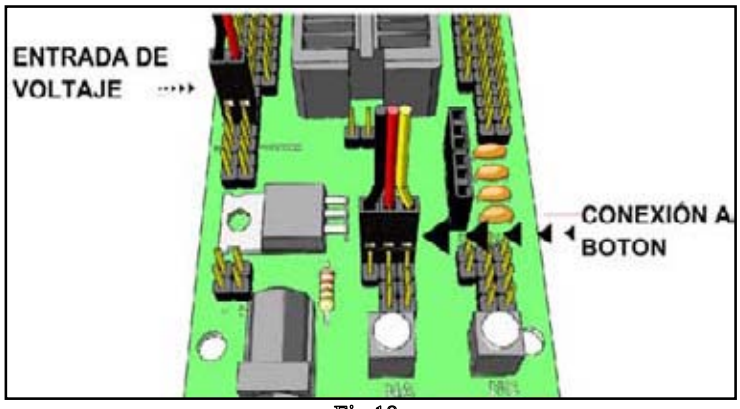


Fig.18

En el caso de que se desee utilizar un microcontrolador PIC de Microchip, se debe observar primero el diagrama de conexión suministrado por el fabricante, por ejemplo el del popular PIC 16F84.

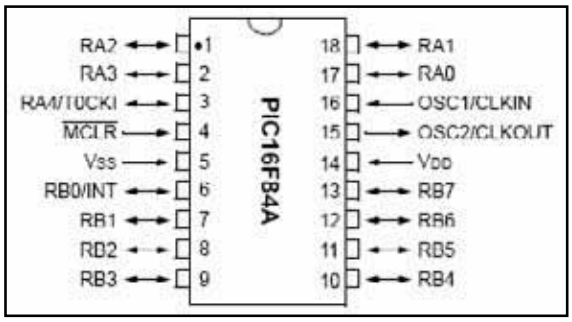


Fig.19

Con el diagrama de conexiones la configuración del modulo quedaría como sigue.

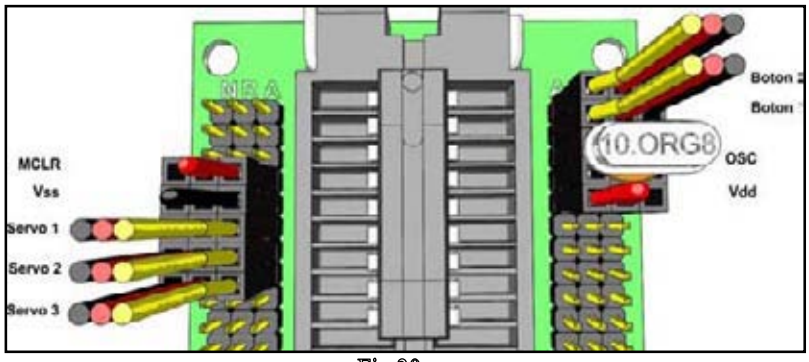


Fig.20

En la figura 21 se puede apreciar la vista definitiva de la base principal del equipo modular.

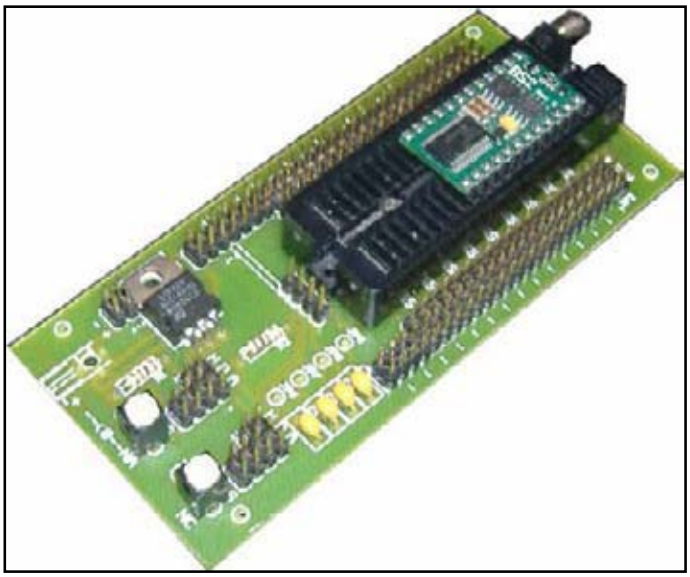


Fig.21

# III.3. Brújula digital

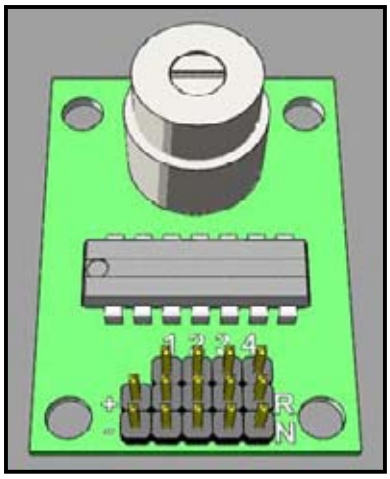


Fig.22

Para la posibilidad de dar una dirección especifica de seguimiento a algún robot, saber su orientación, o recordar los movimientos realizados, se integro una brújula digital modelo 1490 de la empresa Dinsmore Sensor, la cual tiene una resolución de 45°, pudiendo identificar los cuatro puntos cardinales( norte, sur , este y oeste) y por interpolación de estos, indica los cuatro puntos intermedios (NE, NO, SE, SO), para dar un continuidad en las conexiones es que se diseño un circuito muy simple, el cual facilita la conexión a los restantes módulos aquí propuestos.

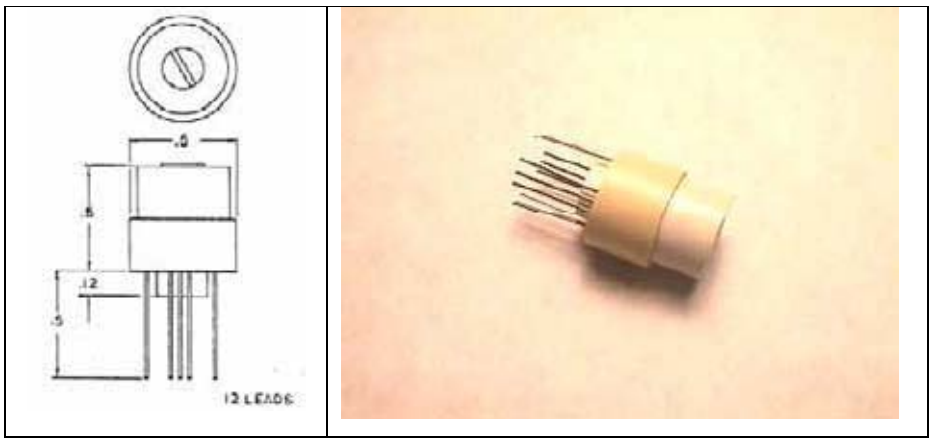
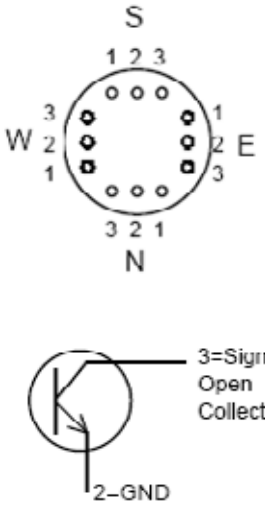


Fig.23

La brújula modelo Nº1490 funciona de la misma manera que una brújula convencional, contiene una aguja imantada la cual indica la dirección del campo geomagnético dispuesta sobre un pequeño eje e inmerso en un liquido viscoso para evitar movimiento por vibraciones, para

informar la posición de esta aguja se dispusieron cuatro sensores de efecto hall, los cuales conmutan al pasar un campo magnético frente a el, en este caso el campo generado por al aguja dentro del sensor.

| | |
|---|---|
|  | Como se puede observar en la figura adjunta, se ve la disposición de los sensores de efecto hall dentro del chasis de la brújula, los pines marcados con el numero 1 corresponden a la entrada de 5 Volt , el pin 2 a GND y el 3 a las salida de señal, o sea 5 ó 0 volt según corresponda.<br><br>En la figura inferior se observa el dibujo esquemático del sensor de efecto hall y el tipo de configuración se salida(colector abierto). |

El rotor y la aguja responde a la dirección del campo magnético terrestre a la misma velocidad a la que se mueve el liquido a su interior, esta velocidad es de aproximadamente 0,5 segundos en un desplazamiento de 90º.

El sensor Nº 1490 puede funcionar con un voltaje desde 5 a 20 volt de corriente continua, pero lo recomendado es hasta un máximo de 13 volt, la corriente que utiliza para conmutar en de 25 miliamperes, y se asegura un buen funcionamiento de esta hasta a 12º de inclinación.

### III.3.1. Diagrama Esquemático

Para ser insertado rápidamente y comprender los datos que esta arroja se decidió invertir los datos de la brújula, ya que esta al indicar la dirección donde apunta, entrega un cero lógico, y los tres puntos restantes están en uno lógico, lo cual puede confundir a la persona que pretende configurar algún robot, para facilitar la puesta en marcha y seguir con el estándar de todo el sistema aquí diseñado es que se invertirán los datos para seguir la lógica positiva, o sea hacia donde apunta la brújula, es la señal que tendrá un uno lógico, para esto solo se agrego un una

compuerta negadora, obteniendo los resultados esperados. La configuración de la brújula y la compuerta lógica se puede ver en la figura 24:

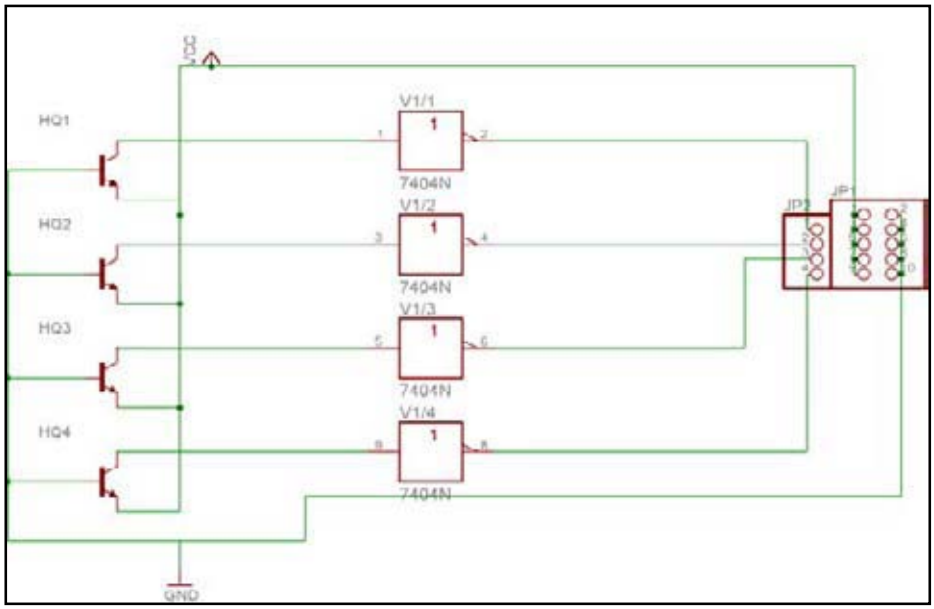



Fig.24

Se puede observar en la figura del diagrama esquemático que cada sensor de efecto hall se conecta a una compuerta NOT, invirtiendo el valor lógico de la salida del sensor, y cada salida del integrado 74LS04 a pines tipo header, esto se puede observar en la placa de circuito impreso resultante.

### III.3.2. Circuito Impreso

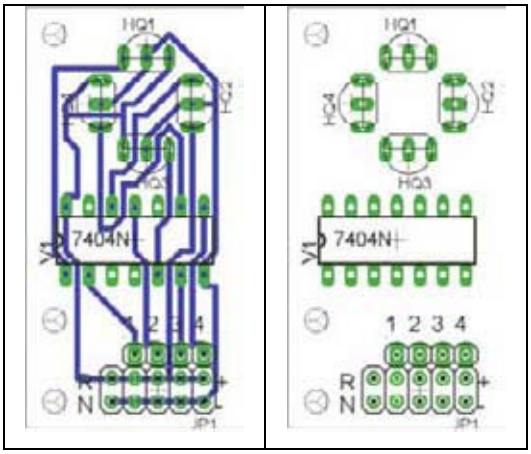



Fig.25

### III.3.3. Funcionamiento

El estado de los pines numerados cambia a 5 volt(1 lógico) según posición de la aguja de la brújula, para indicar cuales son los datos obtenidos en estos se desarrollaron figuras que se muestran a continuación.

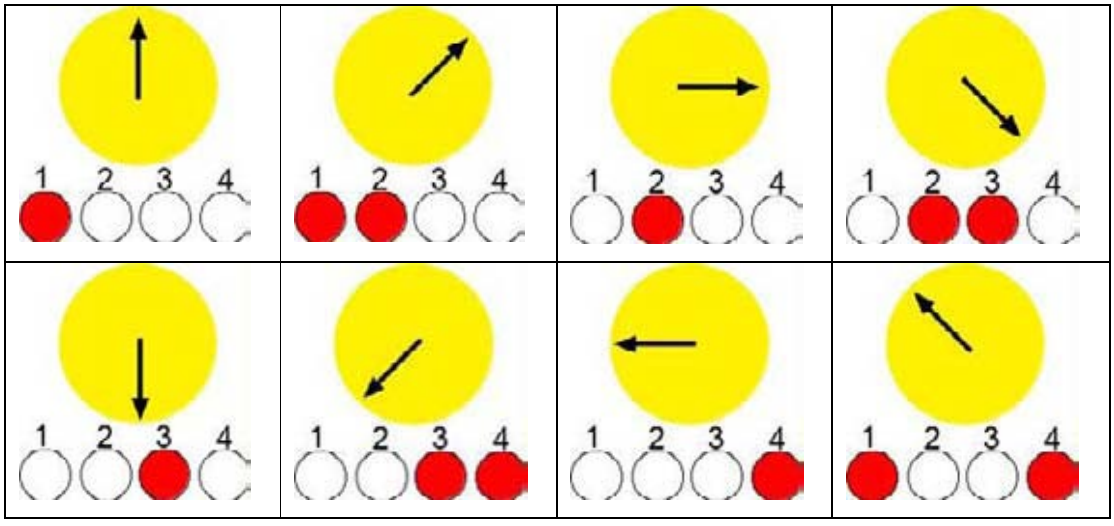



Fig.26

Los círculos en color rojo corresponden a un estado lógico alto y en blanco uno bajo, como sucede en la brújulas convencionales la aguja siempre apuntara hacia el norte, en el caso particular de esta brújula, no esta etiquetada dejando a libre albedrío lo que se entenderá por norte.

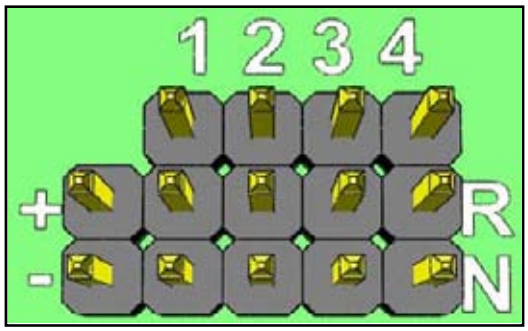



Fig.27

Para la conexión con el microcontrolador se dispuso en la placa cuatro salidas, las cuales se conectan a este último a través de los cables ya indicados, los cuales ya traen alimentación, pero como una forma de suministrar voltaje este circuito se dispuso dos pines de alimentación al costado izquierdo del conjunto de pines tipo head, para alguna conexión que pudiera requerir una entrada o salida extra de voltaje. La columna indicada con el numero uno, corresponde al sensor de efecto hall superior, el dos con el sensor dispuesto a la derecha, el tercero abajo y el cuarto a la izquierda.

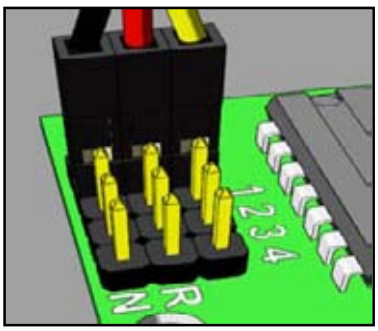



Fig.28

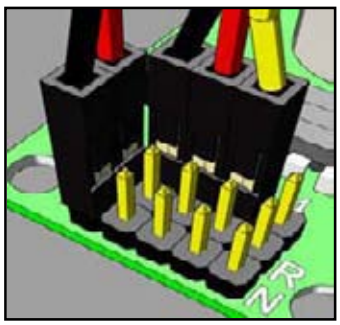



Fig.29

La apariencia final de este circuito se puede observar en la figura 30.

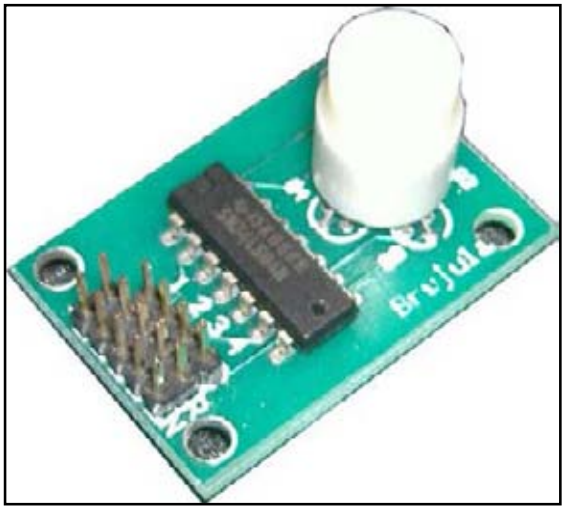


Fig.30

# III.4. Interfaz de Potencia

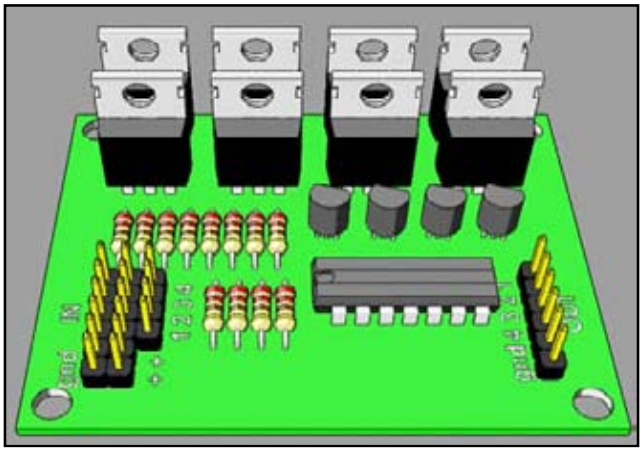


Fig.31

### III.4.1 Descripción

El puente H sirve como controlador de velocidad y dirección de motores de corriente continua, el modulo propuesto y diseñado, tiene las propiedades de ser un doble puente H, le cual permitirá controlar la sentido de giro y velocidad de dos motores de corriente continua, o la velocidad de cuatro motores de corriente continua, el control completo de un motor paso a paso, unipolar o bipolar.

Un puente H es básicamente un arreglo de cuatro interruptores acomodados de la siguiente manera:

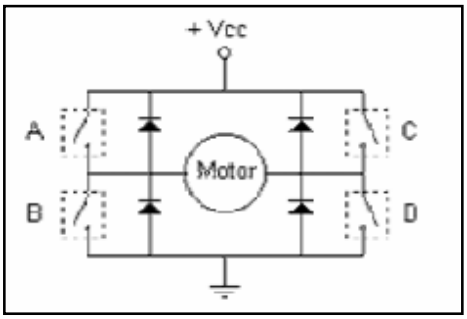



Fig.32

Estos interruptores (A, B, C y D) pueden ser de transistores bipolares, mosfets, jfets, relés o de cualquier combinación de elementos. El objetivo central es el de poder controlar el sentido de un motor de corriente continua sin la necesidad de aplicar voltaje negativo.Si se cierran solamente los contactos A y D la corriente circulará en un sentido a través del motor o del elemento conectado en la parte central.

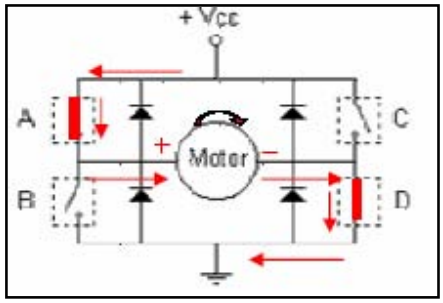



Fig.33

Y si se cierran solamente los contactos B y C la corriente circulará en sentido contrario.

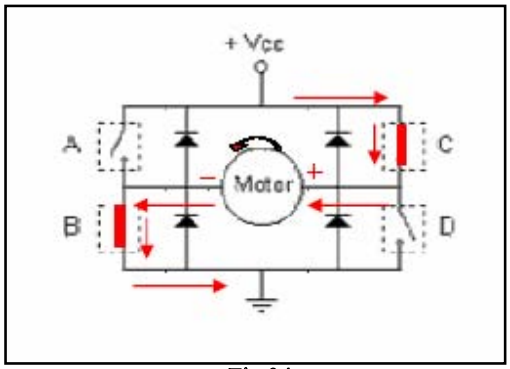



Fig.34

Hay que observar también que un puente H necesita de cuatro diodos de protección para el motor. Un puente H tiene por lo general cuatro estado de operación:

| Interruptores | | Salida | | Función |
|---|---|---|---|---|
| AD | CD | AB | CD | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | Motor en libertad de acción |
| 1 | 0 | 1 | 0 | Motor gira en un sentido |
| 0 | 1 | 0 | 1 | Motor gira en el otro sentido |
| 1 | 1 | 1 | 1 | Motor se bloqueará y frenará |

Donde un 0 corresponde a un interruptor abierto o una salida sin alimentación y un 1 corresponde a un interruptor cerrado o una salida con alimentación.

Por otro lado muchas veces es necesario controlar la velocidad de un motor de continua, una manera de hacerlo es variando es el voltaje aplicado mediante modulación por ancho de pulso o PWM. Este método consiste en aplicar un tren de pulsos cuadrados con un período fijo, en el cual se va variando el ancho del pulso. Este método también se puede entender como apagar y encender en motor a una tasa muy rápida de manera de lograr una velocidad menor. El período de la señal no debe ser muy largo ya que se quiere que este tenga un movimiento continuo y no avance a “tirones”.

### III.4.2 Diseño Puente H

Se diseño un tipo de puente H que es muy efectivo, ya que se puede ocupar directamente un microcontrolador y tiene componentes que soportan altas corrientes. Los materiales utilizados para el diseño corresponden a dos puentes H y son:

- 4 transistores NPN, TIP122
- 4 transistores PNP, TIP125
- 4 transistores 2n2222
- 12 resistencias de 220 [Ω]
- 1 compuerta NOT 74ls04

### III.4.3. Esquemático

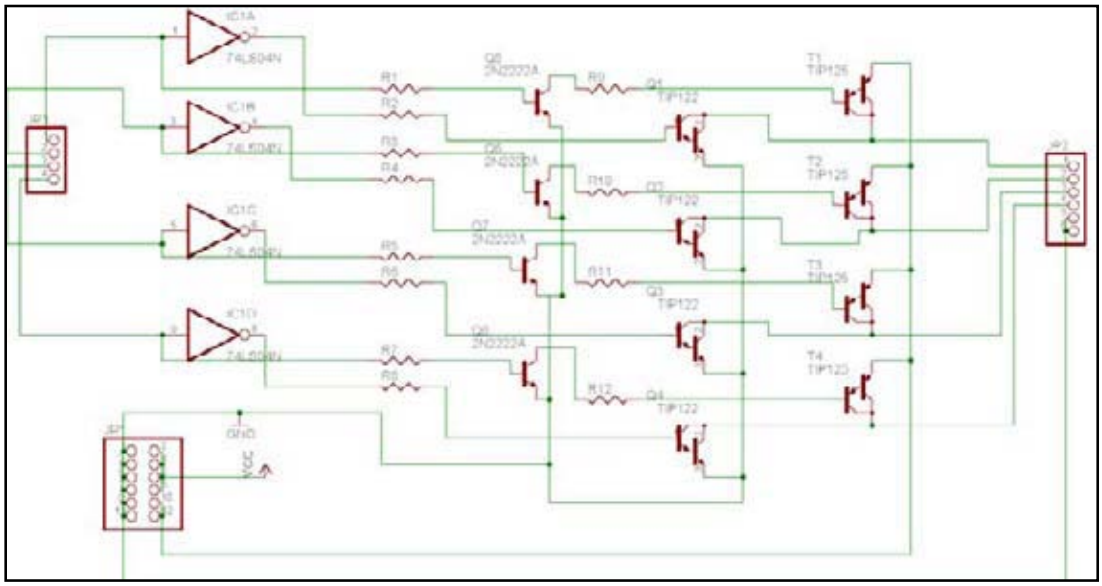


Fig.35

Este esquemático tiene como ventajas de que las señales de control requieren muy poca corriente por lo que puede ser controlado desde cualquier circuito integrado o microcontrolador directamente. Además los transistores TIP125 y TIP122 traen incorporados los diodos de protección.

Corriente requerida por los transistores:

a) Motores libres:

1- 2N2222: 1.314 [mA]

2- TIP125: 80 [mA]

b) Motores forzados a un torque constante:

1- 2N2222: 1.314 [mA]

2- TIP125: 200 – 300 [mA]

c) Motores cambiando de dirección repentinamente:

1- pn2222: 1.317 [mA]

2- TIP125: 300 [mA] (peak de corriente, cuando el motor se enciende hacia algún lado alcanza un peak de corriente)

Los transistores 2N2222 siempre requieren de la misma corriente, lo cual es el objetivo de esta configuración para el puente H, ya que los controladores como el Basic Stamp no dan mucho más que eso. En cambio los transistores TIP tienen que soportar más corriente y si estas cambiando los motores de dirección continuamente esta corriente alcanza Pics más altos aun. Aquí podemos observar lo bueno de esta configuración, o sea que no forzamos los controladores para saturar los transistores (transistores en saturación dejan pasar la corriente) y hacerlos funcionar como interruptores.

También es en este caso donde ocupamos transistores que se saturan (los TIP) y transistores que amplifican (los 2N2222). A continuación se puede observar la disposición de los componentes dentro de la placa de circuito impreso.

### III.4.4. Distribución de Componentes

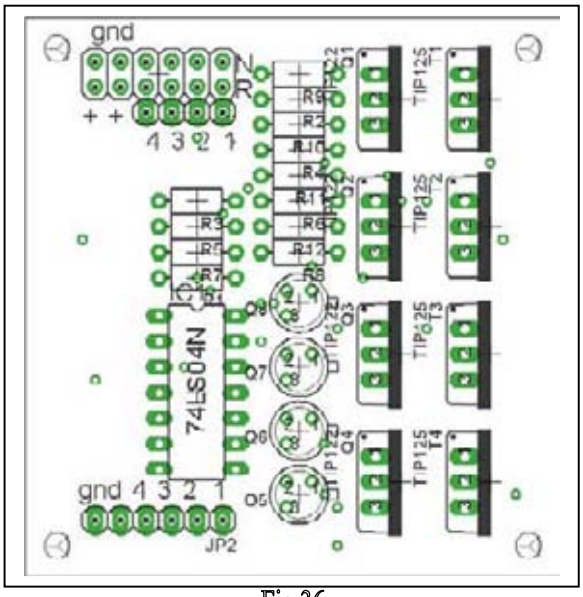
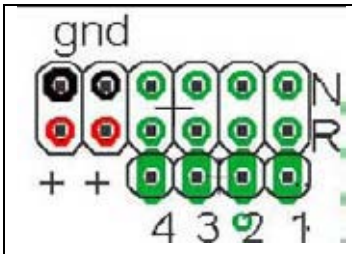



Fig.36

### III.4.5. Conexiones

Como se puede observar la disposición de los conectores de entrada y salida se encuentran a un costado de la placa de circuito impreso, de frente, ambas debidamente señaladas, y su orden de funcionamiento indicado claramente. Los conectores de señal (conector slim cables

negro, rojo y amarillo), deberán ser conectados en los espacios señalados con números, los cuales dan la señal de control proveniente desde el microcontrolador, o de la placa de pruebas, las cual también tiene las salidas señaladas con el mismo orden numérico.

| | |
|---|---|
|  | Dentro del conector de entrada se deja espacio para la alimentación de potencia, de la cual se hace control con los Transistores TIP ya descritos, se podrán conectar desde 1 a 30 Volt y hasta una fuente de 8 Amperes , con las polaridades como se indican en la figura del recuadro. |

Una forma de conexión para el control de los puentes H es la que muestra a continuación, la cual cuenta con la alimentación de 12 Volt, y las entradas de las señales, con una realizando la toma de tierra, para lograr el funcionamiento del circuito.

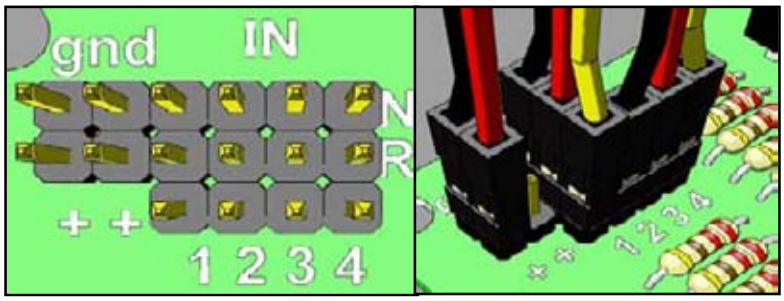
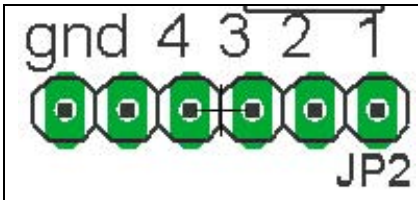
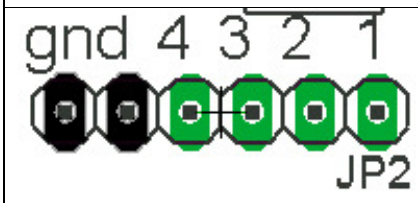
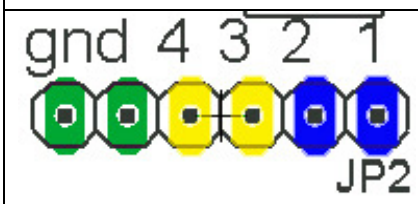



Fig.37

Se puede observar en la figura 37, que para la transmisión de las señales de control, no se utilizan cuatro cables con alimentación y señal en conjunto (cables triples), se utiliza uno para el empalme de las tierras y el otro solo para la unión de las señales enviadas desde el microcontrolador.

Como ya se comento la etapa de potencia se puede utilizar para hacer funcionar varios tipos de motores, aunque estos no deben consumir mas de 8 Amperes y superior a 30 volt, entre los motores que se pueden conectar están motores paso a paso unipolar y bipolar, motores de corriente continua tanto para controlar el giro hacia ambos sentidos (máximo dos) y control de giro en un solo sentido (máximo cuatro).

| | |
|---|---|
|  | Para el control de un motor paso a paso bipolar , se deben conectar en los pines marcados con los números de 1 a 4, respetando el orden para su funcionamiento sincrónico correcto |
|  | En el caso de utilizar un motor paso a paso unipolar , los bornes de las bobinas de este deberán conectarse en los pines numerados y los bornes comunes en los pines marcados con GND |
|  | Para el control de motores de corriente continua se deberán conectar sus bornes en alguno de los dos colores indicados, dejando libre los pines GND |

La forma de conexión de esta configuraciones se observara en las figuras 38 y 39, aquí están las formas de conexión de un motor paso a paso unipolar (6 o 5 contactos), la unión de un motor paso a paso bipolar (4 contactos) y por ultimo la configuración con el control de un motor de corriente continua (2 contactos).

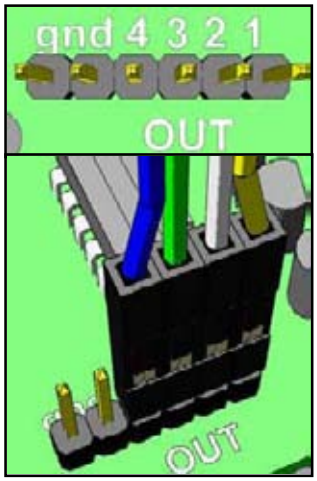



Fig.38

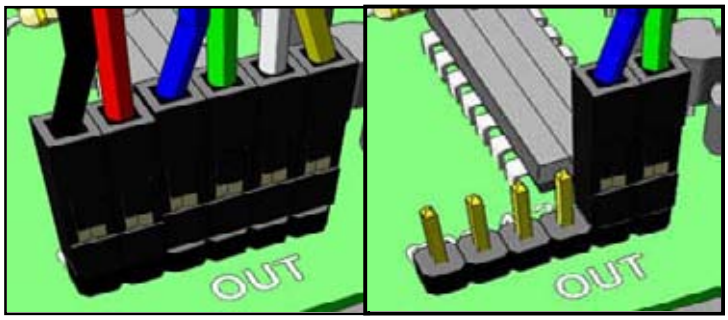



Fig.39

La apariencia final del circuito llamado modulo de potencia se observa a continuación, (Fig. 40) esta tarjeta tiene cuatro perforaciones las cuales tienen una separación que permite la unión con piezas mecánicas, estas perforaciones tienen un diámetro de 4 milímetros.

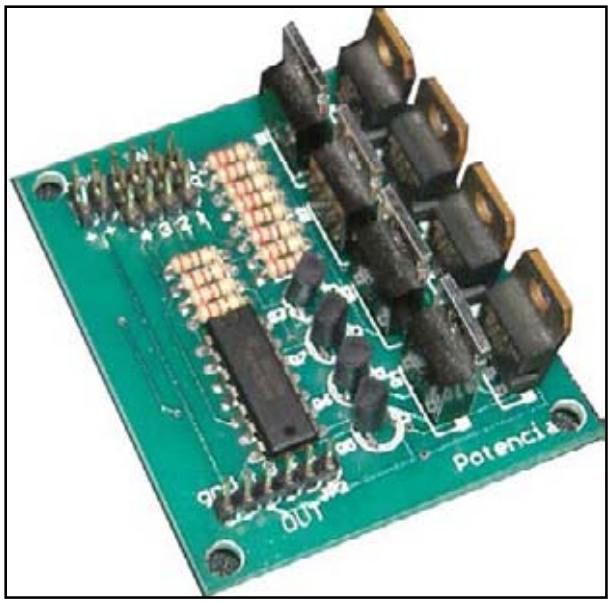



Fig.40

# III.5. Modulo de Pruebas

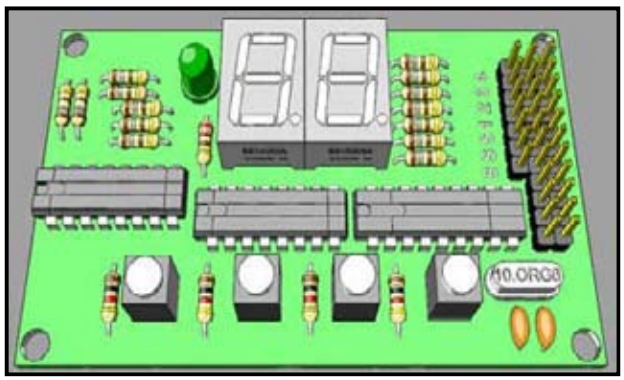


Fig.41

Quizás el modulo de segunda mayor importancia dentro del equipo ya que este permite comprobar el funcionamiento de los motores paso a paso y de corriente continua, además de los servomotores, ya que permite generar la señal adecuada para el movimiento de cada una de estas unidades, pudiendo además modificar el ancho del pulso, del movimiento de los servomotores.

### III.5.1. Diagrama Esquemático

El modulo cuenta de dos display de 7 segmentos los cuales en el menú de movimiento del motor muestran alternadamente primero las unidades y decenas, y luego las centenas y los miles, esto es para ver en forma precisa el avance en grados por cada unidad de aumento del pulso, recordando que el movimiento estándar de los servos es de 180 grados, y que para cero grados corresponde un ancho de pulso de 1000 microsegundos y para 180 grados un ancho de 2000 micro segundos.

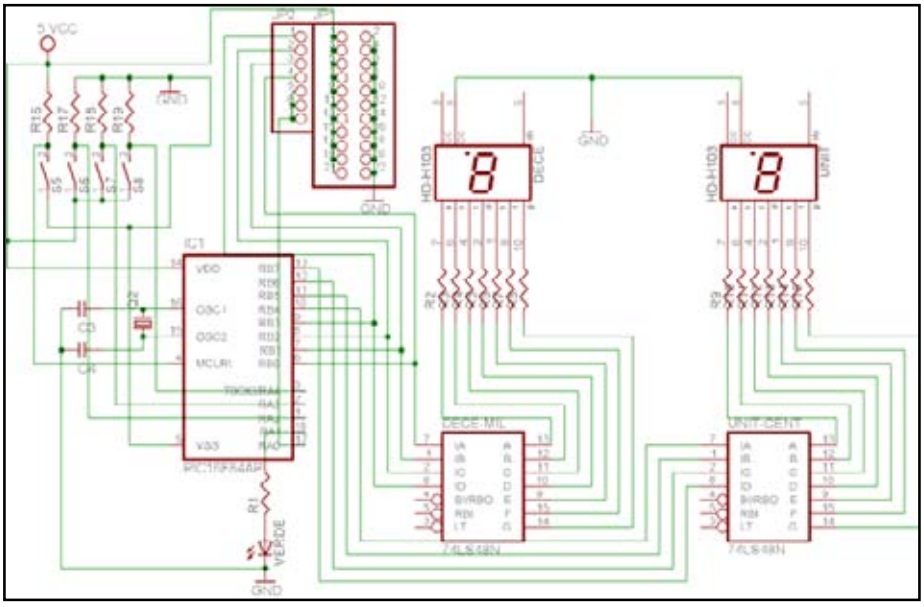


Fig.42

### III.5.2. Programa

El modulo comienza con el ancho del pulso en 1500 micro segundos, lo que corresponde a 90°, a medida que se presiona la tecla (subir), el display mostrara un aumento en la unidades, una vez escogido el ancho deseado, el display que se encuentra en decenas y unidades, pasara centenas y miles , ejecutando al mismo tiempo el ancho de pulso solicitado modificando la posición del servomotor. Hay que recordar que este ancho servirá para modificar la posición de los servos  sin intervenir, los que están modificados para que giren en forma continua, tendrán una reacción al ancho de pulso como una variación de velocidad.

En la siguiente figura (Fig. 43) se muestra el diagrama de flujo que sirvió para realizar el código del programa en lenguaje ASM para el microcontrolador PIC16f84A.

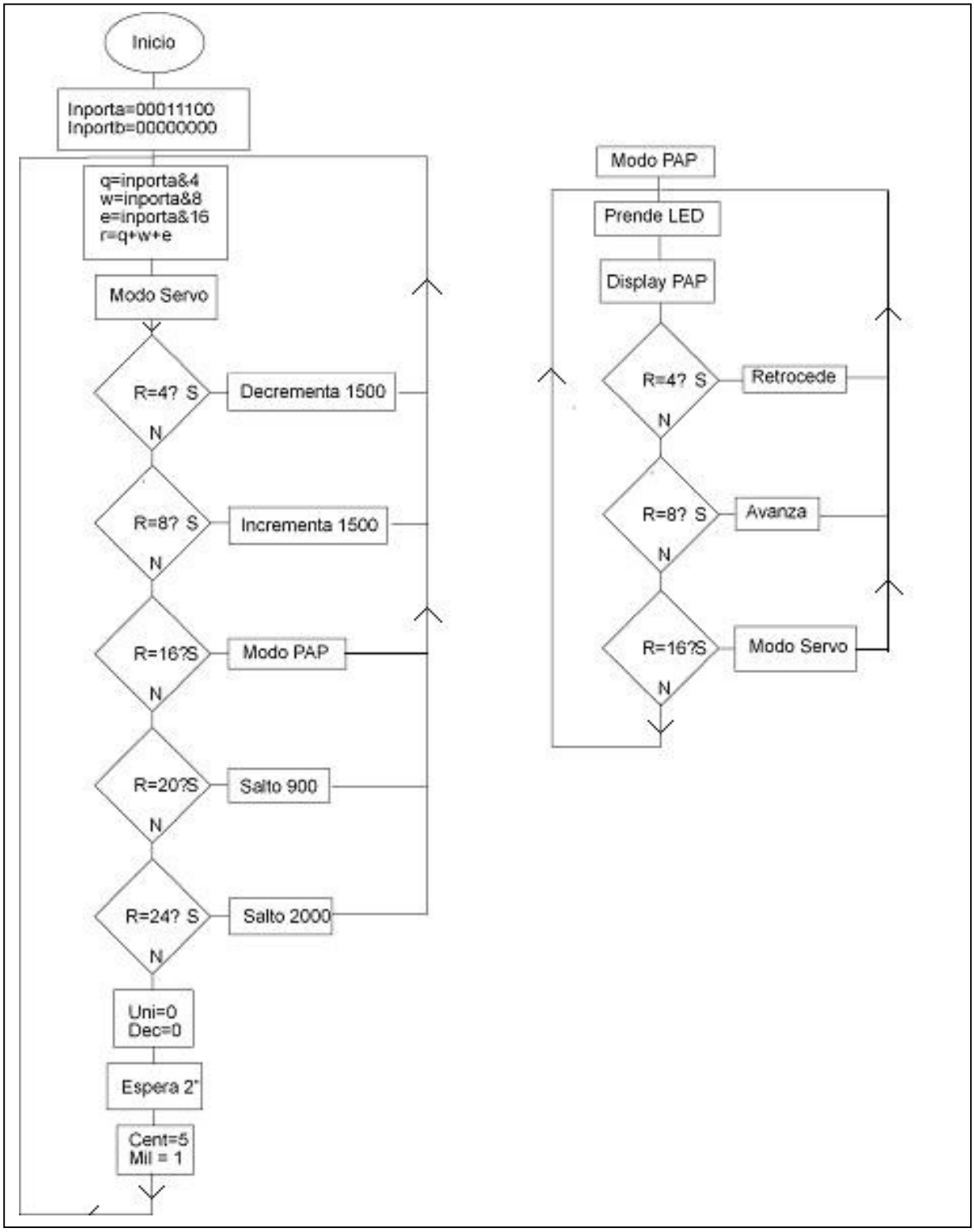
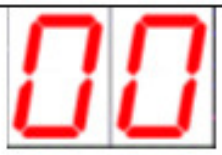
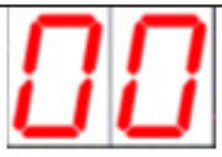
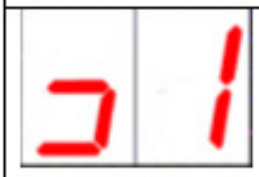

Inicio
Inporta=00011100
Inportb=00000000
q=inporta&4
w=inporta&8
e=inporta&16
r=q+w+e
Modo Servo
R=4? S
N
Decrementa 1500
R=8? S
N
Incrementa 1500
R=16?S
N
Modo PAP
R=20?S
N
Salto 900
R=24? S
N
Salto 2000
Uni=0
Dec=0
Espera 2"
Cent=5
Mil = 1
Modo PAP
Prende LED
Display PAP
R=4? S
N
Retrocede
R=8? S
N
Avanza
R=16?S
N
Modo Servo

Fig.43

El segundo menú, es para el funcionamiento del modulo de motores paso a paso, los cuales necesitan excitar cuatro bobinas de forma secuencial, para así generar el movimiento, el menú desarrollado genera estos pulsos secuénciales en los cuatro terminales necesarios, presionan el pulsador (arriba) los pulsos funcionan de forman ascendente, y con el pulsador (abajo) de forma descendente, los cual hará que el motor gire hacia la derecha o hacia la izquierda.

### III.5.3. Funcionamiento

| | | |
|---|---|---|
| |  | Al comienzo de funcionamiento del modulo de pruebas, mostrara un doble cero, para dos segundos después pasara a un quince, como ya se explico corresponde a 1500 microsegundos |
| | | al presionar la tecla ascendente, pasara inmediatamente a display de unidades y decenas, cada vez que se presione incrementara de dos en dos |
| | | De la misma forma, presionando la tecla descender, decrementa en números pares la cuenta que se lleva en el display, después de dos segundos de inactividad mostrara el display principal |
| | | Al presionar al mismo tiempo la tecla menú y descender el ancho de pulso pasara inmediatamente a 900 microsegundos, con el propósito de llegar rápidamente a este numero |
| |  | En el caso de querer llegar rápidamente al ancho de pulso máximo provisto por el sistema se deberá presionar las teclas menú y ascender |

| | |
|---|---|
| | Al ingresar al menú paso a paso, aparecerá este símbolo acompañado de n cero |
|  | Al momento de presionar la tecla ascender, aparecerá en el display el símbolo que indica que se presiono la tecla ascendente, y a su ves aparecerá en secuencia cuatro numero los cuales son 1, 2, 4 y 8, que corresponden a las salidas habilitadas para el funcionamiento del motor PAP |
| | Cuando se presiona la tecla descender aparecerá en el display el símbolo que indica que se presiono la tecla antes mencionada, comenzando la secuencia de forma descendente apareciendo los siguientes números: 8, 4, 2 y 1 |

Para la alimentación del circuito se dispuso conectores tipo head indicados a través de números y letras su utilidad, para la conexión de servomotores se marcaron tres salidas con “S”, las señales secuénciales para el control de los motores paso a paso se indicaron con números, y la entrada o salida de voltaje es indicada con los símbolos “+” y “-“, estos detalles se observan a continuación en la figura 44.

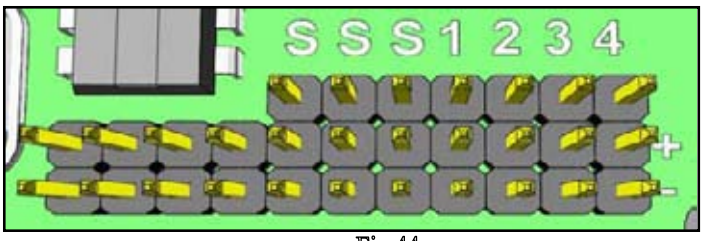



Fig.44

Siguiendo el mismo estándar de conexión de los otros circuitos, la fila superior es la encargada de transmitir todas las señales correspondientes, y las dos inferiores de suministrar los voltajes, este circuito también cuenta con las perforaciones para unirse a las piezas que darán forma a algún tipo de autómata, la apariencia final de este diseño es la que se muestra en la figura 45.

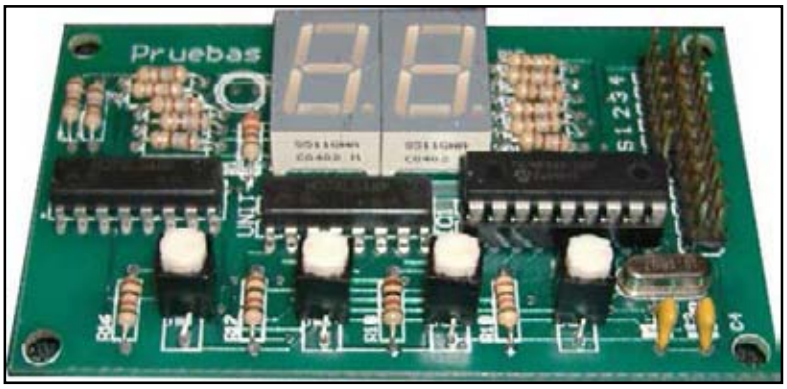



Fig.45

# III.6. Led Monitores

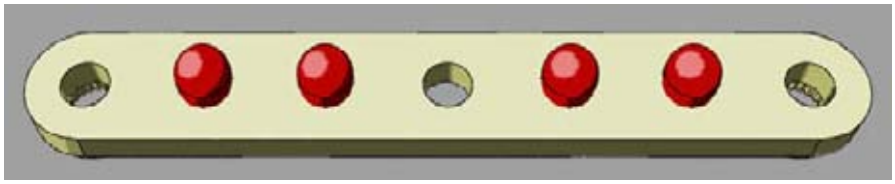


Fig.46

Los led monitores no son mas que un circuito que incluye un diodo led, una resistencia de 180 ohm y una conexión que permite su compatibilidad con el resto de los circuitos descritos, aunque el circuito no tiene ninguna complejidad electrónica en su construcción, si tiene una gran utilidad como una forma de monitorizar los demás circuitos, esto es saber por ejemplo el inicio o el fin de una rutina, el funcionamiento correcto de los sensores o si las señales que se programan se están enviando como se esta programado.

### III.6.1. Diagrama Esquemático

Se puede observar a continuación la simpleza de este circuito, el cual se alimenta con un voltaje máximo de 5 Volt, el cual es el suministrado en todos los circuitos.

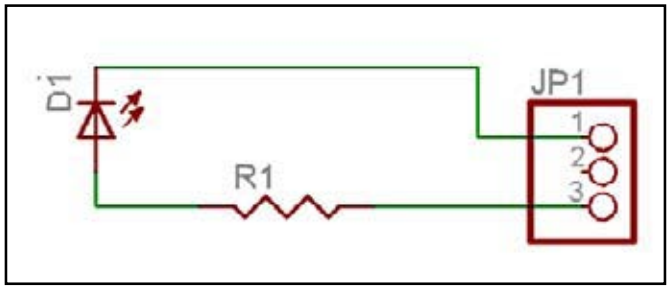



Fig.47

El led es de 5 milímetros de diámetro y el conector slim es de tres contactos, como una forma de seguir el estándar de conectores ya explicados, los cables utilizados indican cual es la forma correcta de unión a los terminales head de los diferentes módulos propuestos.

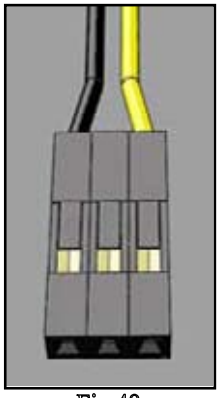


Fig.48

## III.7. Sensor de objetos por reflexión

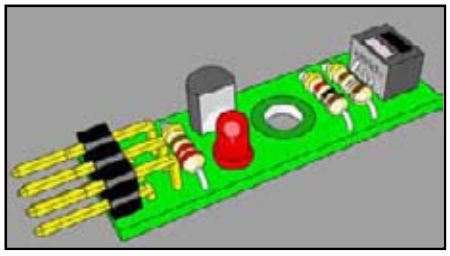


Fig.49

Este sensor esta desarrollado para detectar la presencia o ausencia de objetos a través del rebote de un haz de luz infrarrojo causado por este, aunque el radio de acción es de unos pocos

centímetros, puede ser utilizado con éxito en varias funciones de detección, una de ellas será el seguimiento de líneas de color negro sobre un fondo blanco.

El haz de luz infrarrojo rebota fácilmente en el color blanco, por lo que el sensor infrarrojo se excita a los niveles adecuado para enviar un uno lógico, en cambio en el color negro el haz de luz es casi completamente absorbido, por lo que a la salida del modulo, se obtendrá un cero lógico.

Este modulo tiene como principal protagonista al componente QRN1114, el cual en un solo encapsulado contiene un emisor de luz infrarrojo y un fototransistor, el cual contiene un filtro para luz natural, dejando pasar solo la longitud de onda correspondiente al emisor, esto es 940 nm.

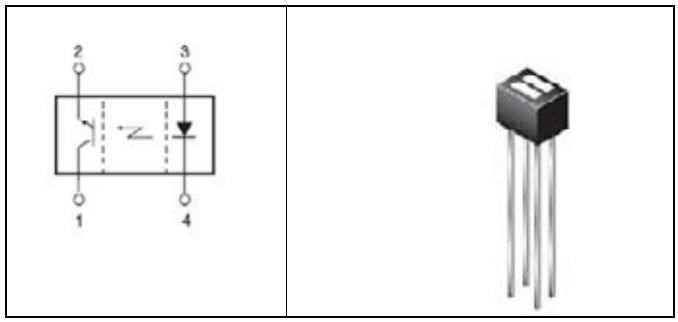



Fig.50

### III.7.1. Diagrama Esquemático

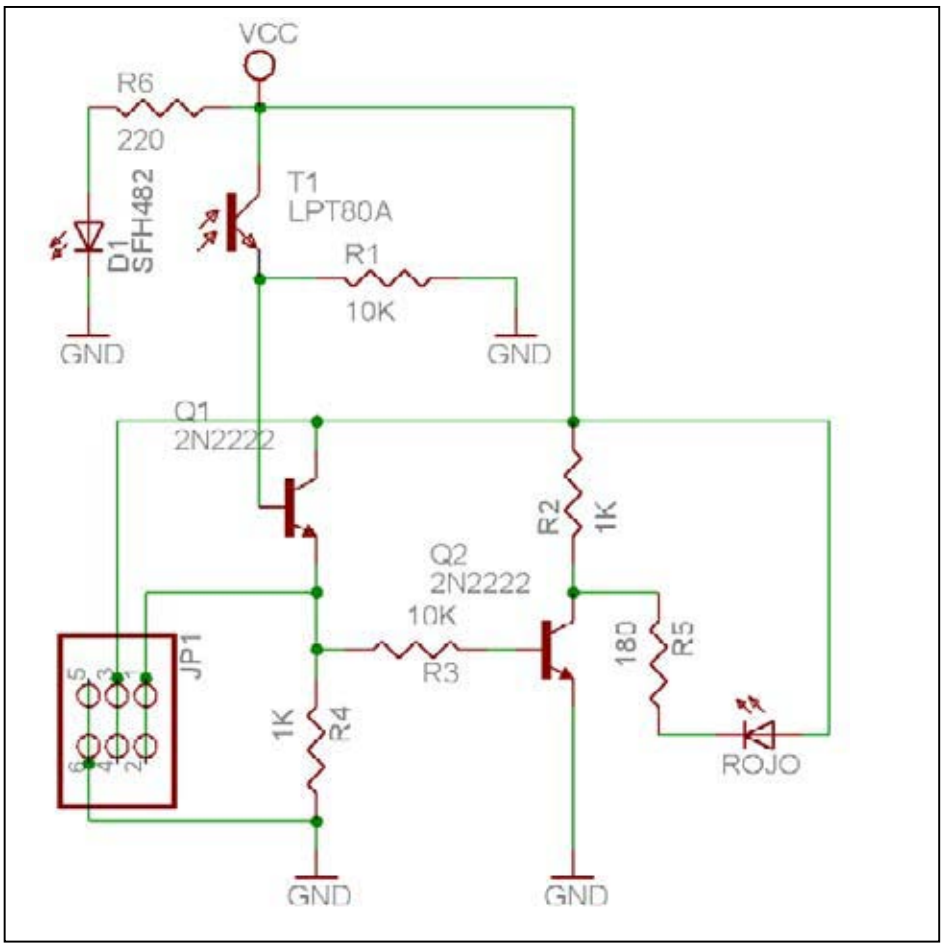



Fig.51

### III.7.2. Funcionamiento

Si el fototransistor no recibe luz de rebote del emisor D1, el transistor entregara cero volt debido a la acción de la resistencia R1 , la cual fuerza su estado a cero, logrando que la base del transistor Q1 no se excite, por lo que a su salida no habrá voltaje, resultando que en la salida de la resistencia R4 en los pines 1 y 2 sea un cero lógico, al ingresar un haz de luz lo suficiente grande como para excitar la base del transistor Q1 en los pines 1 y 2 se obtendrá la información lógica negada, o sea un uno lógico. El diodo led que se agrego al circuito tiene como explicación el saber si el circuito funciona, o lo que se desea detectar esta a la distancia necesaria para el

correcto funcionamiento del dispositivo, con esto facilita de gran manera la configuración de estos sensores como alimentador de datos de los controladores, ya que de otra manera se deberá programar primero el microcontrolador para saber si el sensor de fondo entrega los datos esperados, otra forma de probar el correcto funcionamiento es a través de una punta lógica o un voltímetro, pero esto supone un mayor tramite que se pretende facilitar con el led suministrado, los materiales sutilizados para la construcción de este sensor son:

.- D1 y T1; sensor QRN1114 de reflexión de infrarrojos
.- Q1 y Q2; transistores 2N2222A
.- R1; resistencia de 10K ohm
.- R2; resistencia de 1K ohm
.- R3; resistencia de 10K ohm
.- R4; resistencia de 1K ohm
.- R5; resistencia de 180 ohm
.- R6; resistencia de 220 ohm
.- Diodo led rojo de 3mm
.- JP1; pinhead ángulo recto

### III.7.3. Circuito Impreso

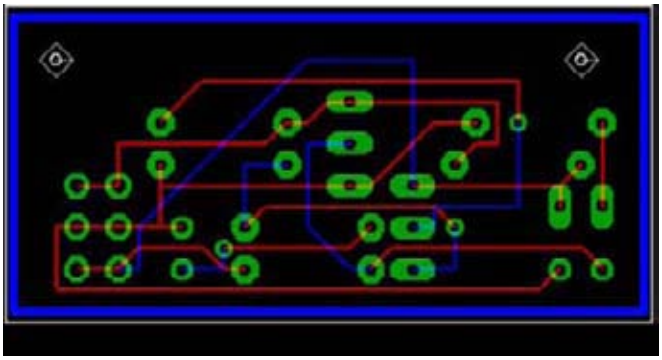


Fig.52

La tarjeta diseñada contiene pistas de cobre por ambos lados de la placa de cobre, permitiendo de esta manera reducir bastante el espacio requerido por los componentes.

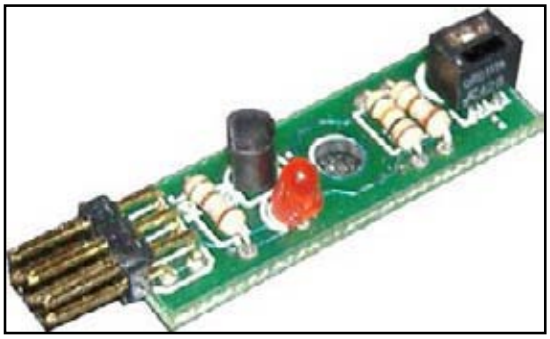


Fig.53

# III.8. Sensor de Tacto

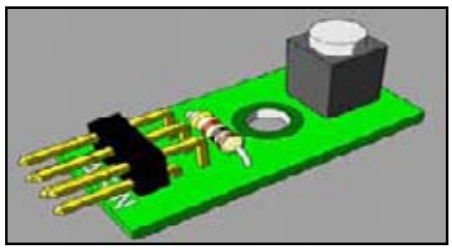


Fig.54

Este sensor es necesario para la navegación o detección de objetos por contacto, aunque puede ser reemplazado en algunas tareas por el sensor de objetos por reflexión en otras no hay sensor mas simple y útil que este.

### III.8.1. Diagrama Equemático

Este sensor no es más que un pulsador configurado como normal abierto (NA) y que al presionarlo envía un 1 lógico (cerrado), para esto se dispuso una resistencia de 1 Kohm entre tierra y la señal de salida.

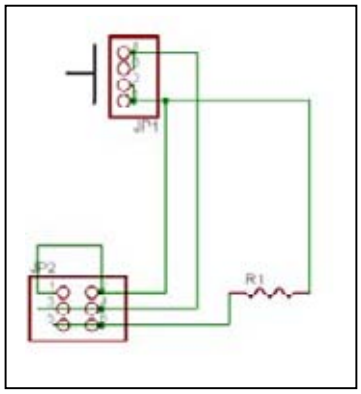



Fig.55

Una vez presionado el pulsador, se conecta directamente Vcc la señal de salida, y la resistencia R1 evita un cortocircuito entre las alimentaciones.

### III.8.2. Forma de Conexión

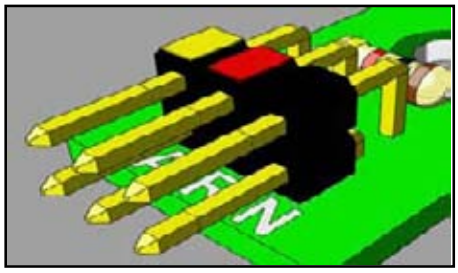


Fig.56

Para la unión de este sensor con el microcontrolador se dispuso se dos filas de pinhead en ángulo recto, indicando de dos formas como se deben realizar las conexiones de alimentación y señales, para el envío de señales al microcontrolador se utilizan los cables de tres contactos, respetando siempre el orden de conexión.

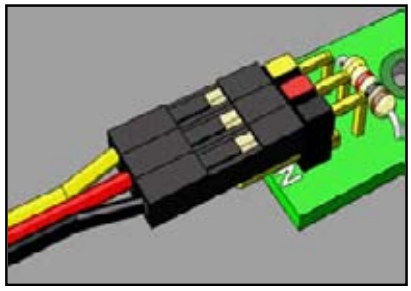


Fig.57

La segunda fila de pinhead dispuesta en el sensor tiene como fin la conexión de o envío de señal a otro modulo, en este caso a los led monitores, los cuales son útiles para saber visualmente si el sensor esta alimentado y esta en buen estado.

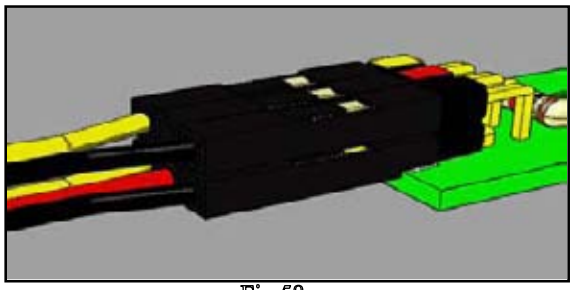


Fig.58

### III.8.3. Disposición de Componentes

A continuación se muestra la placa de circuito impreso diseñada, el circuito realizado es muy simple, se puede observar también en la imagen que se dispuso una perforación para la unión de este modulo, al igual que todas las anteriores perforaciones esta es de 4,5 Mm. de diámetro.

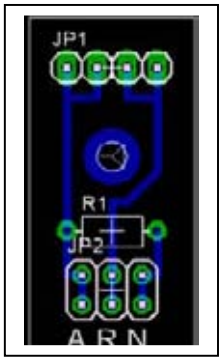



Fig.59

La vista definitiva de este sensor se puede observar en la figura 60.

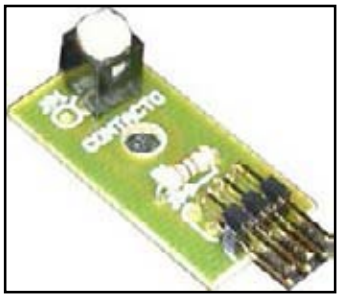


Fig.60

# III.9. Otros Dispositivos

Dentro de la maleta, o equipo modular se encuentran componentes los cuales no son una creación de este trabajo de titulo, pero que sin ellos no seria posible la aplicación practica de todo lo antes expuesto, estos componentes se explicaran a continuación.

### III.9.1. Servomotor

Fig.61

El principio de funcionamiento de los servomotores es el mismo en sus distintas versiones, aunque puede variar su velocidad, torque y precisión, el modelo aquí utilizado para dar vida a las distintas actividades practicas corresponde a la marca HITEC 311, el cual es utilizado comúnmente en aviones radio controlados.

Los servos son un tipo especial de motor que se caracterizan por su capacidad para posicionarse de forma casi inmediata en cualquier posición dentro de su rango de operación. Para ello, el servo espera un tren de pulsos que se corresponden con el movimiento a realizar. Están generalmente formados por un amplificador, un motor, la reducción de engranaje y la realimentación, todo en una misma caja de pequeñas dimensiones. El resultado es un servo de posición con un margen de operación de 180° aproximadamente. Disponen de tres conexiones eléctricas: Vcc (roja), GND(negra) y entrada de control (amarilla).

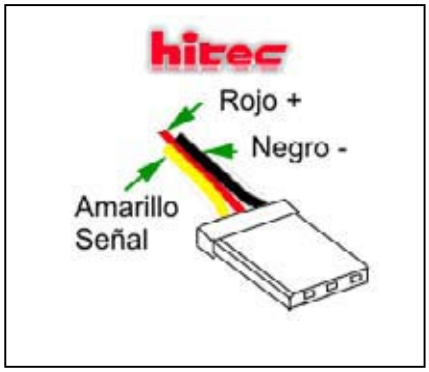



Fig.62

| Servo Hitec HS311 | |
|---|---|
| Sistema de Control | Control por Anchura de Pulso. 1,5 ms al centro |
| Tensión de funcionamiento | 4,8V a 6 V |
| Velocidad a 6V | 0,15 Seg /60 grados sin carga |
| Fuerza a 6V | 3,7 Kg · cm |
| Corriente en reposo | 8 mA |
| Corriente en funcionamiento | 150 mA sin carga |
| Corriente Máxima | 1100 mA |
| Zona Neutra | 8 µsec |
| Rango Trabajo | 1000 a 2000 µsec |
| Dimensiones | 40,6 x 19,8 x 36,6 mm |
| Peso | 43 g |
| Motor | 3 Puntas Ferrita |
| Engranajes | Plástico |
| Longitud del cable | 300 mm |

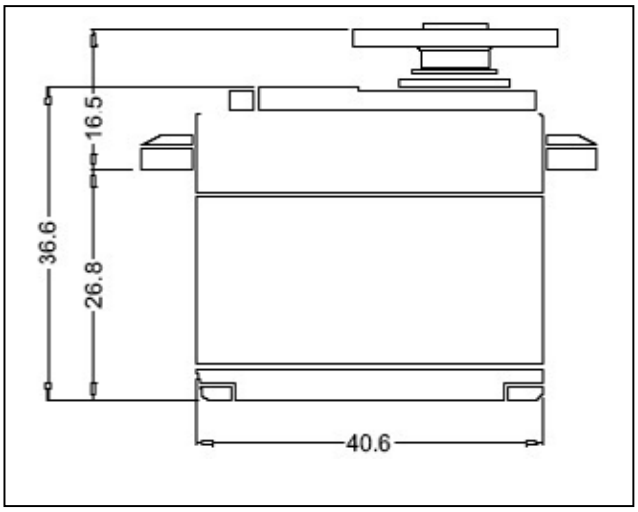



Fig.63

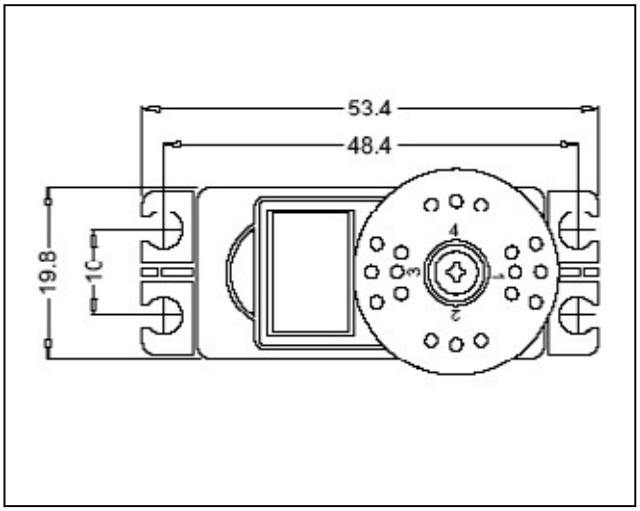



Fig.64

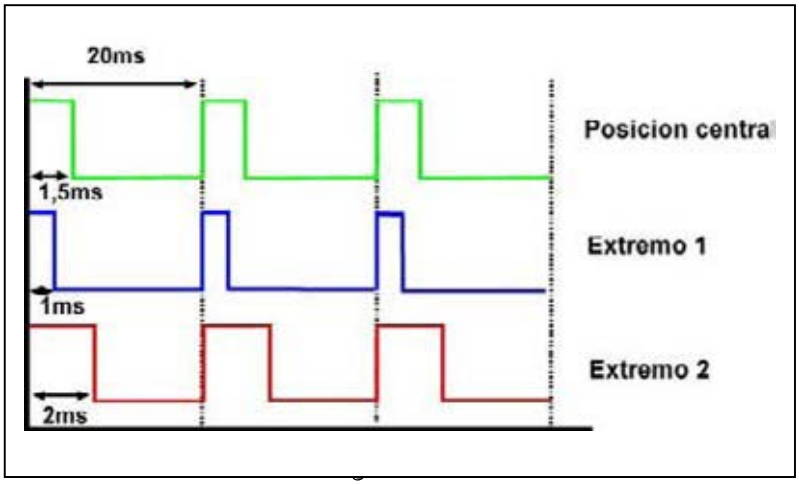
### III.9.1.1. Funcionamiento del Servo

El control de un servo se limita a indicar en que posición se debe situar. Estas "ordenes" consisten en una serie de pulsos. La duración del pulso indica el ángulo de giro del motor. Cada servo tiene sus márgenes de operación, que se corresponden con el ancho del pulso máximo y mínimo que el servo entiende. Los valores más generales corresponde con valores entre 1 ms y 2

ms, que dejarían al motor en ambos extremos. El valor 1,5 ms indicaría la posición central, mientras que otros valores del pulso lo dejan en posiciones intermedias. Estos valores suelen ser los recomendados, sin embargo, es posible emplear pulsos menores de 1 ms o mayores de 2 ms, pudiéndose conseguir ángulos mayores de 180°. Si se sobrepasan los límites de movimiento del servo, éste comenzará a emitir un zumbido, indicando que se debe cambiar la longitud del pulso.

El periodo entre pulso y pulso no es crítico, e incluso puede ser distinto entre uno y otro pulso. Se suelen emplear valores entre 10 ms y 30 ms pero idealmente para los servos utilizados en este equipo se recomienda un periodo de 20 ms. Si el intervalo entre pulso y pulso es inferior al mínimo, puede interferir con la temporización interna del servo, causando un zumbido, y la vibración del brazo de salida. Si es mayor que el máximo, entonces el servo pasará a estado dormido, entre pulsos. Esto provoca que se mueva con intervalos pequeños.

Es importante destacar que para que un servo se mantenga en la misma posición durante un cierto tiempo, es necesario enviarle continuamente el pulso correspondiente. De este modo, si existe alguna fuerza que le obligue a abandonar esta posición, intentará resistirse. Si se deja de enviar pulsos (o el intervalo entre pulsos es mayor del máximo) entonces el servo perderá fuerza y dejará de intentar mantener su posición, de modo que cualquier fuerza externa podría desplazarlo.



### III.9.1.2. Funcionamiento En Rotación Continua

Como una opción de funcionamiento de robot con ruedas es que se puede modificar los servomotores para logra pasar de un funcionamiento de 180ª a un giro continuo, la ventaja de modificar un servo radica en que no es necesario aplicar una interfaz de potencia para el control del motor de corriente continua, ya que se utiliza el control interno del servo ya provisto de fabrica, el control de velocidad en ambos sentidos es muy preciso, el gran torque otorgado por su caja reductora de engranajes y en definitiva la gran utilidad de tener todo lo anterior en una sola pequeña caja.

Alguna de las desventajas es que se pierde todo control de posición de giro del eje, debiendo agregar un nuevo dispositivo si se desea realizar un control odometrico del movimiento angular, además la velocidad máxima de funcionamiento no es muy rápida. La forma de modificaron de un servo normal en giro continua es la siguiente.

### III.9.2. Motor Paso a Paso

Aunque en el equipo modular solo viene un motor de tipo bipolar, el modulo de potencia diseñado permite conectar el tipo unipolar, por lo tanto se describirá el funcionamiento de ambos tipos de motor de paso.

Fig.66

Los motores paso a paso son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos. La característica principal de estos motores es el hecho de

poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de tan solo 1.8°, es decir, que se necesitarán 4 pasos en el primer caso (90°) y 200 para el segundo caso (1.8°), para completar un giro completo de 360°. El motor provisto en el kit es de la marca Howard y tiene las siguientes características.

| | |
|---|---|
| Angulo de Paso: | 3.6 Grados |
| No. De Fases: | 2 |
| Sistema Impulsion: | bipolar |
| Voltaje (VDC): | 12 |
| Resistencia de Fase (Ω) a 25(mA): | 480 |
| Inductancia de Fase (mH): | 31 |
| Torque Detencion (g-cm): | 80 |
| Torque Sostenido (g-cm): | 600 |
| Espacio Diagonal del agujero de montaje (in.): | 1.73 |
| Agujero de Montaje (in.): | 0.11 |
| Diametro del Eje (in.): | 0.197 |
| Largo Eje (in.): | 0.43 |
| Diametro Motor (in.): | 1.66 |
| Altura Motor (in.): | 1.31 |
| Peso: | 0.55 lbs. |

Estos motores poseen la habilidad de poder quedar enclavados en una posición o bien totalmente libres. Si una o más de sus bobinas está energizada, el motor estará enclavado en la posición correspondiente y por el contrario quedará completamente libre si no circula corriente por ninguna de sus bobinas.

### III.9.2.1. Principio de Funcionamiento

Básicamente estos motores están constituidos normalmente por un rotor sobre el que van aplicados distintos imanes permanentes y por un cierto número de bobinas excitadoras bobinadas en su estator.

Las bobinas son parte del estator y el rotor es un imán permanente. Toda la conmutación (o excitación de las bobinas) deber ser externamente manejada por un controlador.

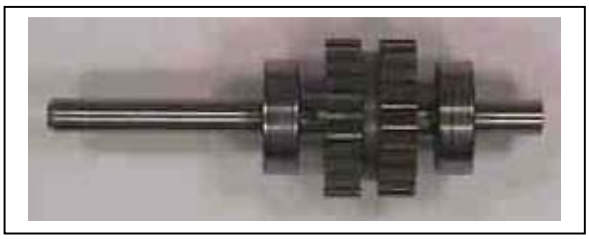


Fig.67

## Imagen del rotor

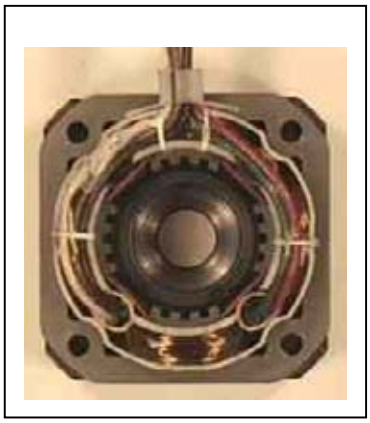


Fig.68

## Imagen de un estator de 4 bobinas

### III.9.2.2. Tipos De Motores

Existen dos tipos de motores paso a paso de imán permanente:

- **Bipolar:**

Estos tiene generalmente cuatro cables de salida. Necesitan ciertos trucos para ser controlados, debido a que requieren del cambio de dirección del flujo de corriente a través

de las bobinas en la secuencia apropiada para realizar un movimiento. En figura 69 podemos apreciar un ejemplo de control de estos motores mediante el uso de un puente en H (Provisto en el equipo). Como se aprecia, será necesario un puente H por cada bobina del motor, es decir que para controlar un motor Paso a Paso de 4 cables (dos bobinas), necesitaremos usar dos puentes H iguales al de la figura 69 .

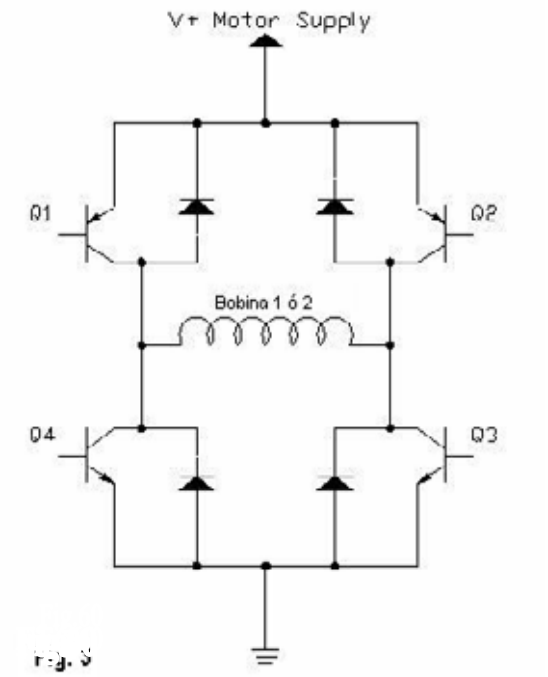



Fig.69

- **Unipolar:**

Estos motores suelen tener 6 o 5 cables de salida, dependiendo de su conexionado interno. Este tipo se caracteriza por ser más simple de controlar.

### Iii.9.2.3. Secuencias Para Manejar Motores Paso A Paso Bipolares

Como se dijo anteriormente, estos motores necesitan la inversión de la corriente que circula en sus bobinas en una secuencia determinada. Cada inversión de la polaridad provoca el movimiento del eje en un paso, cuyo sentido de giro está determinado por la secuencia seguida.

A continuación se puede ver la tabla con la secuencia necesaria para controlar motores paso a paso del tipo Bipolares a través de la interfaz de potencia diseñada:

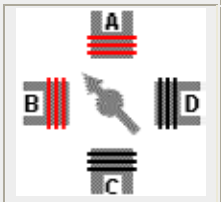
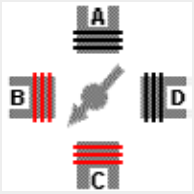
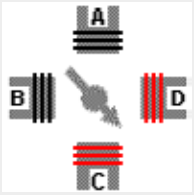
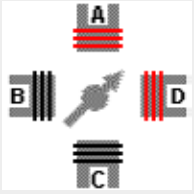
| PASO | TERMINALES | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | +V | -V | -V | -V |
| 2 | -V | +V | -V | -V |
| 3 | -V | -V | +V | -V |
| 4 | -V | -V | -V | +V |

### III.2.4. Secuencias Para Manejar Motores Paso A Paso Unipolares

Existen tres secuencias posibles para este tipo de motores, las cuales se detallan a continuación. Todas las secuencias comienzan nuevamente por el paso 1 una vez alcanzado el paso final (4 u 8). Para revertir el sentido de giro, simplemente se deben ejecutar las secuencias en modo inverso.

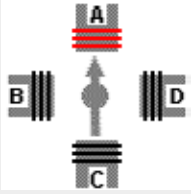
**Secuencia Normal:**

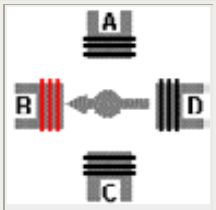
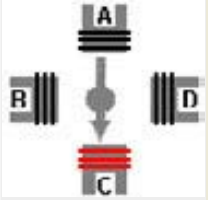
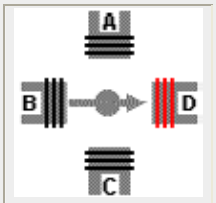
Esta es la secuencia más usada y la que generalmente recomienda el fabricante. Con esta secuencia el motor avanza un paso por vez y debido a que siempre hay al menos dos bobinas activadas, se obtiene un alto torque de paso y de retención.

| PASO | Bobina A | Bobina B | Bobina C | Bobina D | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ON | ON | OFF | OFF |  |
| 2 | OFF | ON | ON | OFF |  |
| 3 | OFF | OFF | ON | ON |  |
| 4 | ON | OFF | OFF | ON |  |

**Secuencia del tipo wave drive:**

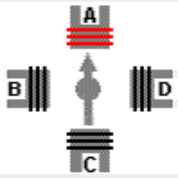
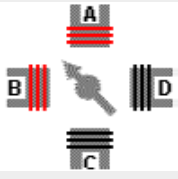
En esta secuencia se activa solo una bobina a la vez. En algunos motores esto brinda un funcionamiento mas suave. La contrapartida es que al estar solo una bobina activada, el torque de paso y retención es menor.

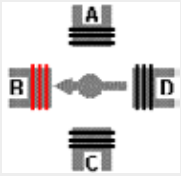
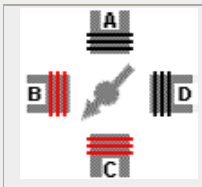
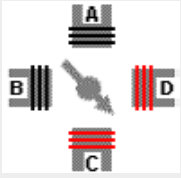
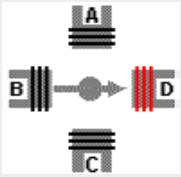
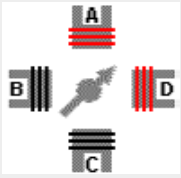
| PASO | Bobina A | Bobina B | Bobina C | Bobina D | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ON | OFF | OFF | OFF |  |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **2** | OFF | **ON** | OFF | OFF |  |
| **3** | OFF | OFF | **ON** | OFF |  |
| **4** | OFF | OFF | OFF | **ON** |  |

**Secuencia del tipo medio paso:**

En esta secuencia se activan las bobinas de tal forma de brindar un movimiento igual a la mitad del paso real. Para ello se activan primero 2 bobinas y luego solo 1 y así sucesivamente. Como vemos en la tabla la secuencia completa consta de 8 movimientos en lugar de 4.

| PASO | Bobina A | Bobina B | Bobina C | Bobina D | |
|---|---|---|---|---|---|
| **1** | **ON** | OFF | OFF | OFF |  |
| **2** | **ON** | **ON** | OFF | OFF |  |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **3** | OFF | **ON** | OFF | OFF |  |
| **4** | OFF | **ON** | **ON** | OFF |  |
| **5** | OFF | OFF | **ON** | OFF | |
| **6** | OFF | OFF | **ON** | **ON** |  |
| **7** | OFF | OFF | OFF | **ON** |  |
| **8** | **ON** | OFF | OFF | **ON** |  |

Como comentario final, cabe destacar que debido a que los motores paso a paso son dispositivos mecánicos y como tal deben vencer ciertas inercias, el tiempo de duración y la frecuencia de los pulsos aplicados es un punto muy importante a tener en cuenta. En tal sentido el motor debe alcanzar el paso antes que la próxima secuencia de pulsos comience. Si la frecuencia de pulsos es muy elevada, el motor puede reaccionar en alguna de las siguientes formas:

- Puede que no realice ningún movimiento en absoluto.
- Puede comenzar a vibrar pero sin llegar a girar.
- Puede girar erráticamente.
- puede llegar a girar en sentido opuesto.

Para obtener un arranque suave y preciso, es recomendable comenzar con una frecuencia de pulso baja y gradualmente ir aumentándola hasta la velocidad deseada sin superar la máxima tolerada. El giro en reversa debería también ser realizado previamente bajando la velocidad de giro y luego cambiar el sentido de rotación.

# Capitulo IV Diseño Maletín y Accesorios

Como una forma de cumplir los objetivos planteados al principio de este documento , se diseño y adapto un maletín no solo para guardar y transportar lo módulos, sino que poder utilizar este como una forma de probar previamente los elementos diseñados en conjunto, para que una vez probados retirarlos para armar algún pequeño robot.

## IV.1. Objetivos

- Presentar detalles técnicos de la construcción del maletín y de los accesorios incluidos.

# IV.2. Maletín

Para el resguardo de las piezas se eligió un maletín de aluminio, el cual tiene la característica de su alta duración al maltrato, las medidas de este son.

.- 21cm ancho

.- 41cm Largo

.- 11cm Alto

Fig.70

A este maletín se le adjuntaron componentes y se realizaron modificaciones para lograr cumplir el propósito de transporte y resguardo de los componentes, se le agrego además otra función, la de mesa de trabajo, para conservar un orden para la creación de alguna experiencia.

Para cumplir la tarea de una mesa de trabajo, es que se adhirió a el , un transformador de 12 Volt DC 1000mA, potencia suficiente para lograr el funcionamiento de todos los circuitos propuestos a la vez, además de los distintos modelos de motores, para la alimentación de los circuitos, se agrego un regulador de 5 Volt, obteniendo dos tipos de voltaje disponibles en la mesa de trabajo (5 y 12 Volt) estos están disponibles en a través de tres conectores, dos para los voltajes de 12 volt ( jack hembra de 3,5 Mm.) y uno para 5 Volt (jack macho 2.1 X 5,5 mm).

Para lograr mantener ordenados los circuitos dentro de la maleta, las piezas mecánicas para construcción de las estructuras de los robot, y los cables de conexiones, se unió dentro de la maleta una superficie con distintos calados, para el soporte de los motores y perforaciones a pasos de 11mm, esta superficie cubre la parte mas ancha de la superficie de la maleta, la cual se dividió en una parte fija ala maleta, y otra que pivotea a la parte fija, permitiendo un espacio para el almacenamiento de las estructuras de plástico, tornillos, tuercas, cables, etc…

Las cotas de esta estructura se encuentran en el anexo Nº 1, la imagen de esta superficie es la siguiente.

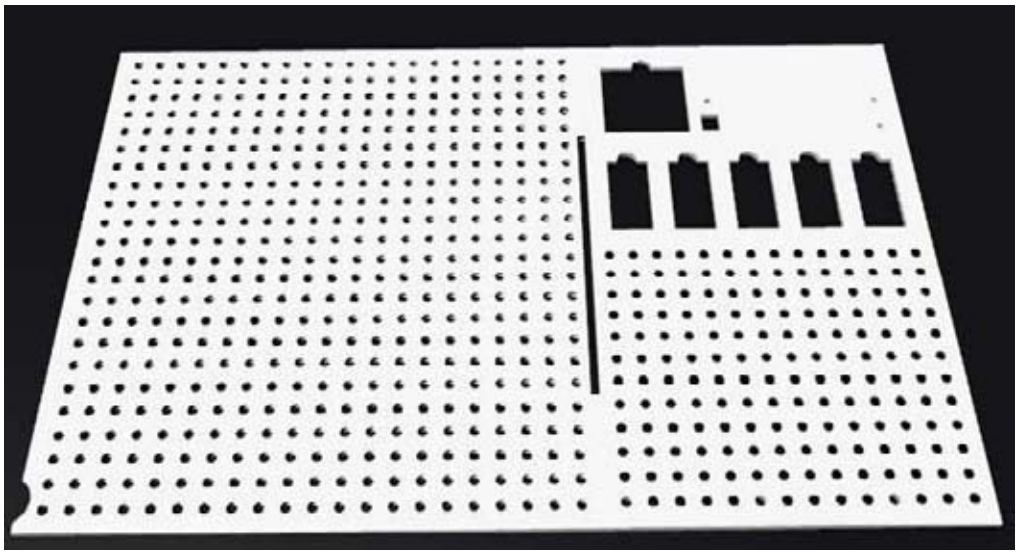


Fig.71

Con este diseño se logra mantener ordenados los componentes electrónicos, ya que estos se encuentran con las perforaciones correspondientes para fijarse a esta superficie, además los calados superiores son utilizados para mantener los servomotores y el motor paso a paso disponible para posibles aplicaciones en esta mesa de trabajo.

Para la alimentación del transformador que se encuentra dentro de la maleta, debajo de la superficie de trabajo, se instalo un enchufe macho de panel, el cual se encuentra en un borde de la maleta de aluminio, para su alimentación o conexión a la toma de corriente, se agrego su cable correspondiente, el cual se encuentra ubicado bajo la superficie de trabajo.

Fig.72

La ubicación de cada componente dentro de la maleta, pude ser modificada según el usuario lo desee, excepto la posición de los motores paso a paso y servo, los cuales tiene su lugar preestablecido dentro de la mesa de trabajo, pero fuera de las perforaciones destinada a los módulos. En las siguientes imágenes se da una configuración, la cual tiene como objetivo, dejar lo mas al centro posible de la superficie, el modulo BASE DE MICROCONTROLADOR, ya que por este deben pasar la mayoría de las conexiones, y por lo tanto las unidades a conectar deberían ubicarse a su alrededor.

Las ubicaciones de accesorios en el compartimiento debajo de la superficie de trabajo, y los conectores de alimentación ya descritos se pueden ver en las figuras 73 y 74.

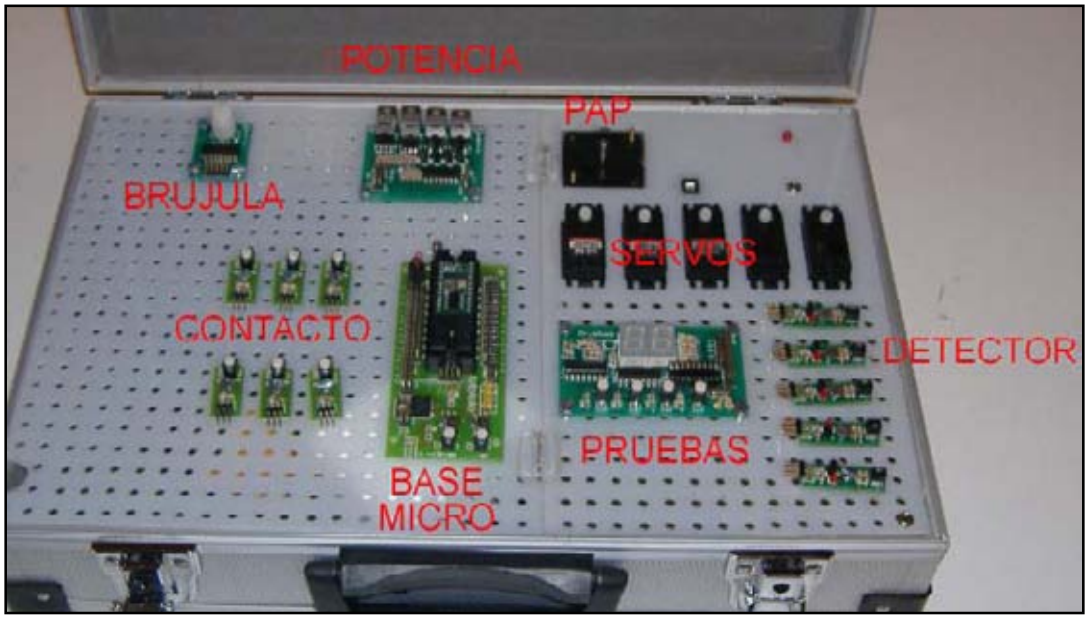



Fig.73

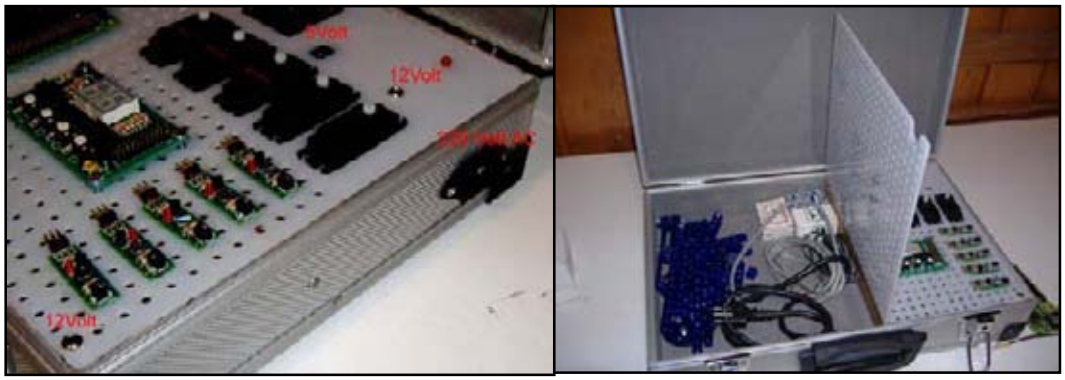
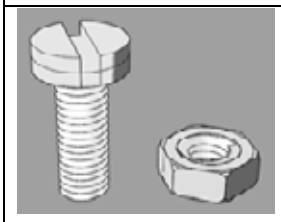



Fig.74

# IV.3. Accesorios

Dentro del equipo modular, hay elementos que sirven para las distintas tareas de conexión, ensamblado, configuración, alimentación entre otros, estos elementos que son muy simples, pero que sin ellos no se podrían llevar a cabo las actividades para las cuales fue diseñado es equipo, de mostrara una imagen de los accesorios a continuación, con una breve explicación de su utilización.

| | |
|---|---|
| | Adherido a la superficie de trabajo dentro del maletín de transporte, este conector suministra 5 volt para la alimentación directa a los circuitos. |
| | Adherido a la superficie de trabajo dentro del maletín de transporte, este conector suministra 12 volt para la alimentación directa del circuito Base Microcontrolador y Potencia. |
| | Jumper los cuales sirven para la configuración de la placa Base Microcontrolador, estos conectan el regulador que esta en este circuito o se puede conmutar solo las tierra para alimentar alguna parte especifica dentro de este. |
| | El cable que tiene el conector jack de 2,1 Mm. y salida de conector slip doble, este cable es para la conexión directa a los circuitos desde la salida de 5 Volt . |
| | El cable con el conector jack de 3,5 Mm. y salida de conector jack de 2,1 Mm. es para conectar desde la salida de 12 Volt a las entradas plug dispuesta en la placa Base Microcontrolador, para que desde ahí se alimente a los demás circuitos. |

| | |
|---|---|
| | Cable con conector slim triple en ambos extremos, este es el cable principal de las conexiones entre módulos, el cual lleva la el voltaje necesario para el funcionamiento y las señales con las instrucciones |
|  | Tuerca y tornillo milimétrico de 0,7, en distintos largos para su uso en las estructuras diseñadas para la construcción de autómatas, además son usadas para mantener unidos los módulos tanto en la superficie de trabajo como en las estructuras mencionadas |
| | Tornillos para el ajuste de los servomotores y de la pieza denominada cardan (descrita mas adelante) en otras piezas diseñadas para este trabajo. |

# IV.4. Estructuras Complementarias

Para la construcción de las diferentes estructuras que darán forma a los futuros robot, es que se han propuesto seis piezas principales, las cuales fueron diseñadas con el propósito de que con este mínimo de piezas, se realicen la mayor cantidad posible de estructuras, el material escogido para su fabricación fue plástico ABS, el cual tiene excelentes propiedades dada por sus componentes.

El acrilonitrilo proporciona:

- Resistencia térmica
- Resistencia química
- Resistencia a la fatiga
- Dureza y rigidez

El butadieno proporciona:

- Ductilidad a baja temperatura
- Resistencia al impacto
- Resistencia a la fusión

El estireno proporciona:

- Facilidad de procesado (fluidez)
- Brillo
- Dureza y rigidez

Excepto en películas delgadas, es opaco y puede ser de color oscuro o marfil y se puede pigmentar en la mayoría de los colores, obteniéndose partes lustrosas de acabado fino. La mayoría de los plásticos ABS son no tóxicos e incoloros.

Pueden ser extruidos, moldeados por inyección, soplado y prensado. Generalmente los grados de bajo impacto son los que más fácil se procesan. Los de alto impacto son más dificultosos porque al tener un mayor contenido en caucho los hace más viscosos.

La propiedades descritas del material de fabricación, dan la suficiente resistencia como para diseñar piezas delgadas y de gran resistencia mecánica a la tensión y fricción, a continuación. Las cotas de todas las piezas descritas serán presentadas en el Anexo 1 Cotas de estructuras.

### IV.4.1. Viga Larga

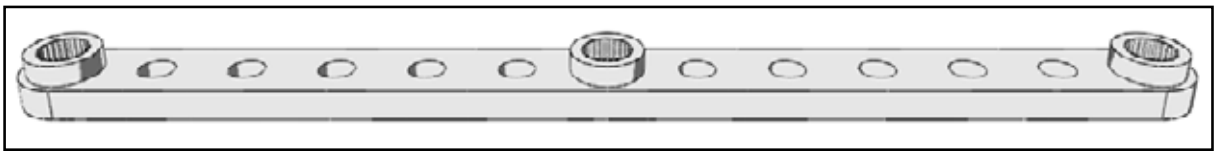


Fig.75

Basado en el largo promedio, que se les da a los robot de avance a través de ruedas y de seis patas, se le dio a esta pieza una longitud de 14,3 cm., con orificios en todo su largo, para su unión con otras piezas por medio de tornillos, los centros de los orificios están separados en pasos de 11 milímetros. Estos pasos se respetan como una norma en la construcción de las demás piezas, incluso en las perforaciones de las placas de circuito impreso, para así permitir su unión a la estructura creada.

Dentro del diseño de la viga se considero el encastre directo a el eje de los servomotores Hitec, los cuales no son compatibles con los ejes de los servomotores tipo Futaba, estos encastres

se encuentran en las tres circunferencias dispuestas en los extremos y el centro, en la figura 76 se ve un detalle de estos.

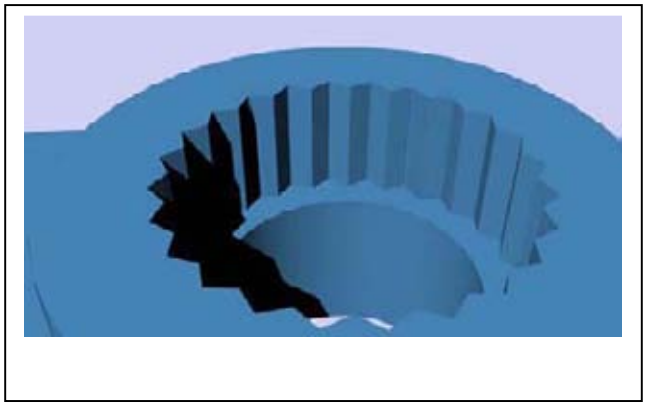


Fig.76

Además estas circunferencias de 2,25 milímetros de alto permiten que la union de dos piezas tipo viga generen una pieza de orden superior, esta unión crea un calado interior del mismo ancho de las perforaciones (4,5mm), dando la posibilidad de posicionar tornillos y piezas en todo el largo de la pieza.

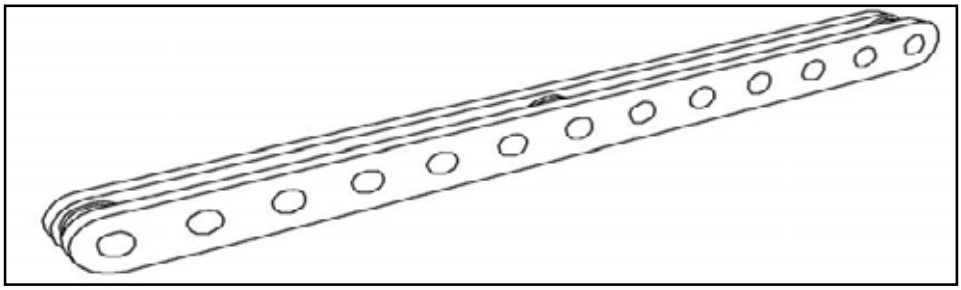


Fig.77

El aspecto final de las piezas diseñadas en sus diferentes vistas se puede apreciar a continuación en la figura 78.

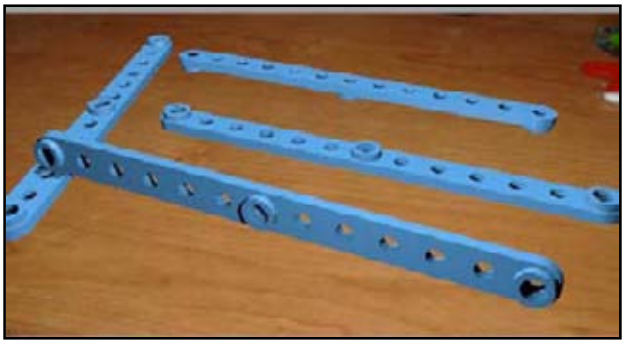


Fig.78

### IV.4.2. Viga Corta

Fig.79

Al igual que la anterior, su largo se obtuvo con el ancho promedio de los vehículos y robot observados, además su longitud se hizo coincidir a la mitad de la viga larga, para crear una viga de orden superior, el paso de los orificios sigue siendo el mismo 11milimetros.

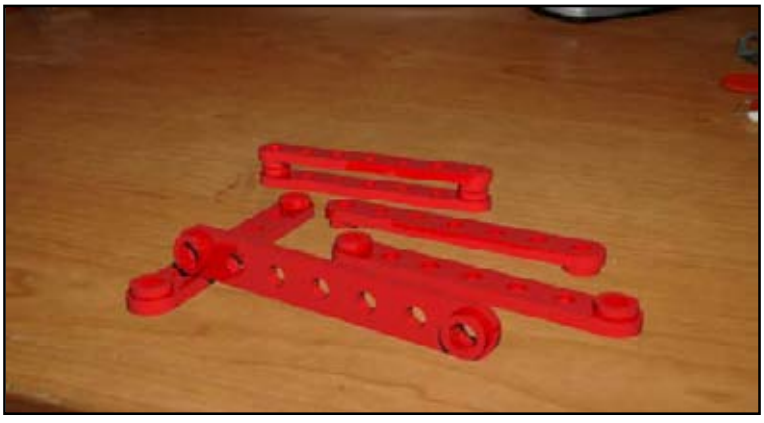


Fig.80

### IV.4.3. Rueda

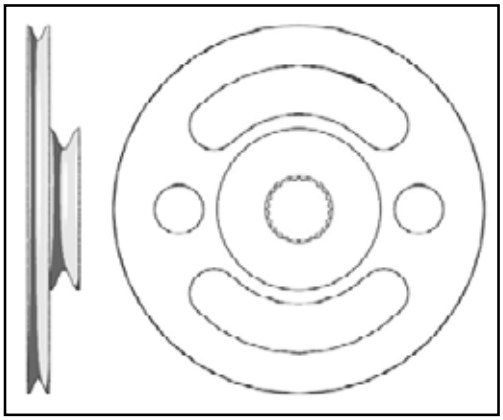


Fig.81

La pieza denominada rueda, tiene como propósito, convertirse en una rueda de pequeñas dimensiones, pero a su vez puede ser utilizada como polea, debido a un surco ubicado en la circunferencia mayor, además se dispuso de otro surco en la circunferencia menor el cual sirve también como una polea de menor diámetro, además se realizaron perforaciones de 4,5 milímetros y a pasos de 11 milímetros entre ellos.

### IV.4.4. Llanta

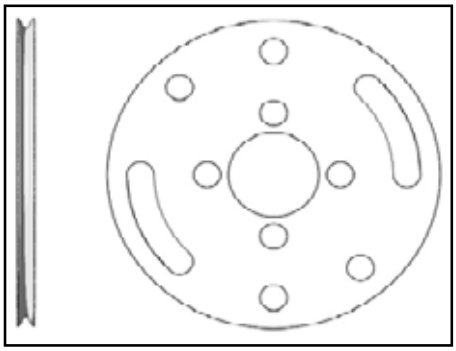


Fig.82

El diseño de la llanta se diseño como una posibilidad de crear una rueda de un diámetro superior utilizando un o-ring ajustado a su circunferencia, el cual a su vez pueda ser utilizado como polea, esta llanta se une a través de tornillos a la pieza denominada rueda, para así lograr la transmisión de movimiento desde el eje de los motores adjuntos.

### IV.4.5. Cardan

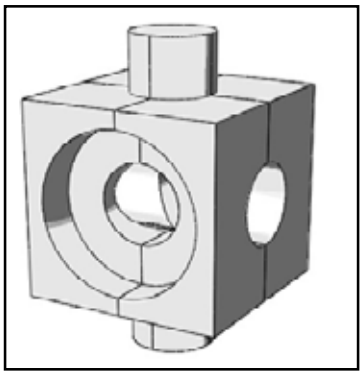


Fig.83

Para la unión de las vigas en distintas posiciones y para lograr una transmisión de movimiento se diseño esta pieza, esta se puede configurar en ángulos recto las vigas tanto larga y corta.

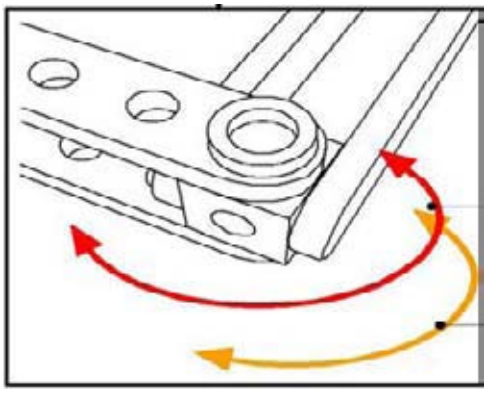


Fig.84

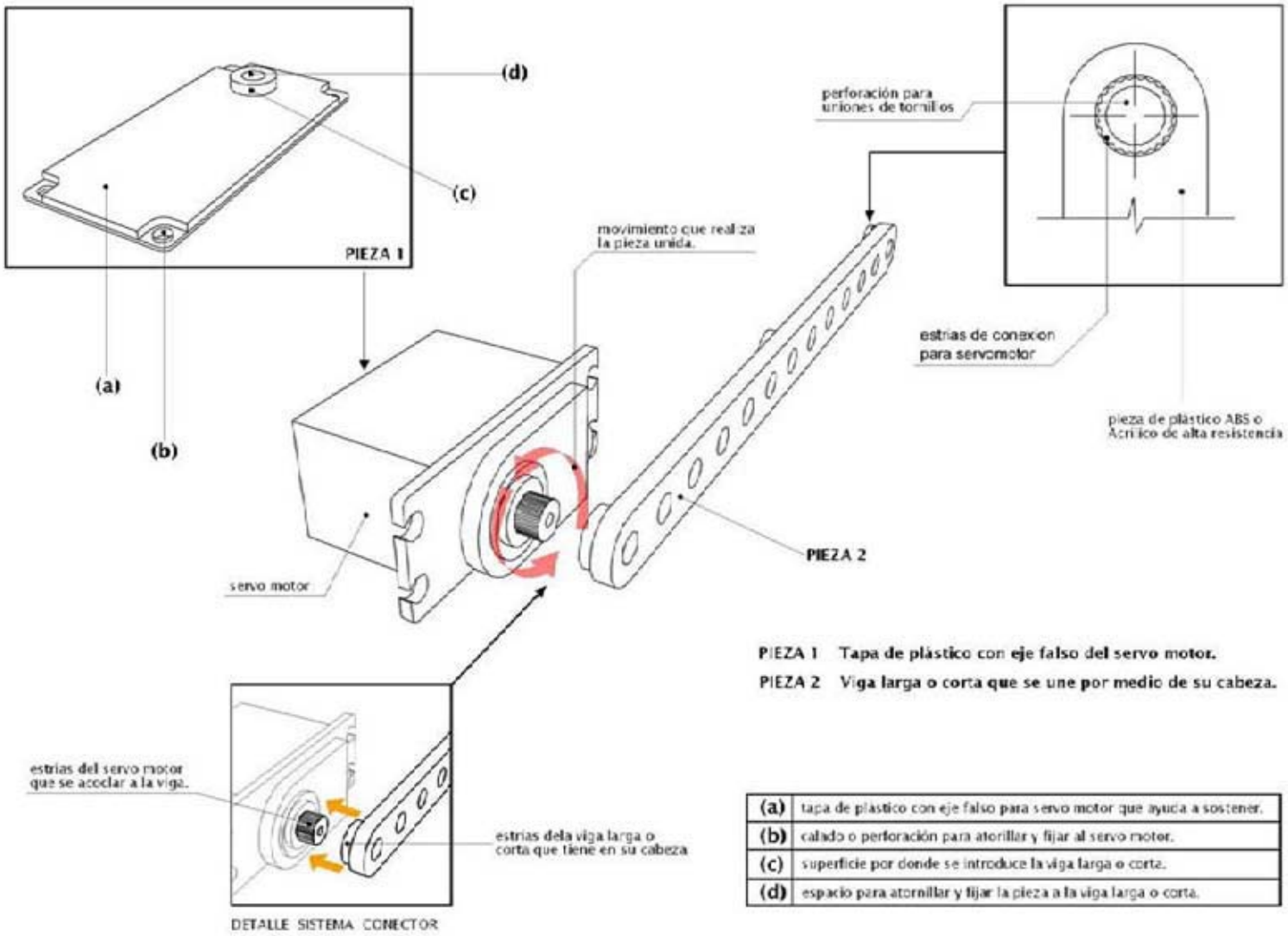
Por todos los puntos tiene la posibilidad de asegurar las piezas para impedir su movimiento esto a través de tornillos dispuestos en este equipo.

### IV.4.6. Tapa

Fig.85

Aunque no es un diseño sino un apequeña modificación a lo ya existente, la utilidad que se le da es alta, ya que permite que el giro que proporcione un servomotor a alguna pieza o sector del robot, no recaiga un esfuerzo en una dirección distinta a la realizada por el eje de este motor, evitando que se dañe por un desgaste de material, la tapa que ya esta dispuesta en los servomotores originales, se le agrega un cilindro en le cual puede gira las vigas y asegurarlas a esta a través de tornillos.

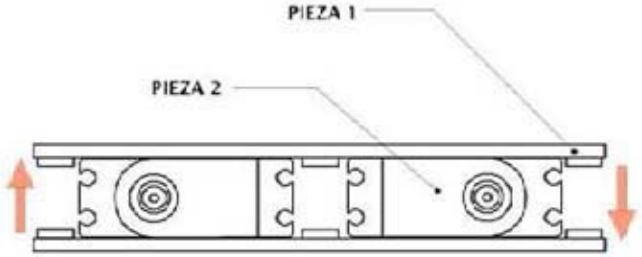
La forma de unión de las piezas ya descrita y su modo de aplicación se muestran en las laminas que se presentan a continuación, en estas se demuestra visualmente como se realizan las distintas configuración que pueden adoptar, aunque se pueden realizar otras que decida el operador de estas piezas.



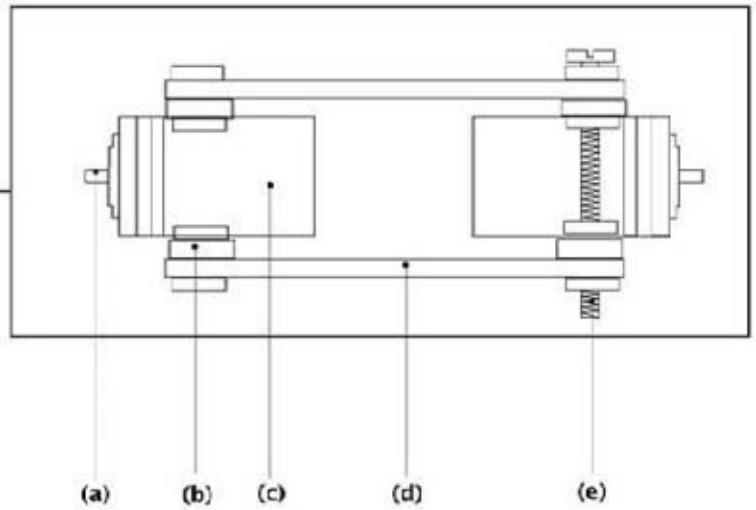

**PIEZA 1** **Tapa de plástico con eje falso del servo motor.**

**PIEZA 2** **Viga larga o corta que se une por medio de su cabeza.**

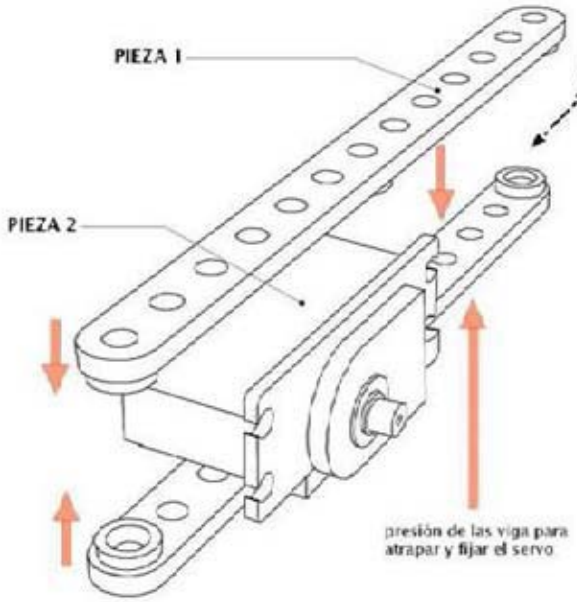
| | |
|---|---|
| **(a)** | tapa de plástico con eje falso para servo motor que ayuda a sostener. |
| **(b)** | calado o perforación para atornillar y fijar al servo motor. |
| **(c)** | superficie por donde se introduce la viga larga o corta. |
| **(d)** | espacio para atornillar y fijar la pieza a la viga larga o corta. |




VISTA LATERAL - DOS VIGAS CON DOS MOTORES




VISTA FRONTAL - ESTRUCTURA DE CUATRO VIGA + DOS MOTORES




**PIEZA 1** **Servo motor que permite imprimir movimoento a las piezas.**

**PIEZA 2** **Viga larga modular uno.**

**PIEZA 3** **Viga larga modulara dos.**

| | |
|---|---|
| (a) | cabeza del servo motor que se puede conectar a la rueda chica o a una viga. |
| (b) | viga larga que se une a la viga corta para formar una estructura de mayor volumen. |
| (c) | servo motor que se fija por medio de presión de dos viga largas o cortas. |
| (d) | viga corta que se une a la viga larga para formar una estructura de mayor volumen. |
| (e) | perno que permite ejercer la presión necesaria para que el servo quede prisionero. |

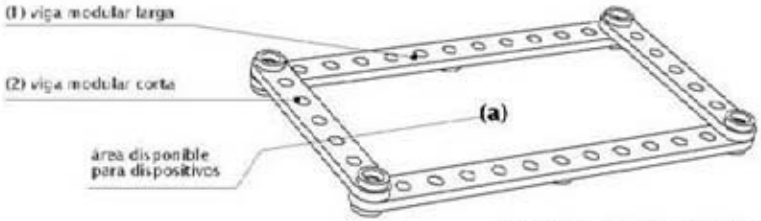
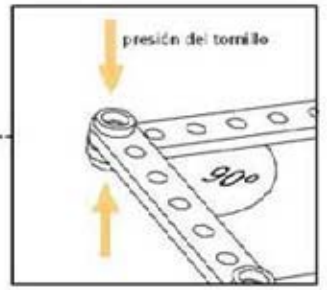



FIGURA 1 - ESTRUCTURA SIMPLE



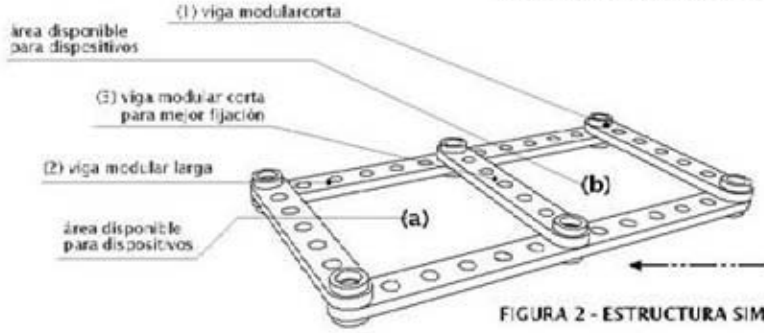
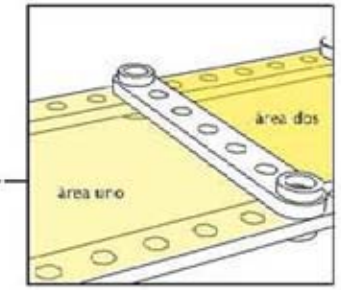




FIGURA 2 - ESTRUCTURA SIMPLE DOS



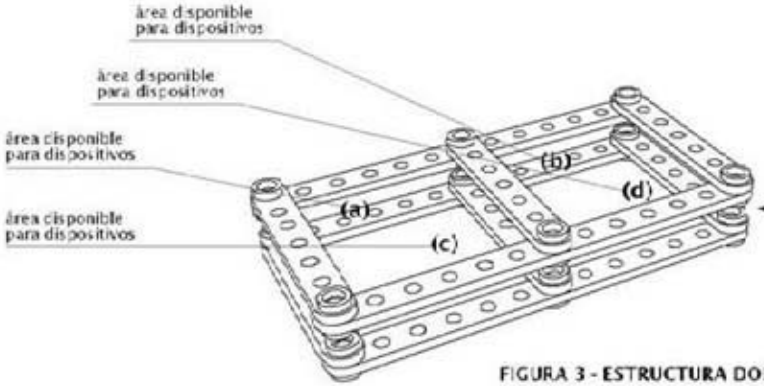
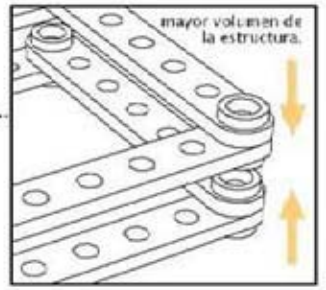




FIGURA 3 - ESTRUCTURA DOBLE



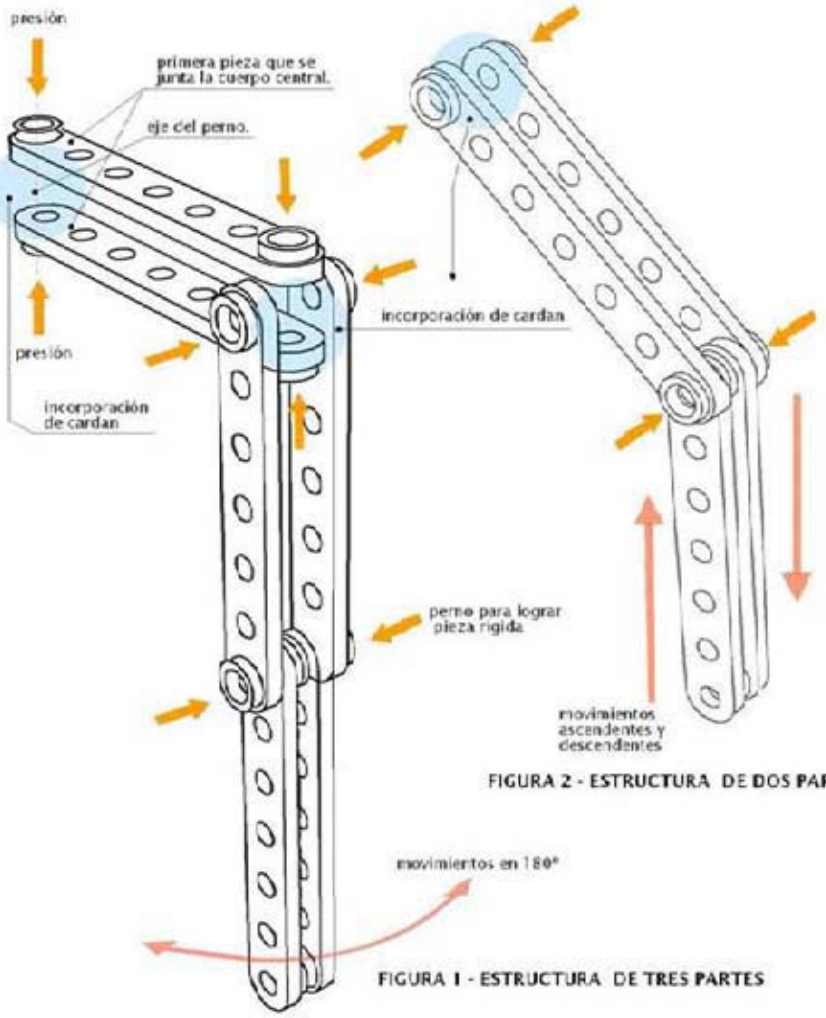



FIGURA 1 - ESTRUCTURA DE TRES PARTES

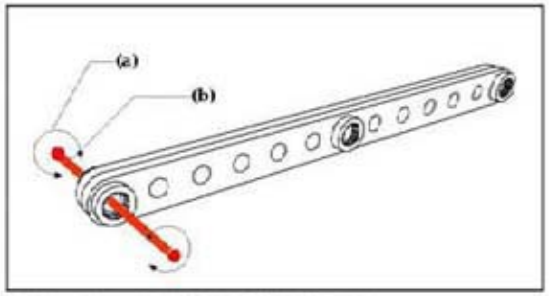



FIGURA 3 - BARRA DOBLE ESTRUCTURAL

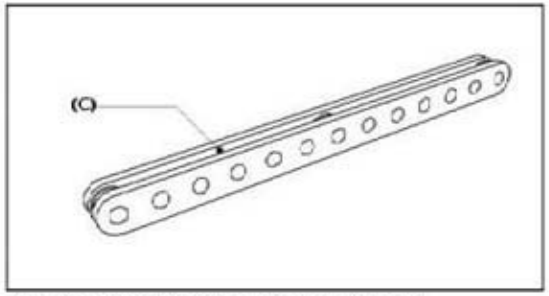
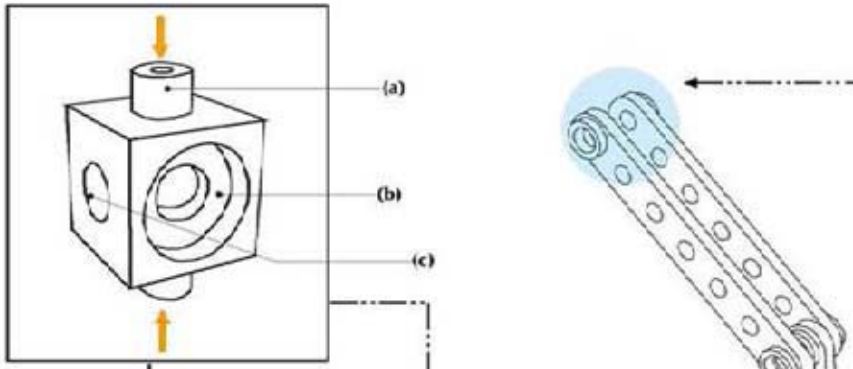
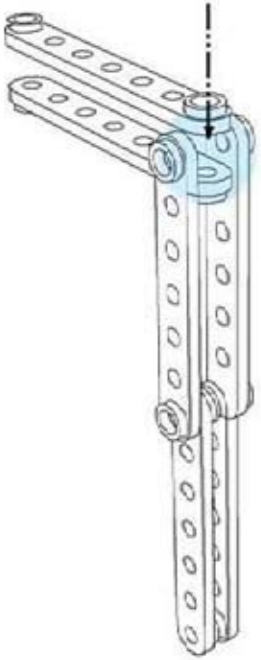


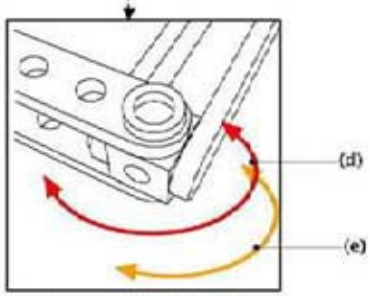

FIGURA 4 - BARRA DOBLE ESTRUCTURAL DOS

FIGURA 2 - ESTRUCTURA DE DOS PARTES

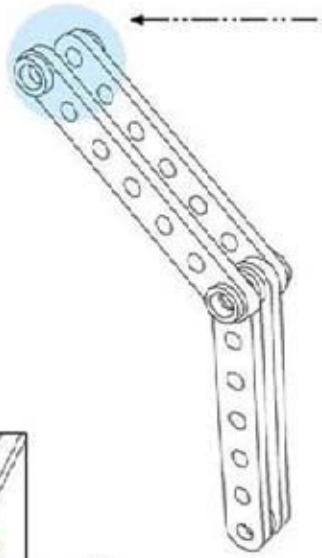
| | |
|---|---|
| (a) | movimientos, puede ser en 90°, 180° 0 360°, según conección. |
| (b) | eje del tornillo que atraviesa las dos piezas para darle firmeza. |
| (c) | espacio para pernos y extender el volumen de la estructura. |

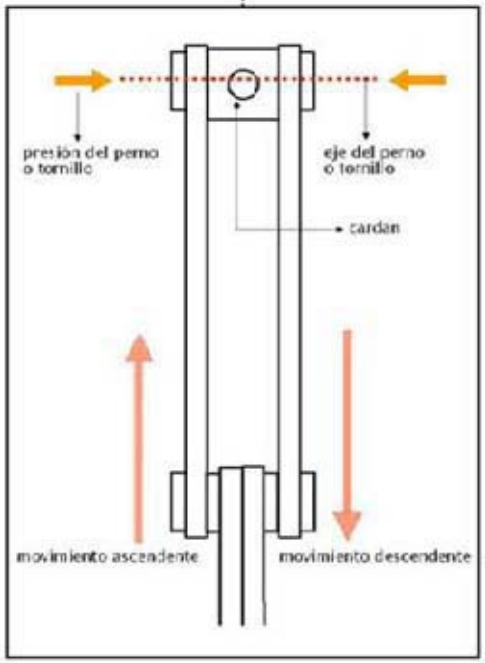





DETALLE MOVIMIENTO DEL CARDAN






| | |
|---|---|
| (a) | parte del cardan que se introduce en las viga y se sostiene con tornillos. |
| (b) | rebaje del cardan para dejar al mismo nivel la cabeza del perno o tornillo. |
| (c) | perforación por donde puede pasar un tornillo o una pieza de eje.. |
| (d) | ejecución de movimientos en 180 °. |
| (e) | ejecución de movimientos en 90°. |

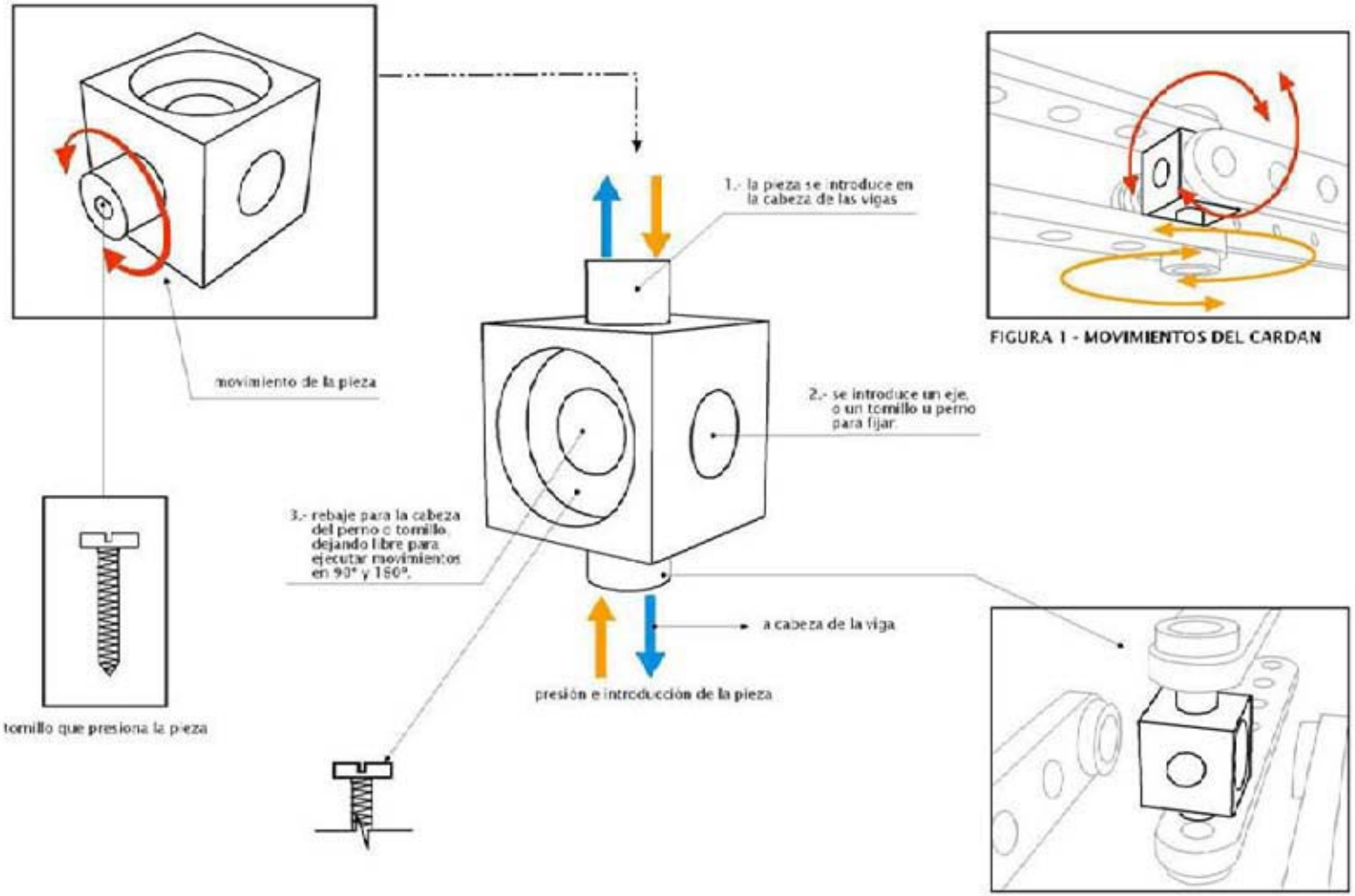



FIGURA 1 - MOVIMIENTOS DEL CARDAN

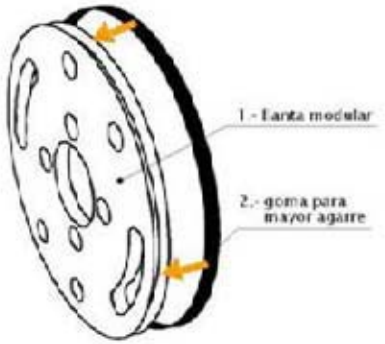



FIGURA 1

FIGURA 2

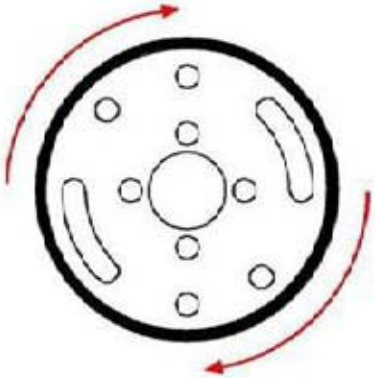
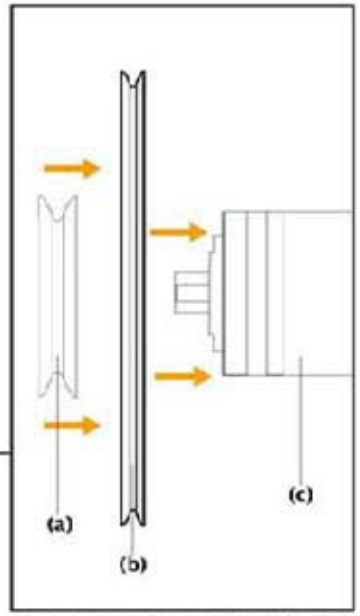
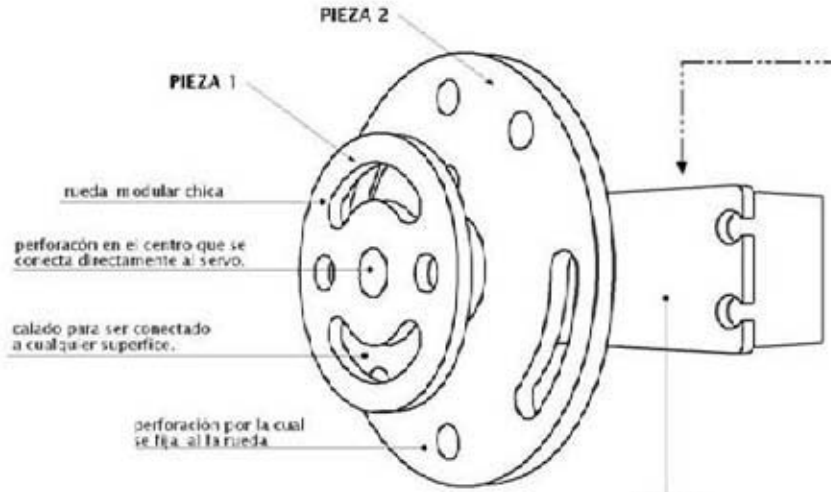


FIGURA 3



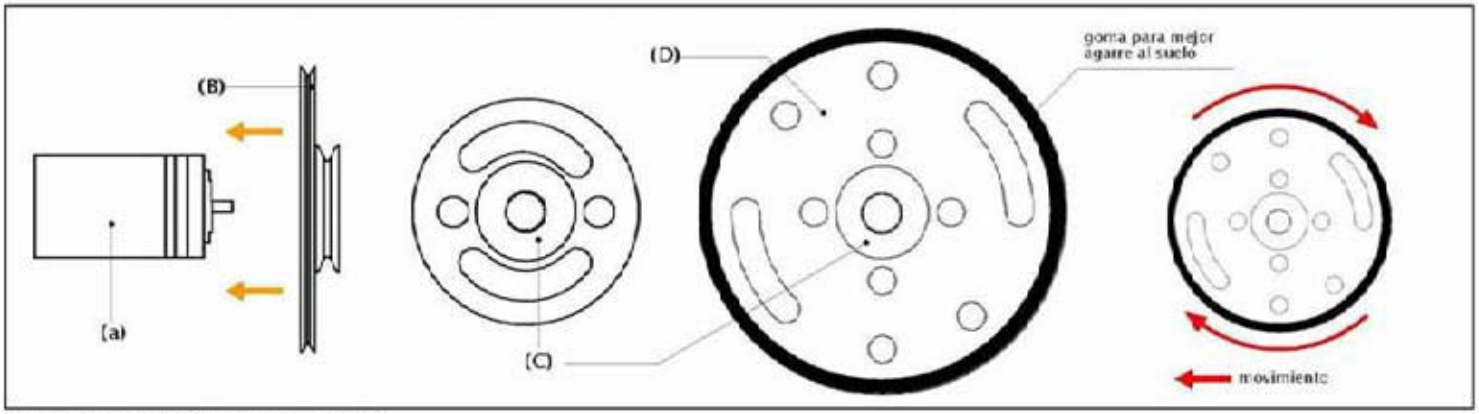

DETALLE SISTEMA DE CONEXIÓN




PIEZA 2

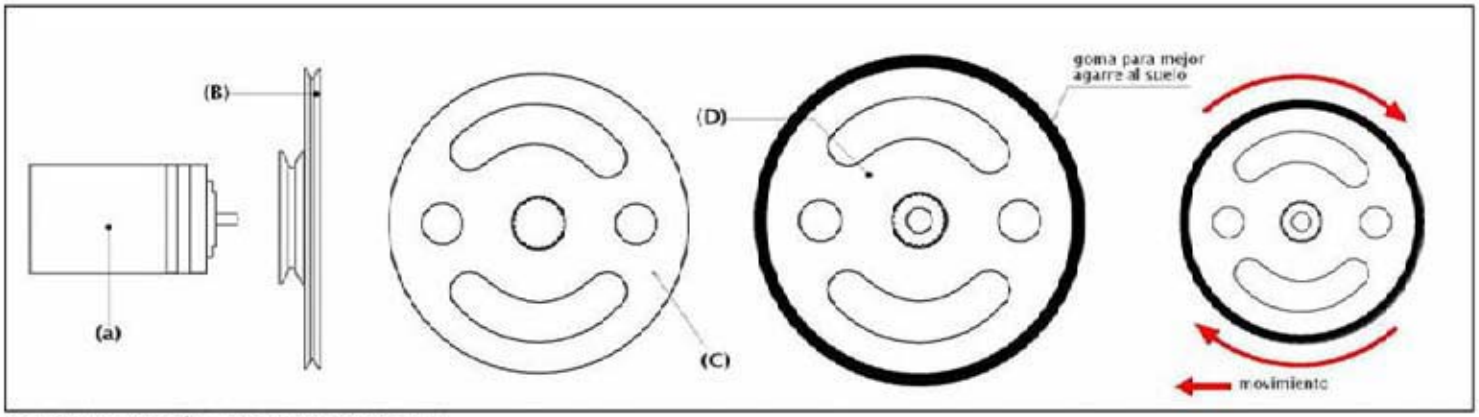
PIEZA 1 **Rueda modular chica.**
PIEZA 2 **Llanta modular.**
PIEZA 3 **Servo motor.**

| | |
|---|---|
| (a) | rueda chica se conecta a llanta modular por pernos. |
| (b) | la llanta junto con la rueda chica se conecta al servo |
| (c) | el servo permite el movimiento de la pieza armada. |




SISTEMA DE FUNCIÓN - RUEDA + LLANTA.

| | | | |
|---|---|---|---|
| (a) | servo motor que imprime movimiento a la pieza. | (C) | la rueda se conecta dejando su lado pequeño afuera. |
| (B) | la rueda chica se conecta al servo motor. | (D) | la rueda se conecta a la llanta para mayor volumen. |




SISTEMA DE FUNCIÓN - RUEDA MODULAR SOLA.

| | | | |
|---|---|---|---|
| (a) | servo motor que imprime movimiento a la pieza. | (C) | la rueda se conecta con su lado pequeño al servo. |
| (B) | la rueda chica se conecta al servo motor. | (D) | se la agrega a la rueda la goma para mayor agarre. |

# Capitulo V Aplicaciones Con el Equipo Modular de Mecatrónica

Las aplicaciones que se muestran a continuación, son solo alguna de las formas de configuración, principalmente configurados como pequeños autómatas, las posibilidades de armado del equipo va solo condicionado con la creatividad del manipulador.

Dentro de este capitulo se explicara el armado de cada uno de los robot en detalles, la forma de conexiones de los módulos electrónicos y electromecánico, como también se explicara la forma de programar estos robot.

Las aplicaciones que se mostraran son:

- Robot Básico
- Robot Araña
- Brazo Robótico

## V.1. Objetivos del Capitulo

- Demostrar en forma practica la funcionalidad del diseño.

# V.1. APLICACIÓN N°1

### V.1.1. Robot Básico

Para comprender mejor el uso del equipo modular de mecatrónica se propone crear un sistema que utilice todos los elementos propuestos. Una forma de utilizar todos estos elementos seria crear un robot móvil, el cual nos permite como se dijo utilizar las piezas diseñadas y además adquirir las destreza necesarias para el control y comprensión de sistemas retroalimentados, el robot básico es un dispositivo que logra movimiento a través de ruedas y logra seguir una línea a través de los sensores de presencia los cuales pueden diferenciar los objetos claros de los opacos.

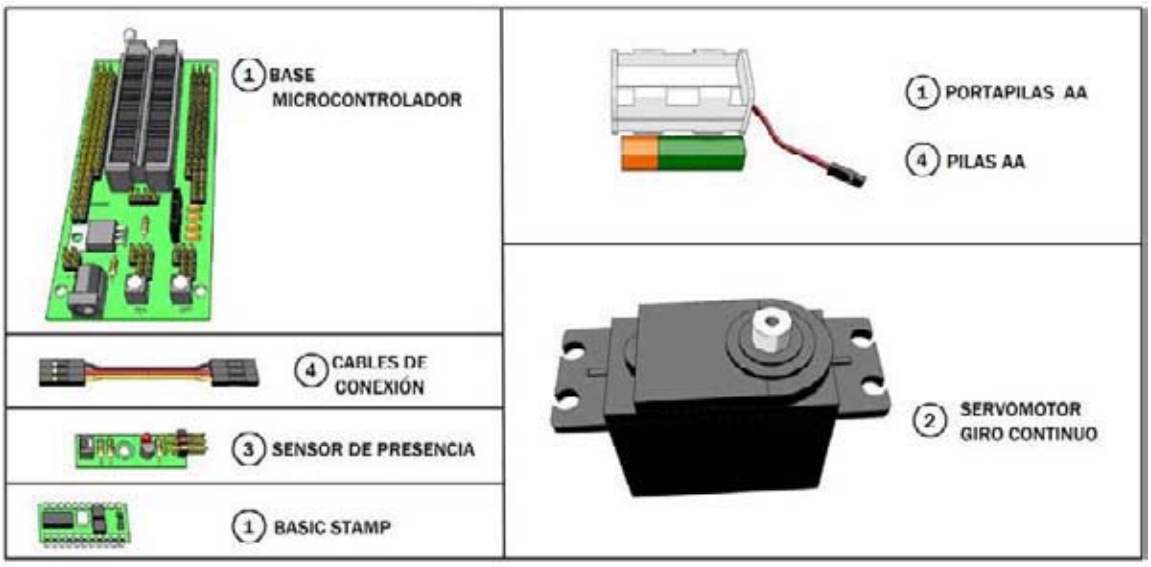
### V.1.2. Requerimientos

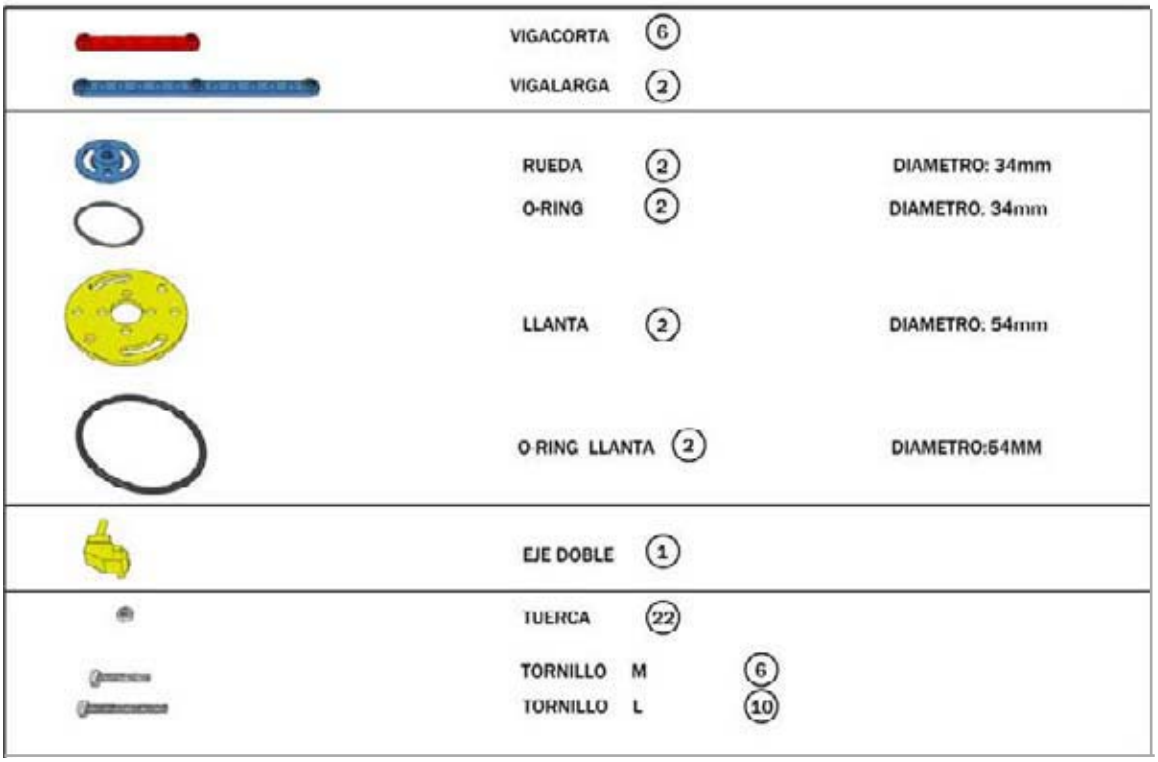
- Construir un vehículo mecatrónico que avance con ruedas.

- Que el vehículo sea capaz de seguir una línea negra sobre un fondo blanco.

### V.1.3. Requerimientos de Hardware

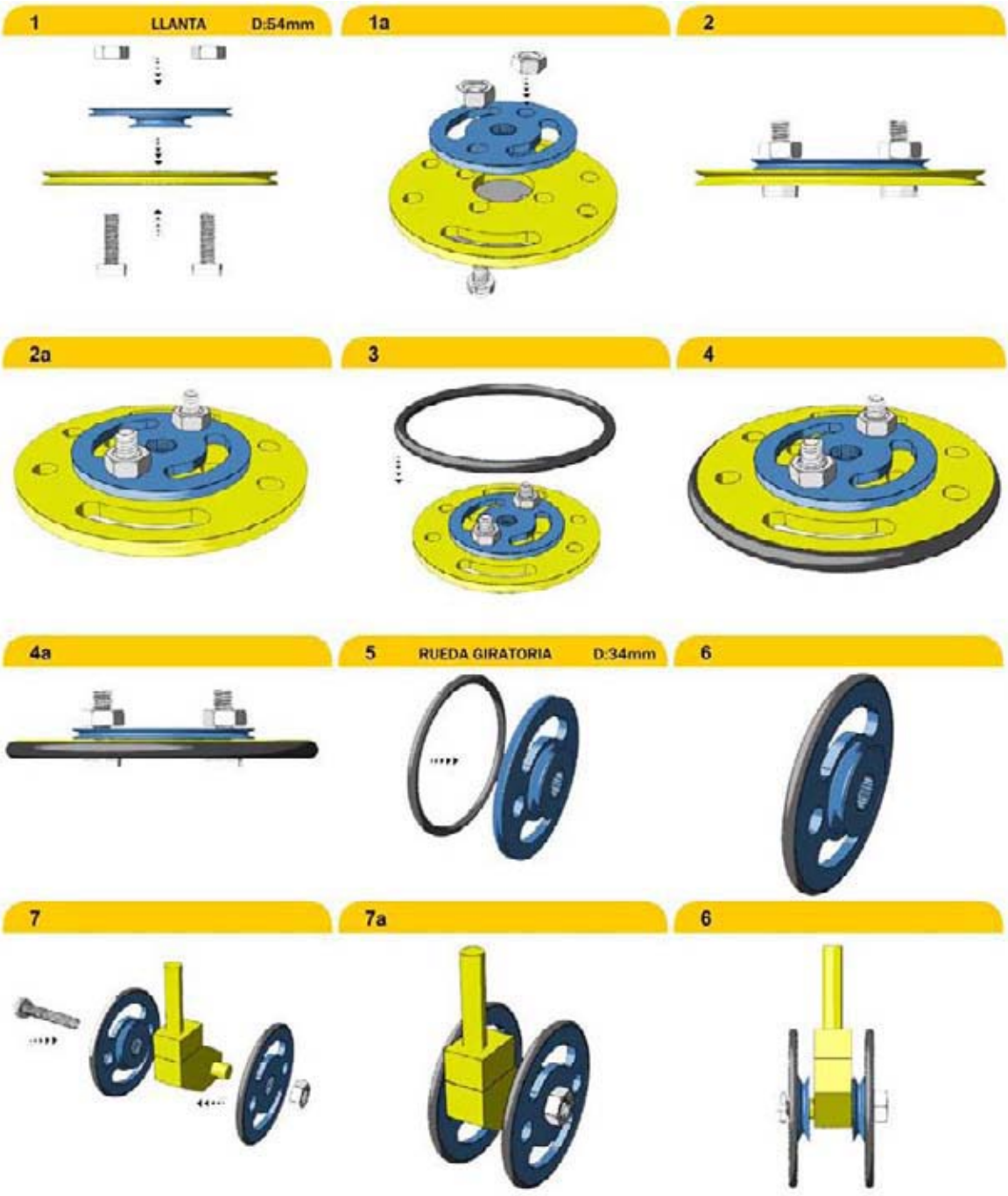
Las cantidades necesarias de cada elemento se encuentran especificadas en un círculo a su lado, todos los elementos aquí presentados están disponibles en el equipo modular.



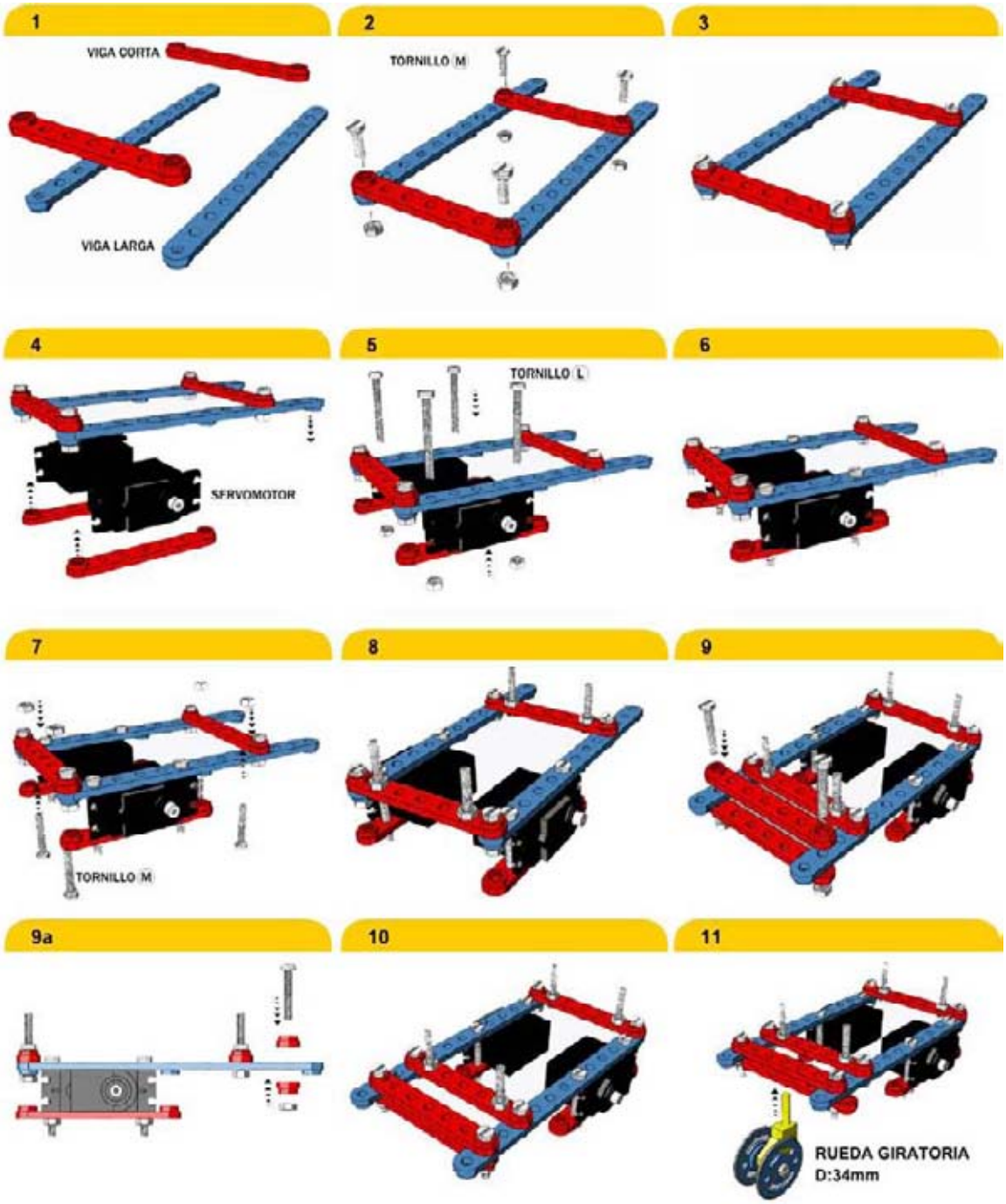



### V.1.4. Forma de armado

Ruedas necesarias para la tracción (las más grandes) y la estabilidad, las más pequeñas.



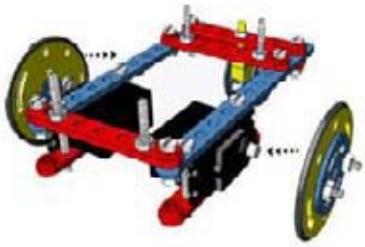
### V.1.5. Ensamblado Cuerpo



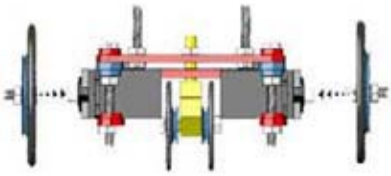
12

13

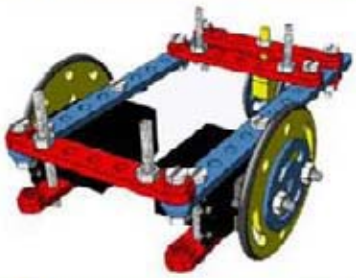
14



14a

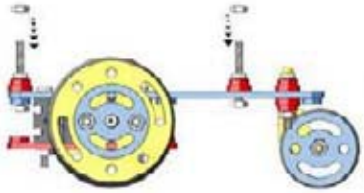


15

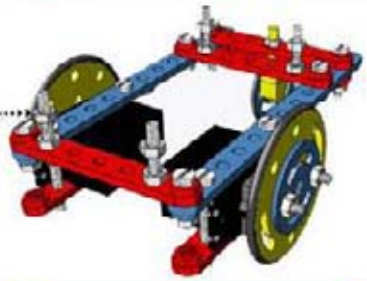


16

16a

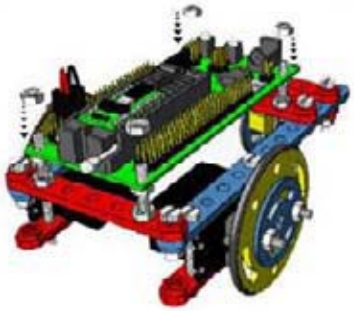


17



18

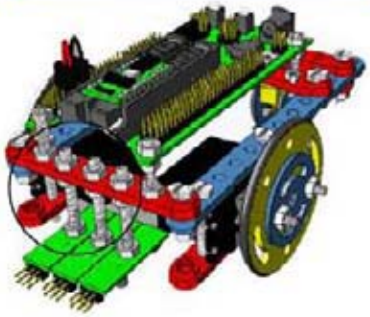
19



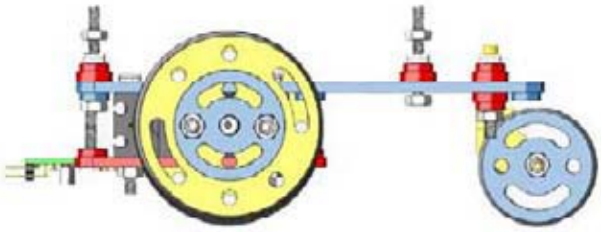
20

21

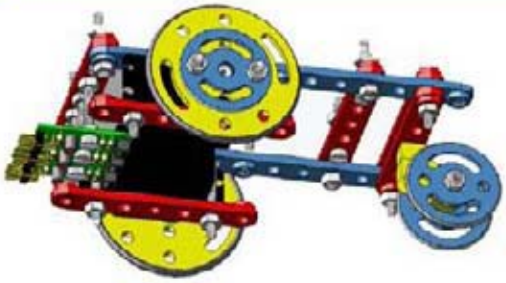
22



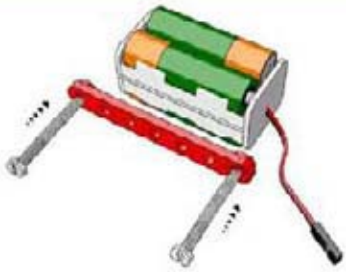
22a



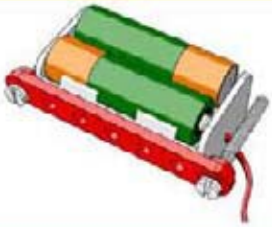
22b



23



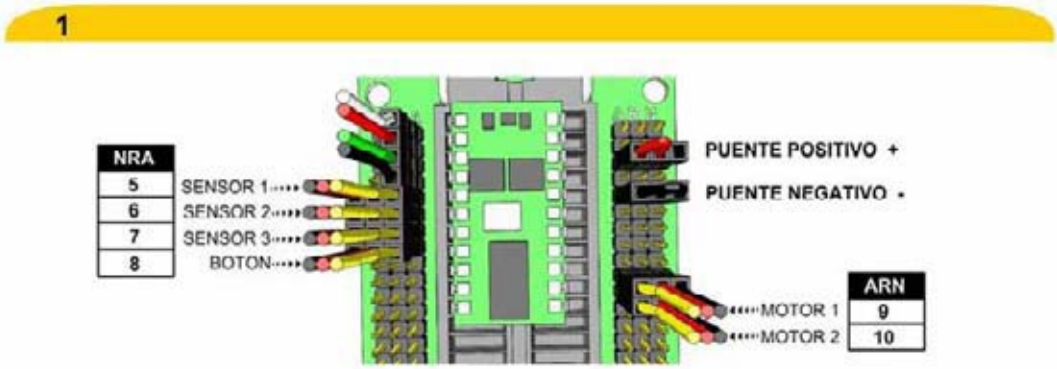
24

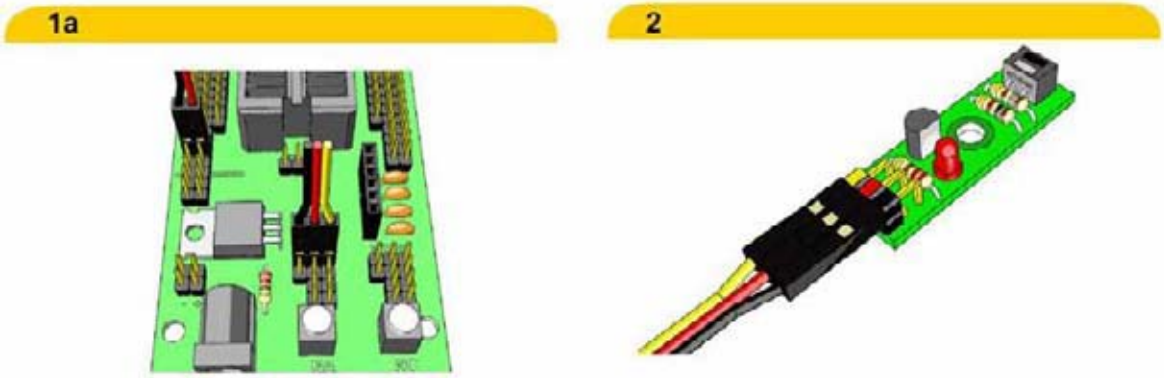


25

### V.1.6. Armado Sensores

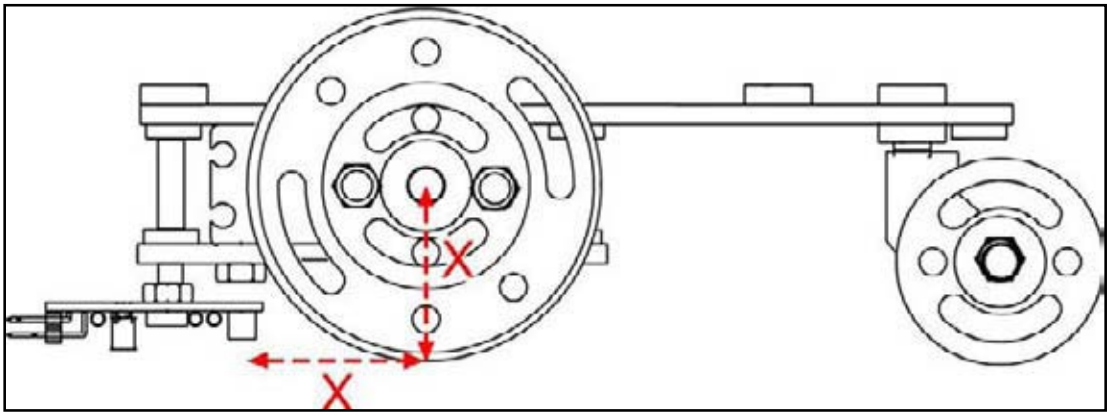
### V.1.7. Conexión de Sensores y Circuito de Microcontrolador



### V.1.8. Razonamiento de funcionamiento

Como se muestra hay sensores dispuestos hacia abajo en la parte frontal del robot, la posición en la que se encuentran estos sensores no es al azar. Para el buen funcionamiento del robot se debe poner a una distancia X del eje de giro del robot, esta distancia no puede ser cero ya que sino no habrá forma de que el robot pueda corregir el error, del mismo modo la distancia X no puede ser muy grande o lejana al eje de giro ya que al tratar de corregir el error el ángulo de corrección de este sera muy amplio dejando las muestras de datos muy distanciadas entre si.



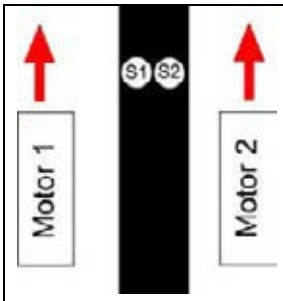
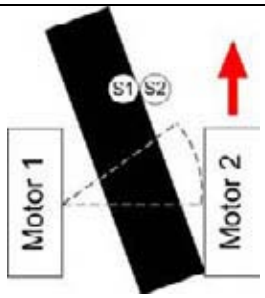
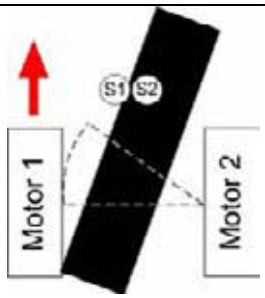
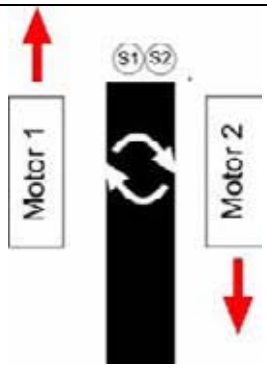

La mejor distancia desde el centro de giro a los sensores, es aproximadamente el diámetro de las ruedas que hacen avanzar al robot. Con este vehículo autómata haremos que siga una línea negra sobre un fondo blanco, pero para esto realizaremos dos configuraciones, la primera será con dos sensores y la segunda con tres.

### V.1.9. Solución con dos Sensores

Para esto conectaremos dos sensores a el circuito principal (Base Microcontrolador), de tal forma que ambos sensores queden sobre la línea, recordar que los sensores tienen tan solo dos estados los cuales pueden ser detección (sobre el color blanco) lo cual hará que el sensor envié el máximo voltaje para el cual esta diseñado, esto es 5 Volt. Para el caso en que se encuentre en un color opaco este emitirá el voltaje mínimo para el cual esta diseñado, esto es 0 Volt, este voltaje se obtendrá cuando el sensor este sobre la línea negra.

### V.1.10. Programación

Para apoyar el concepto de la programación utilizaremos las siguientes figuras.

| | | | |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |
| Caso 0 | Caso 1 | Caso 2 | Caso 3 |

En estas figuras se emula las diferentes posibilidades de combinación de los sensores sobre la línea negra y cual debería ser la acción a seguir, como se observa las alternativas son cuatro, estas son:

| Sensor 1 | Sensor 2 | Motor 1 | Motor 2 | |
|---|---|---|---|---|
| Negro | Negro | Avanza | Avanza | Caso 0 |
| Negro | Blanco | Detenido | Avanza | Caso 1 |
| Blanco | Negro | Avanza | Detenido | Caso 2 |
| Blanco | Blanco | Avanza | Retrocede | Caso 3 |

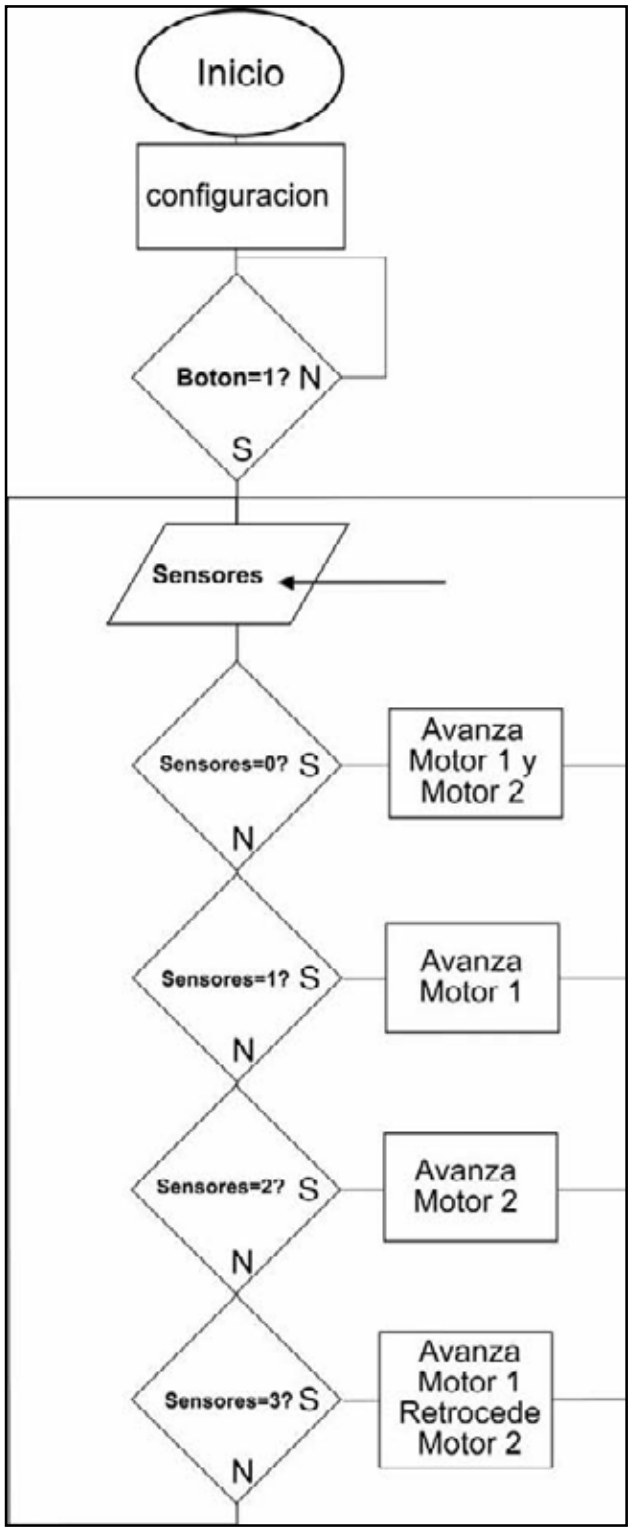
Si esta tabla lo llevamos a una tabla de verdad seria lo siguiente:

| S1 | S2 | M1 | M2 | |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 1 | Caso 0 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | Caso 1 |
| 1 | 0 | 1 | 0 | Caso 2 |
| 1 | 1 | 1 | -1 | Caso 3 |

Recordemos que nuestra condición inicial es que el robot siga una línea negra sobre un fondo blanco, para esto ambos sensores deben estar sobre la línea negra, si esto no se cumple, se generara un error, el cual debe ser reparado, según esto y observando la tabla de verdad la primera fila nos dice el estado de los sensores (S1=0, S2=0) esto quiere decir que ambos sensores están sobre la línea negra lo cual es nuestra condición requerida. Para la segunda fila (S1=0, S2=1) el sensor que esta a la derecha esta fuera de la línea mientras el sensor izquierdo aun permanece dentro de esta, como esto no es la condición requerida se considera un error el cual debe ser reparado, para esto se detiene el motor izquierdo y funciona solo el derecho hasta que el sensor se encuentre sobre la línea, una vez que pase esto se encontrara en la condición requerida y avanzaran ambos motores. Para la tercera fila se da la condición opuesta a la fila dos, el sensor izquierdo es el que se ha salido y el motor 1 es solamente el que funciona.

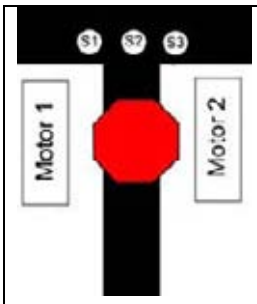
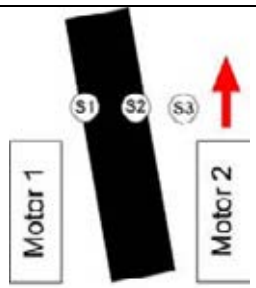
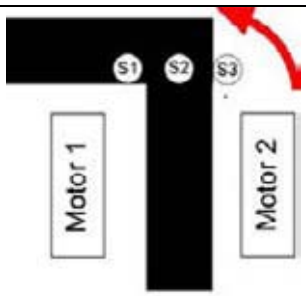
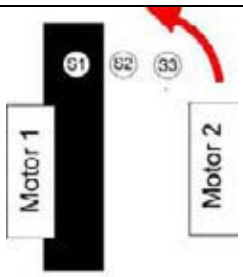
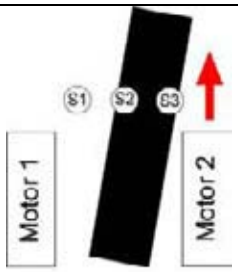
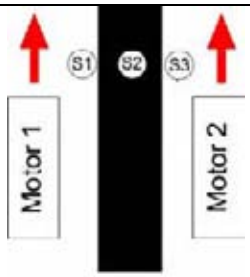
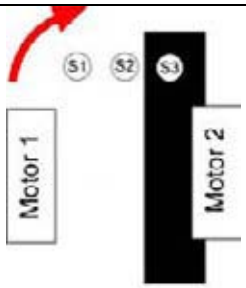
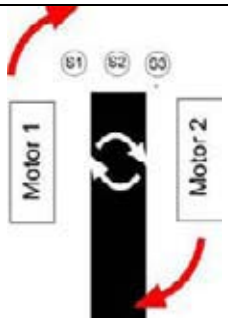
Por ultimo la fila cuatro muestra la alternativa de que ambos motores se han salido de la línea, lo cual también es un error ya que es distinta a la condición requerida, en este caso se opto porque el robot girara sobre su propio eje (giro en 180°) y encontrar la línea para hacer el camino de regreso, como se dijo esto es solo una opción por lo que si se desea se puede detener, dar medio giro, etc…

### V.1.11. Diagrama de Flujo



### V.1.12. Solución con tres sensores

Si funciono con éxito la primera configuración y probo con varias formas de pistas, se habrá dado cuenta de un pequeño error que se produce con los giros muy pronunciados, específicamente con ángulos rectos dentro de la pista, esto debido a que el robot no tiene una forma rápida de comprender hacia adonde sigue una línea una vez que ambos sensores se han salido de ella, para esto se propone la configuración de el mismo robot pero con tres sensores, los cuales darán una "visión mas amplia " de los giros del camino, para estos se debe conectar el tercer sensor como se indica.

| | | | |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |
| Caso 0 | Caso 1 | Caso 1 | Caso 3 |
|  |  |  |  |
| Caso 4 | Caso 5 | Caso 6 | Caso 7 |

Para el seguimiento de líneas con esta configuración utilizaremos al sensor central sobre la línea negra y a los sensores de cada extremo a cada lado de la línea, con esta configuración

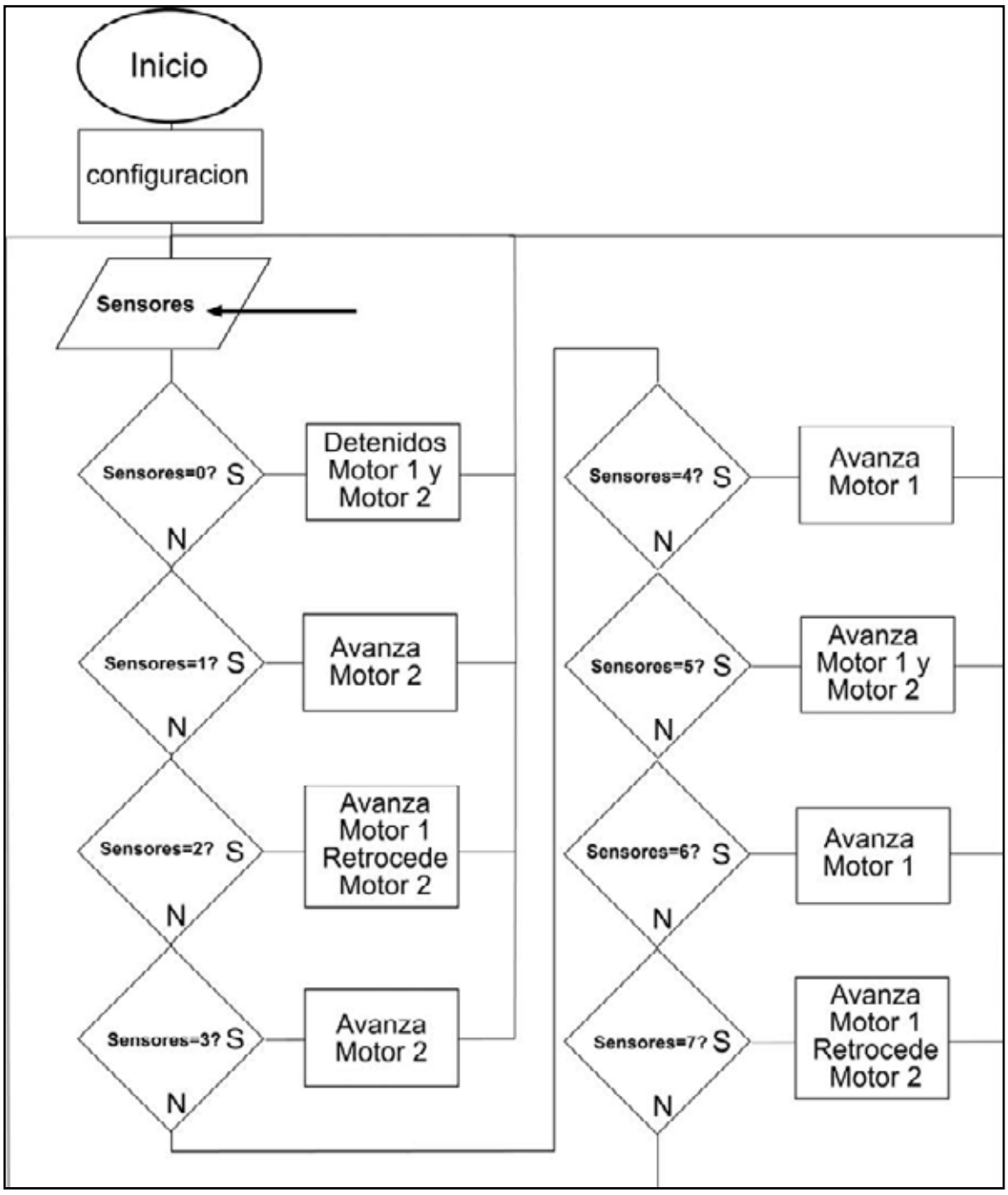
lograremos que en el caso de que se encuentre una curva muy pronunciada, uno de los sensores laterales informa en que dirección se produce la curva o sigue la línea.

| Sensor 1 | Sensor 2 | Sensor 3 | Motor 1 | Motor 2 | |
|---|---|---|---|---|---|
| Negro | Negro | Negro | Detenido | Detenido | Caso 0 |
| Negro | Negro | Blanco | Detenido | Avanza | Caso 1 |
| Negro | Blanco | Negro | Avanza | Retrocede | Caso 2 |
| Negro | Blanco | Blanco | Detenido | Avanza | Caso 3 |
| Blanco | Negro | Negro | Avanza | Detenido | Caso 4 |
| Blanco | Negro | Blanco | Avanza | Avanza | Caso 5 |
| Blanco | Blanco | Negro | Avanza | Detenido | Caso 6 |
| Blanco | Blanco | Blanco | Avanza | Retrocede | Caso 7 |

La conversión de la tabla con el detalle de colores nos sirve nuevamente para construir una tabla con los estados lógicos correspondientes.

| S1 | S2 | S3 | M1 | M2 | |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | Caso 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | Caso 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | -1 | Caso 2 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | Caso 3 |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | Caso 4 |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | Caso 5 |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | Caso 6 |
| 1 | 1 | 1 | 1 | -1 | Caso 7 |

**V.1.13. Diagrama de Flujo**




# V.2. APLICACIÓN N°2

### V.2.1. Robot Araña

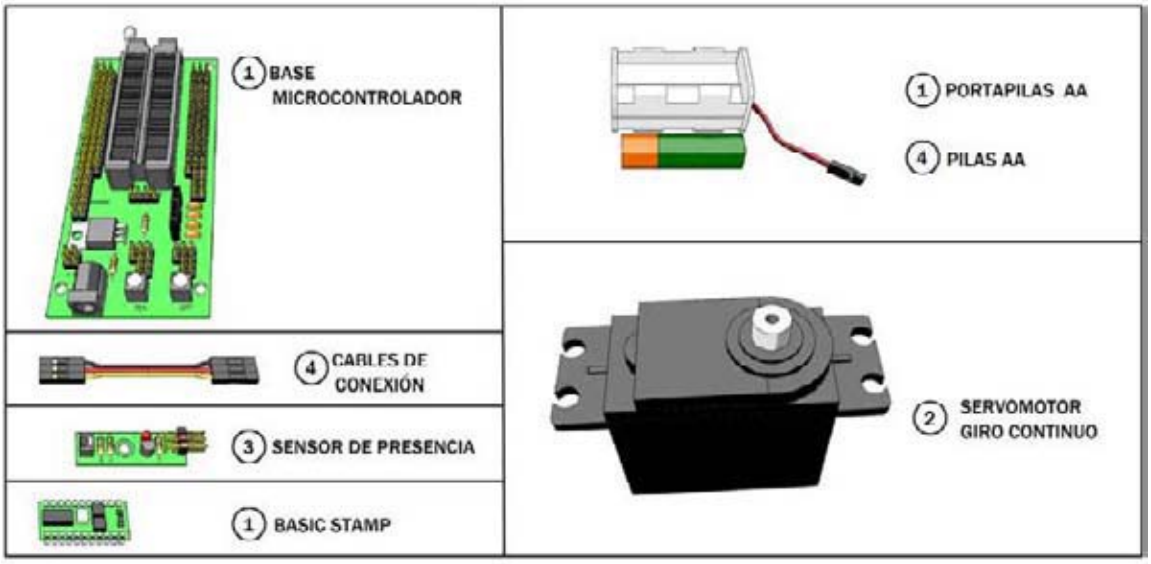
Otras forma de realizar el avance de algún tipo de autómata es a través de patas, lo que se pretende mostrar con este sistema mecatrónico es la coordinación de movimientos de tres motores, los cuales realizando ciertas secuencias lograra avanzar, retroceder, y evitar obstáculos que identificara con sensores frontales, para conservar la dirección inicial se agregara posteriormente una brújula digital.

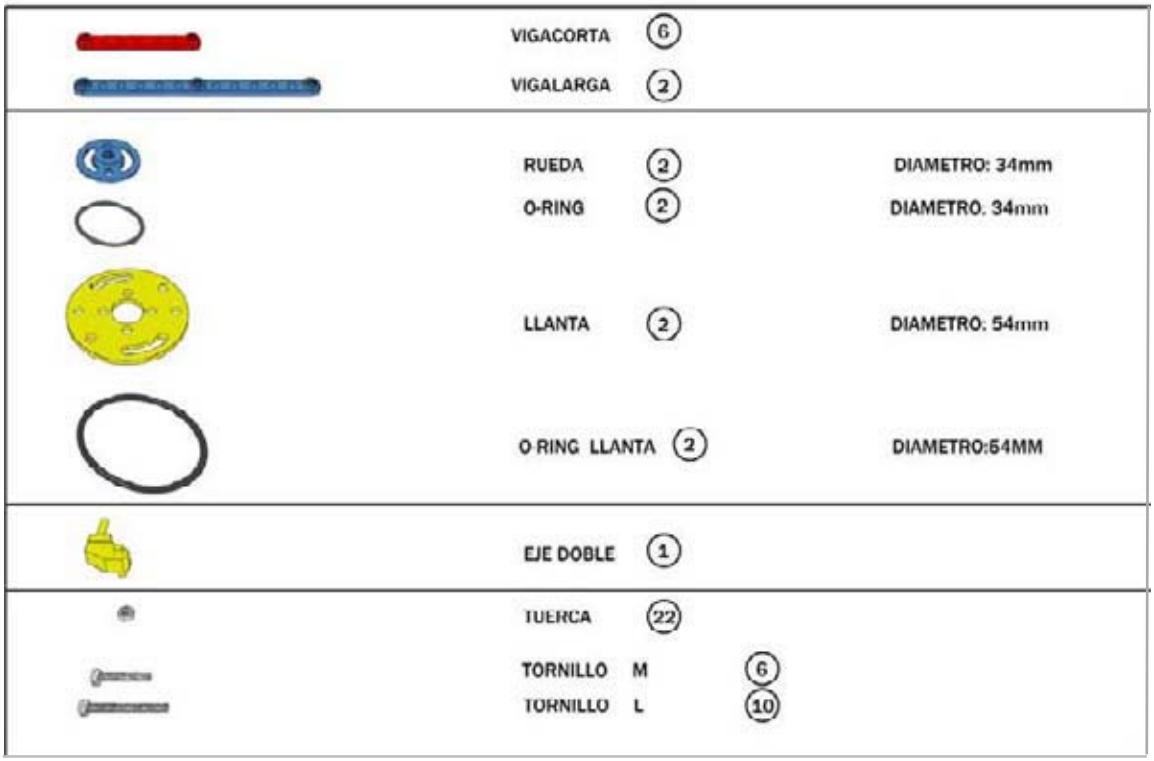
### V.2.2. Requerimientos del sistema

- Construir un sistema mecatrónico que logre avanzar a través de patas.
- Lograr la coordinación de movimientos adecuada para el avance, retroceso y giros.
- Retroalimentar información de posibles obstáculos en el camino.

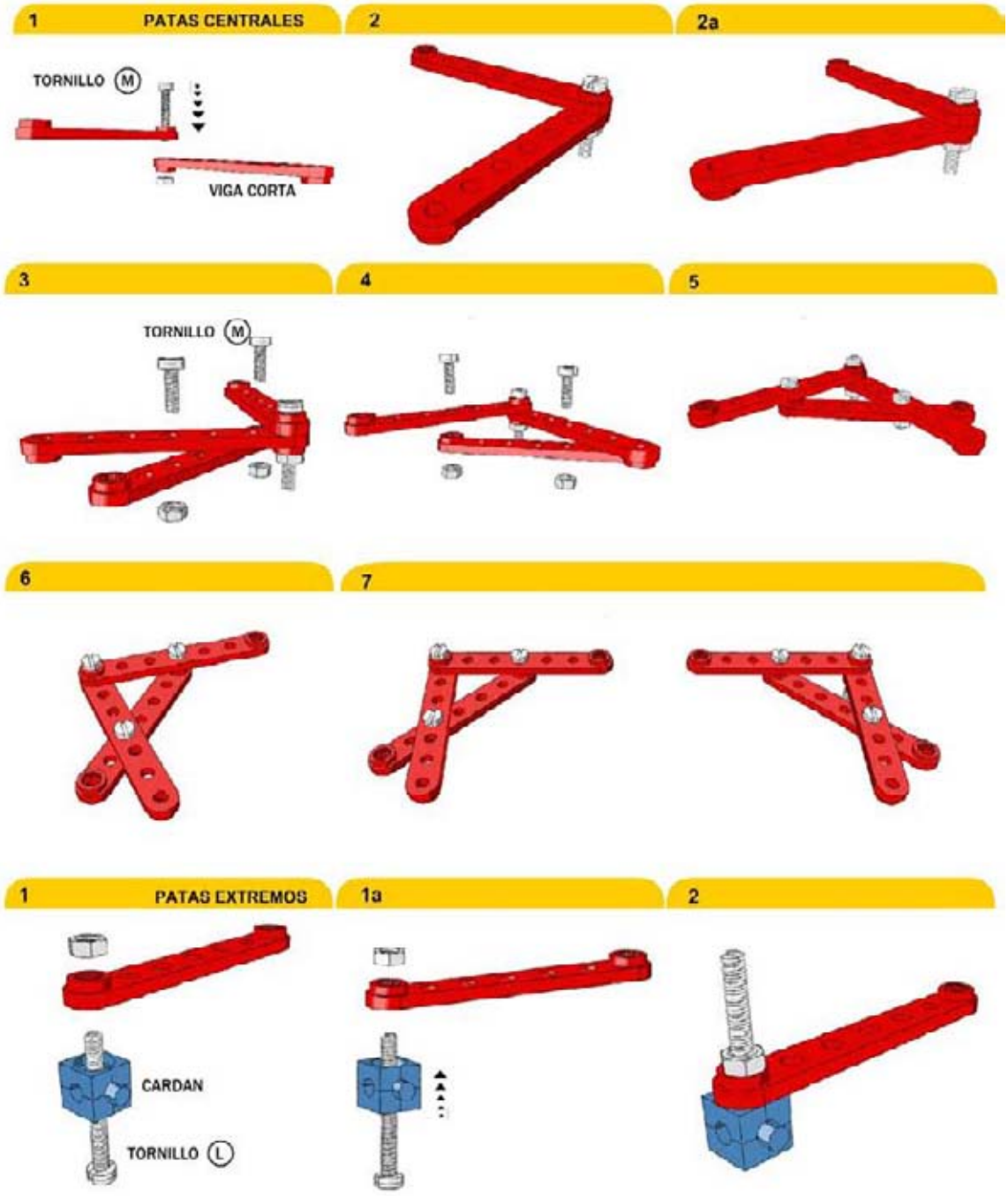
### V.2.3. Requerimientos de Hardware

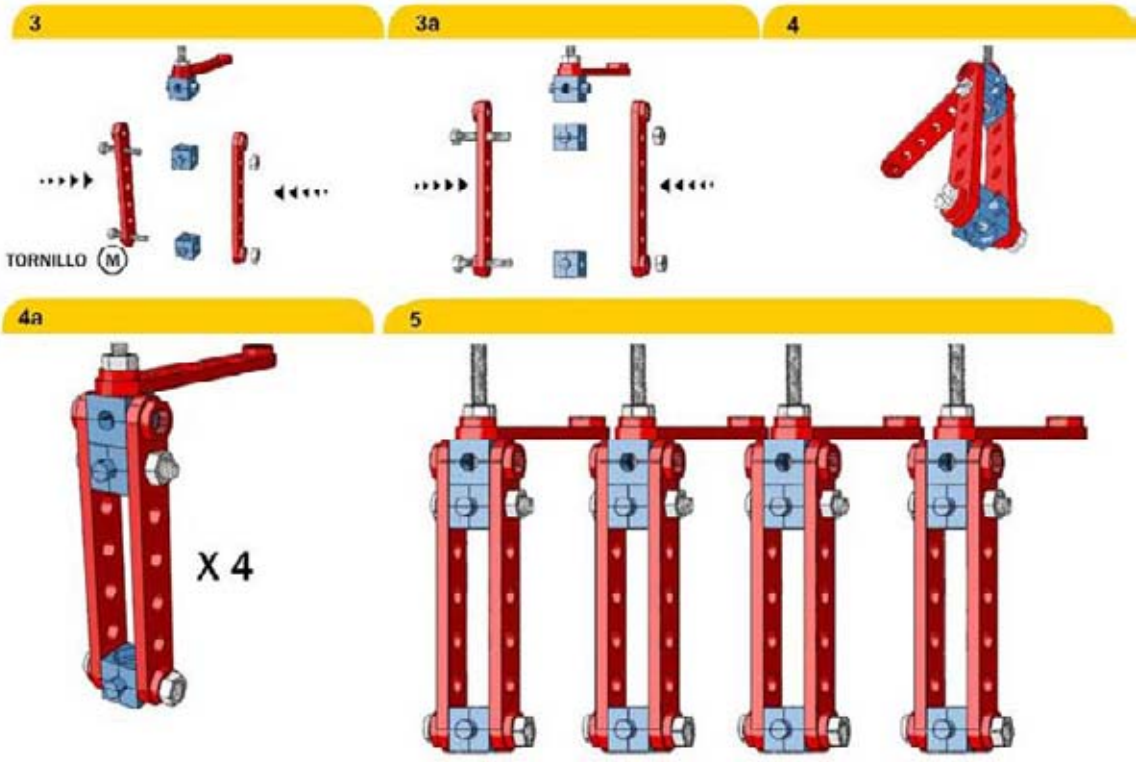
Las cantidades necesarias de cada elemento se encuentran especificadas en un círculo a su lado, todos los elementos aquí presentados están disponibles en el equipo modular.



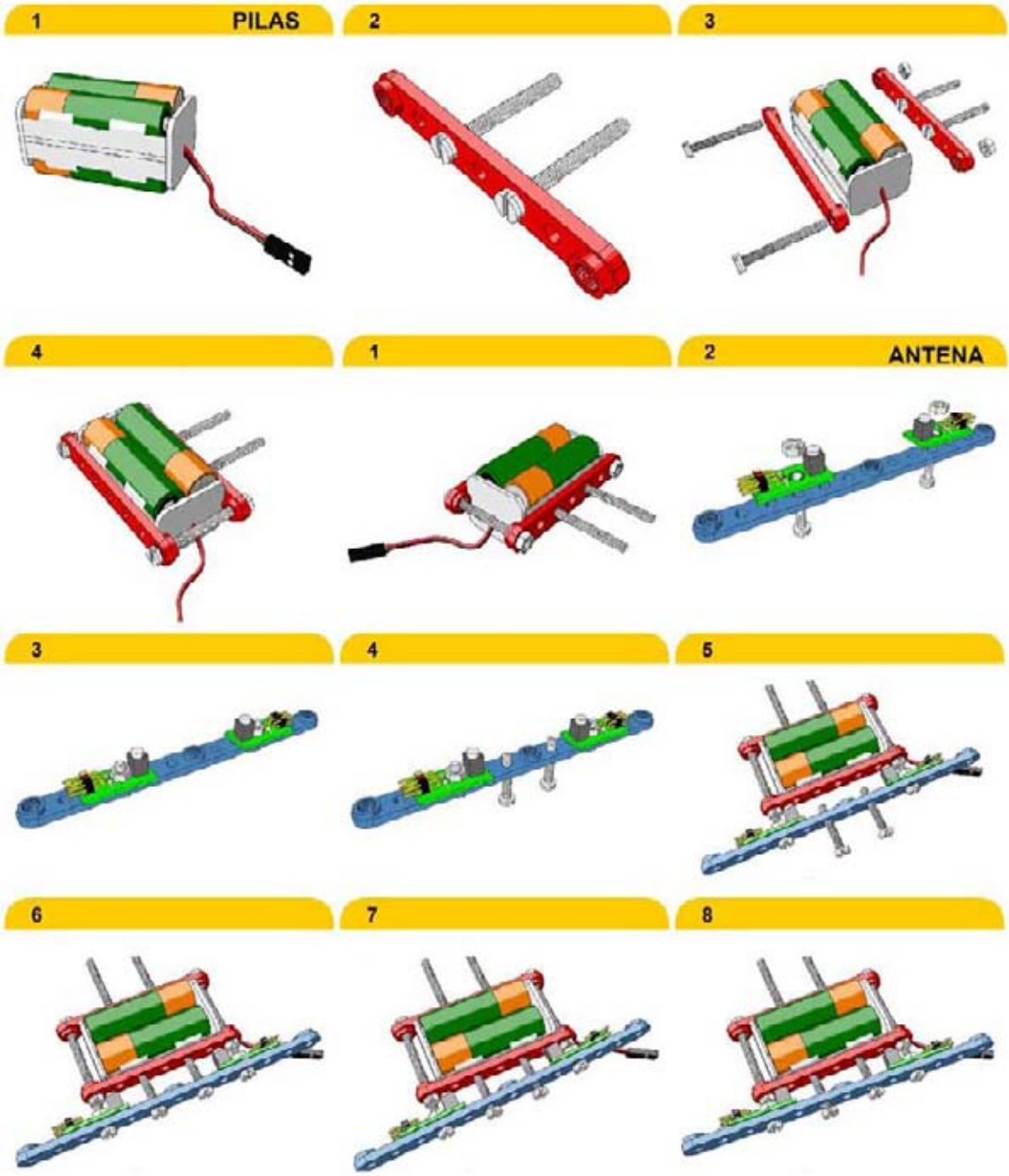



## V.2.4. Armado de Patas

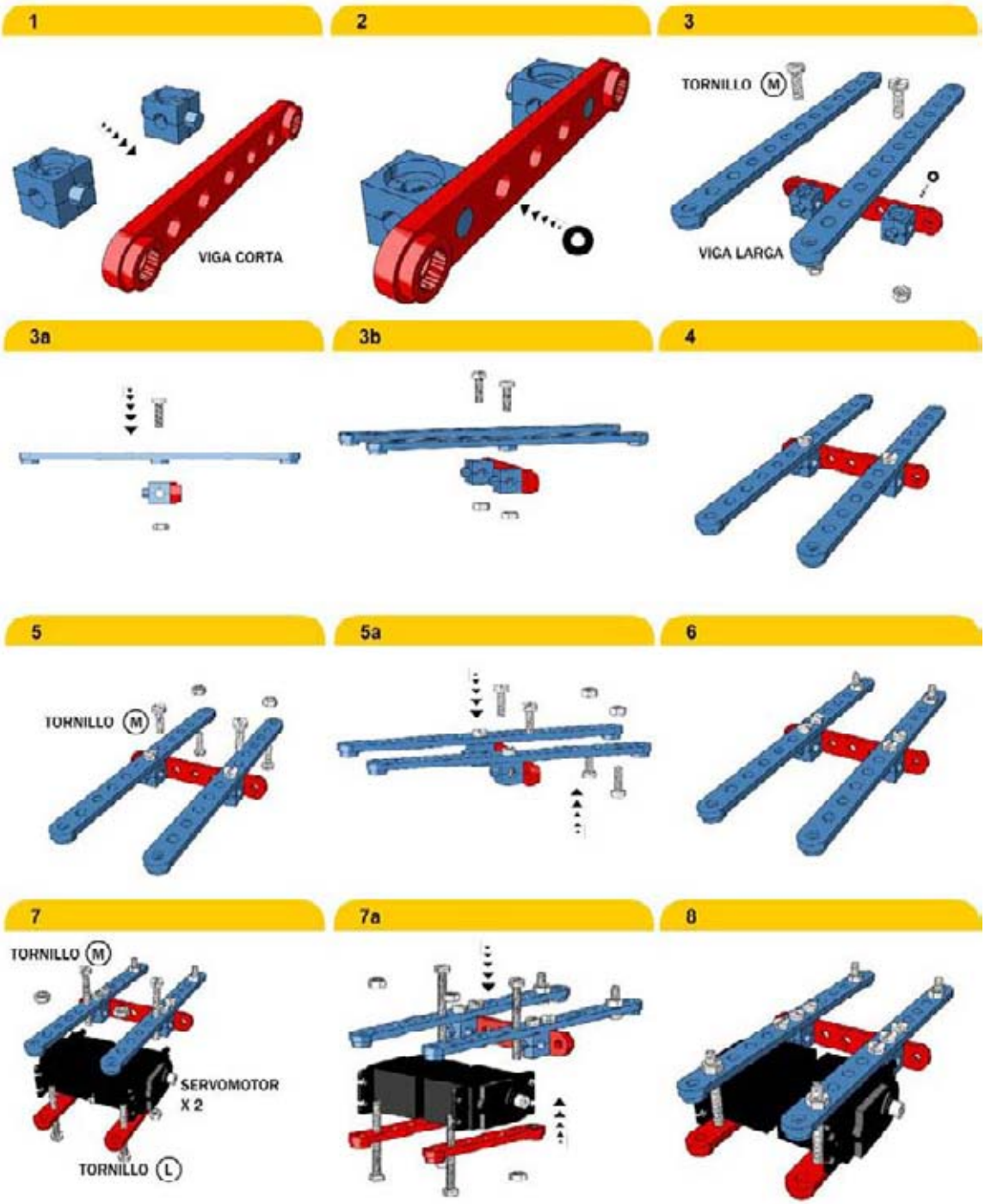



3
TORNILLO M
3a
4
4a
X 4
5

### V.2.5. Configuración Baterías y Sensores



## V.2.6. Ensamblado Cuerpo

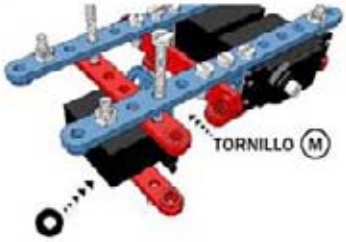


8a

9

10

11



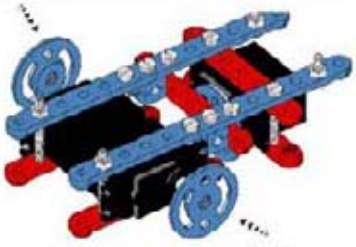

11a

12

12a

13

13a

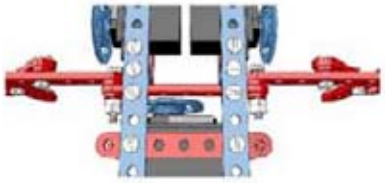


14

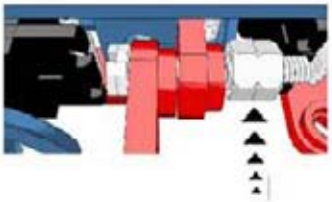
15

16

## 16a



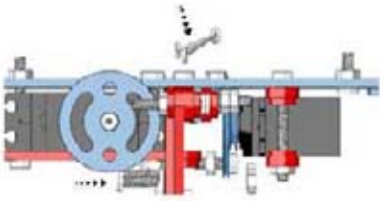
## 16b



## 17 TRANSMISOR DE MOVIMIENTO

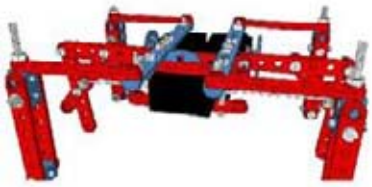
## 17a

## 18

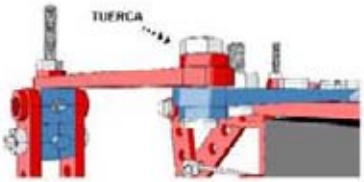


## 18a

## 19

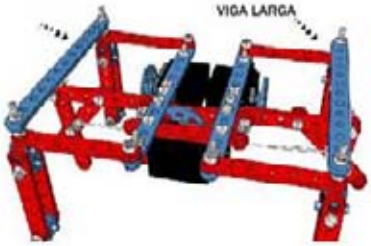


## 19a




## 20

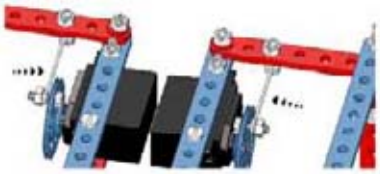
## 21



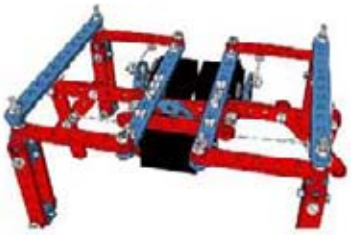

## 22

## 23

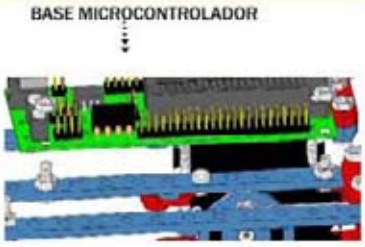
24



25

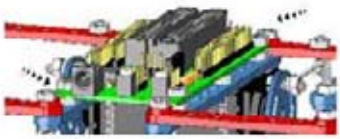


26




27

28



29

30

31

32

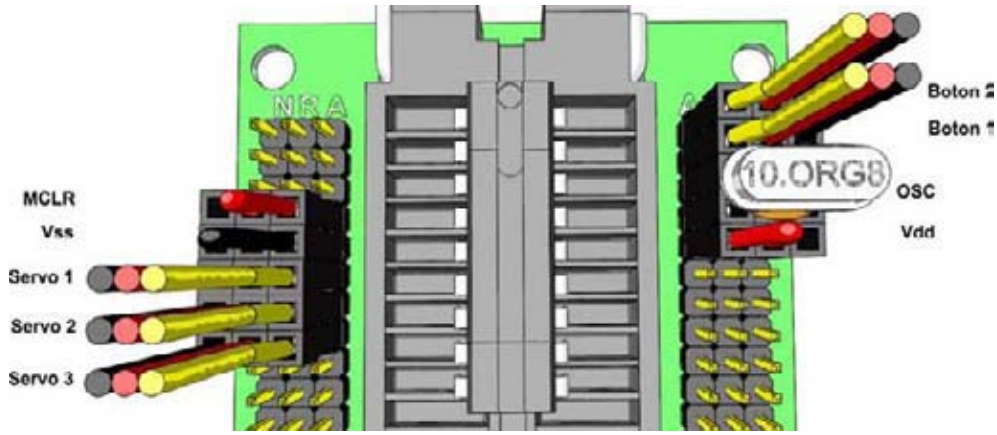
33

34

35

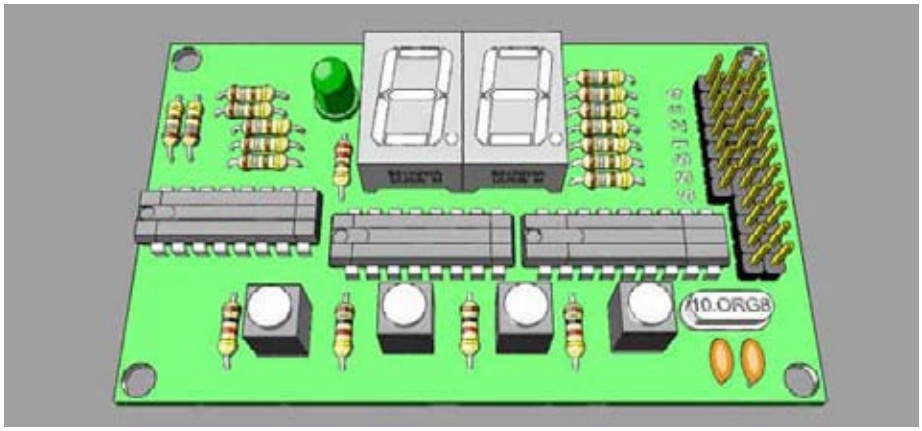
### V.2.7. Conexiones

Para el control de la araña se puede utilizar cualquier tipo de microcontrolador, para facilitar la comprensión se da como ejemplo el uso de un PIC modelo 16F84.




Los cables de conexión para los sensores de tacto se deben conectar según los colores indicados los pines del mismo.

Para saber cual es la posición máxima que puede alcanzar cada uno de los servos, para lograr el avance o retroceso de cada pata, es recomendable utilizar el modulo de Pruebas, el cual informara de forma precisa cual es el ancho de pulso asociado al ángulo requerido.



### V.2.8. Razonamiento

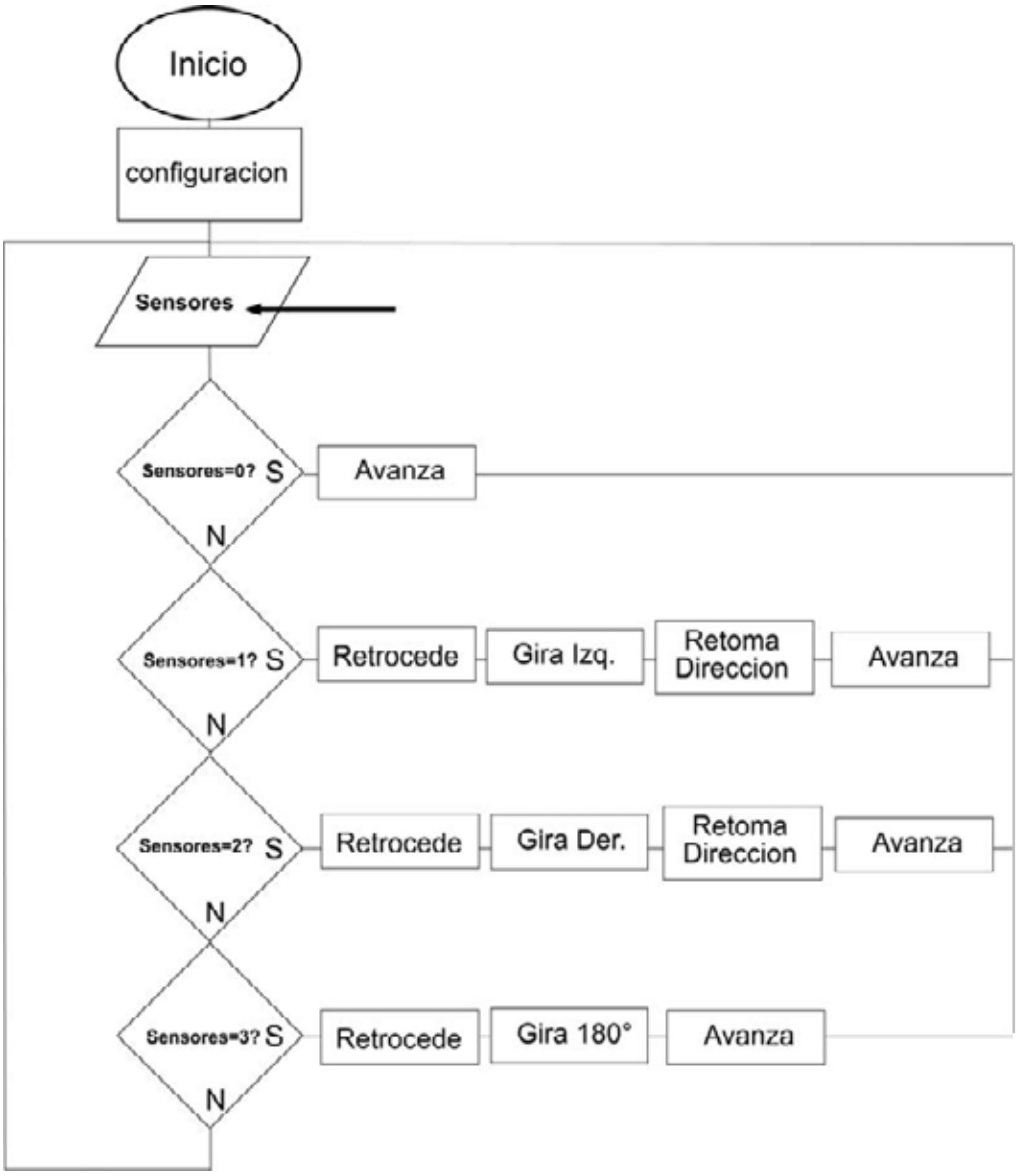
Para lograr el avance, retroceso y giro de este sistema se debe crear una secuencia especifica de movimientos que involucra a los tres servomotores montados, para facilitar la compresión a continuación se asociaran las distintas secuencias a imágenes.

| | | |
|---|---|---|
| Paso 1 | Servo central levanta patas del sector izquierdo | |
| Paso 2 | Manteniendo la posición del servo central, el servomotor de patas del lado izquierdo avanzas, servomotor derecho hace retroceder patas de ese sector | |

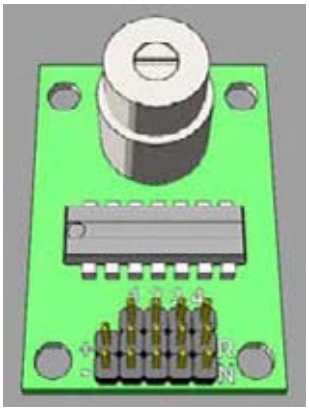
| | | |
|---|---|---|
| Paso 3 | Posición servo central cambia levantando patas del lado derecho, la pata central del sector izquierdo no toca el suelo | |
| Paso 4 | Manteniendo la posición del servo central, el servomotor de patas del lado derecho avanza, servomotor izquierdo hace retroceder patas de ese sector | |
| Paso 5 | Repitiendo esta secuencia se logra que el sistema avance hacia delante, la secuencia en forma inversa se logra el retroceso | |
| Giro 1 | Para lograr un giro sobre su eje del sistema, las patas de los extremos apuntan en el mismo sentido, con las patas centrales levantando uno de los dos lados, según el sentido de giro | |
| Giro 2 | cambiando a la posición opuesta de las patas centrales y moviendo las patas de los extremos a la posición inversa, se logra nuevamente girar en el mismo sentido | |

### V.2.9. Diagrama de flujo

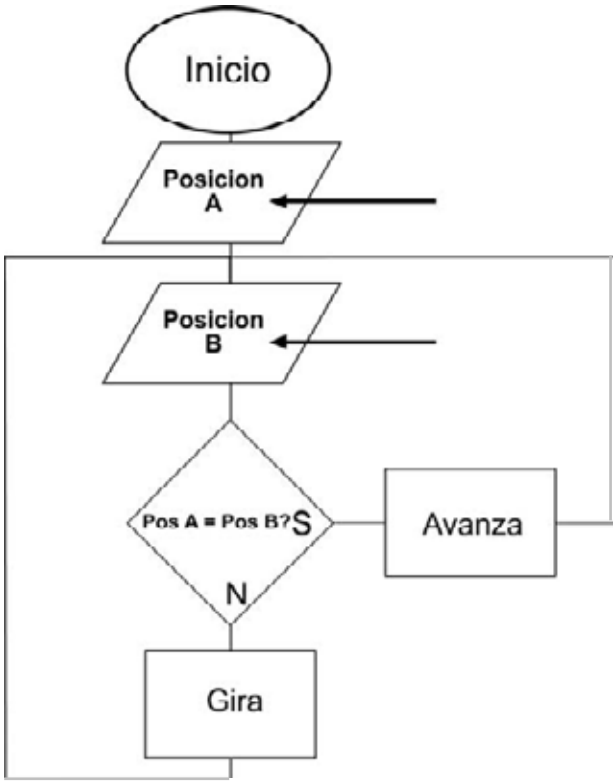
El desarrollo del diagrama implica secuencia de movimientos, los cuales harán que el sistema avance, doble o retroceda la forma de programación de estas secuencias ya se describieron anteriormente.



Como una forma de conservar la orientación de inicial de avance, se sugiere agregar un modulo que permita detectar la dirección de avance.



Para realizar esta labor utilice la brújula digital provista, las forma de conexión se muestran en el capitulo III sección 3, como agregar este modulo de orientación se muestra en el siguiente diagrama de flujo.



# V.3. APLICACIÓN N°3

### V.3.1. Brazo Robótico

Aunque un brazo Robótico tiene un rango de movimiento definidos y funciona dentro de ambientes controlados, también tiene un alto grado de dificultad su control, ya que para lograr un perfecto dominio de sus movimientos se deben aplicar distintos conceptos físicos y matemáticos, tales como el torque, aceleración, cinemática inversa, matrices y vectores.

El brazo Robótico aquí propuesto solo se abordara desde el punto de vista de la programación, realizando una sola tarea que se repetirá cuantas veces se le pida y sin cometer errores, emulando el funcionamiento de estos mecanismos en las distintas fabricas donde son utilizados.

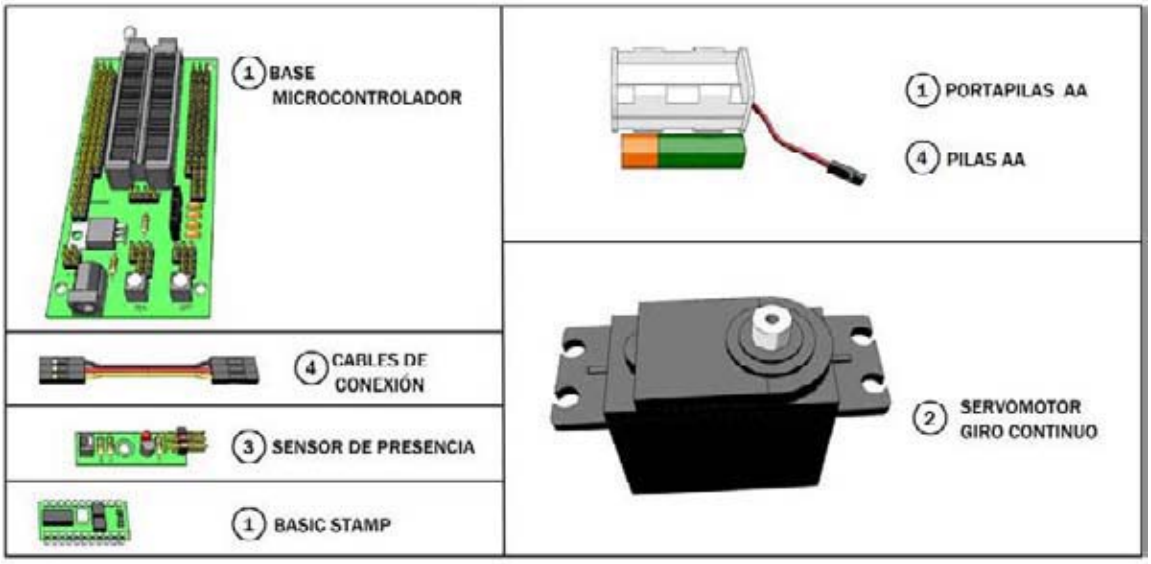
### V.3.2. Requerimientos del sistema

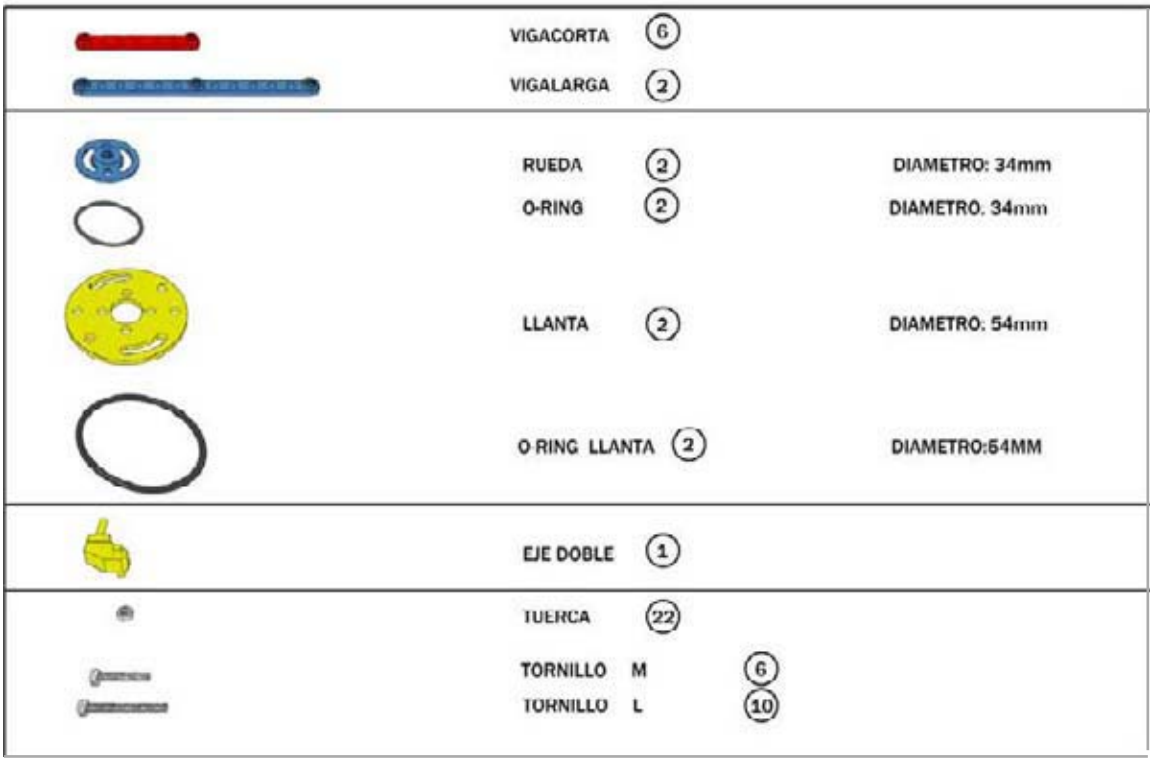
- Construir un sistema mecatrónico en forma de brazo de cuatro grados de libertad.

- Lograr la repetición de una acciones sin error.

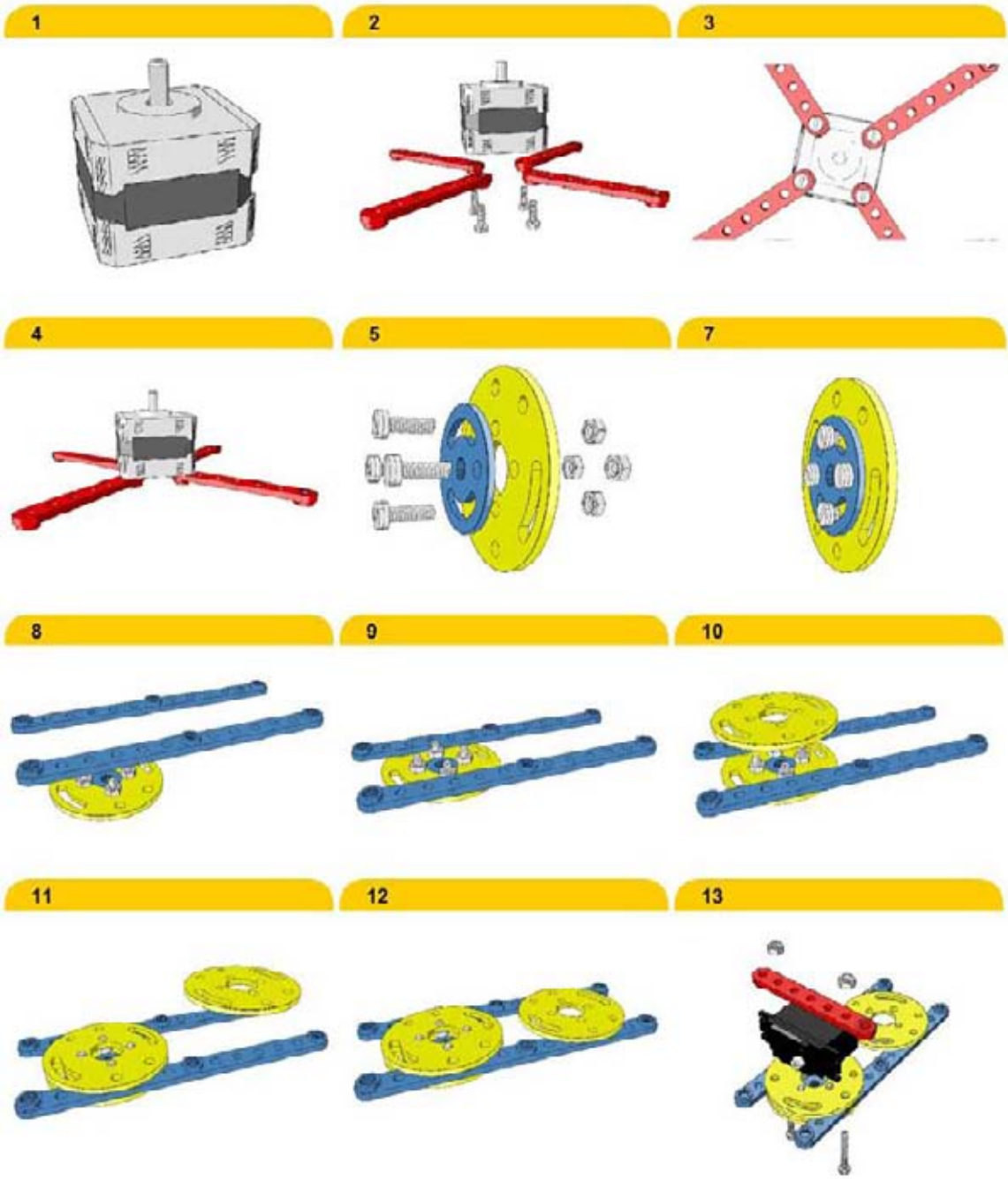
### V.3.3. Requerimientos de Hardware

Las cantidades necesarias de cada elemento se encuentran especificadas en un círculo a su lado, todos los elementos aquí presentados están disponibles en el equipo modular.



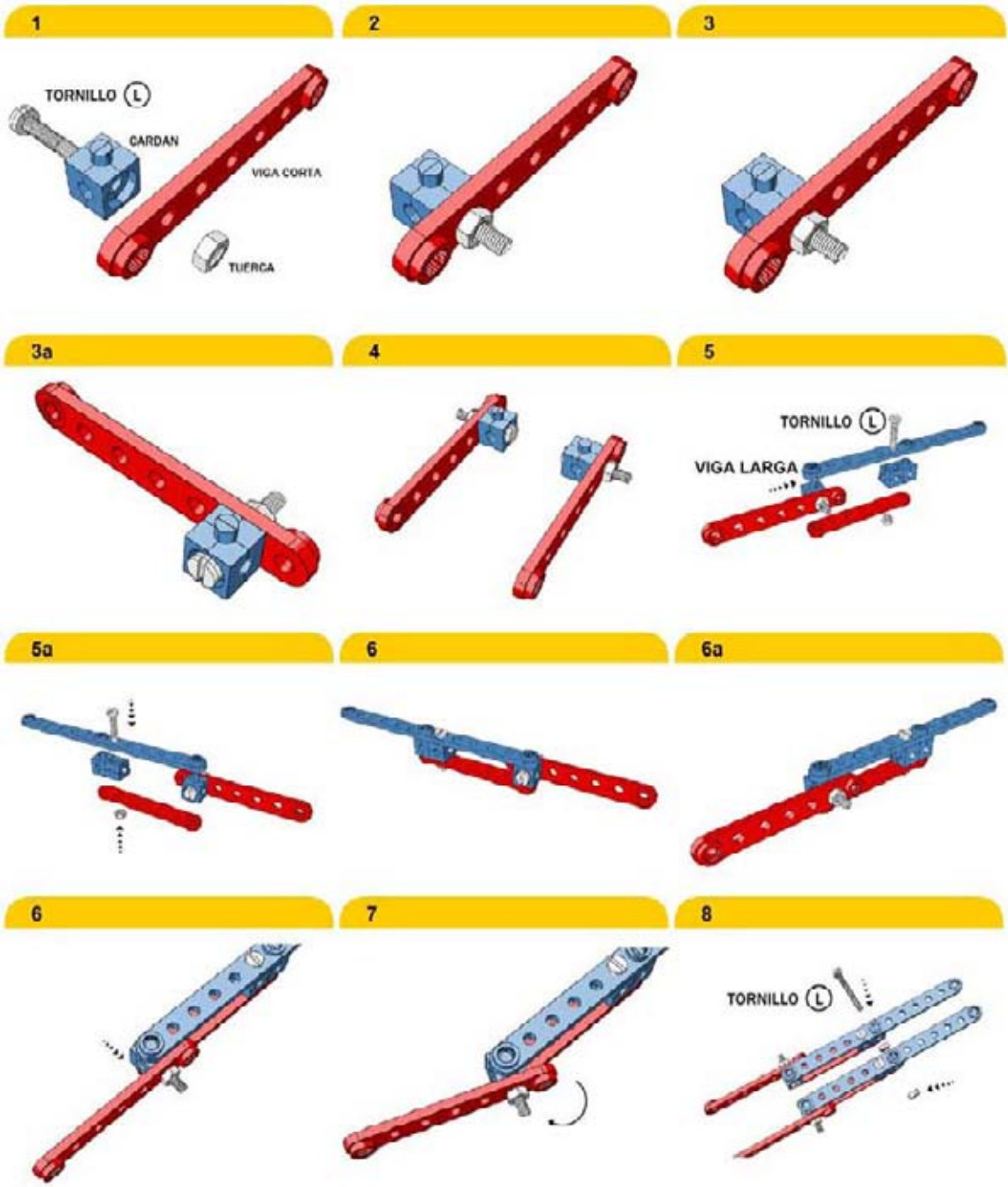
### V.3.4. Construcción Base



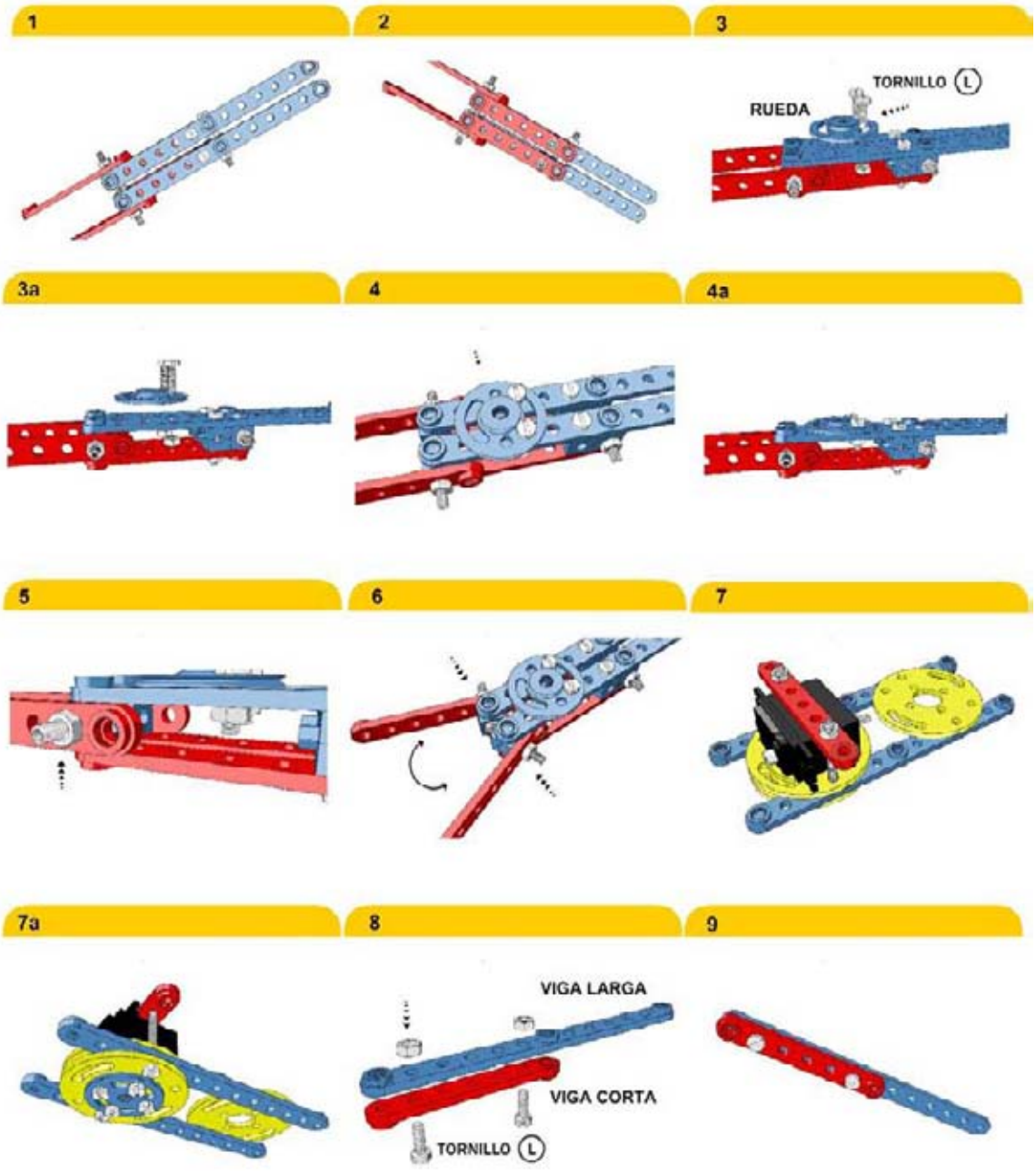
14

15

## V.3.5. Armado Manipulador

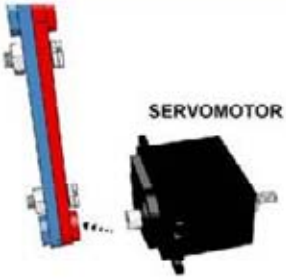


### V.3.6. Ensamblado Cuerpo

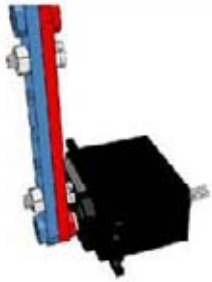


9a

10




11



12

12a

13

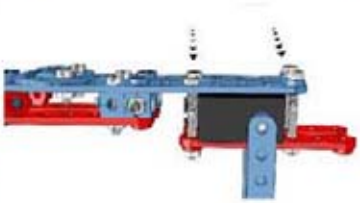
14

14a

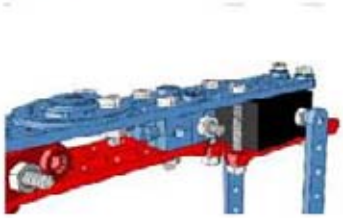
14b

15

16



16b

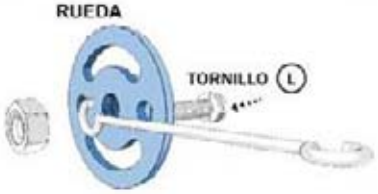


17

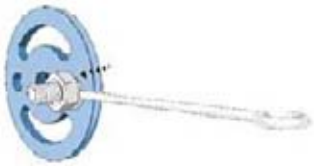
18

18a

19




20



21

22

23

23a

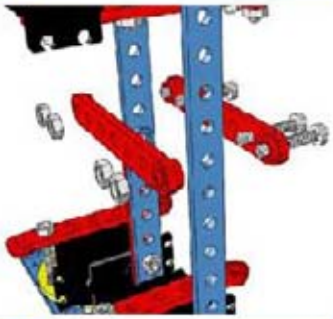
23b

23c

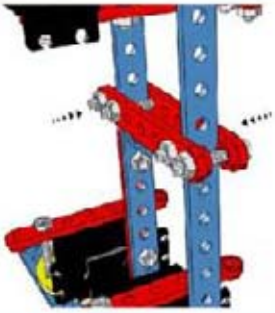
23d

24

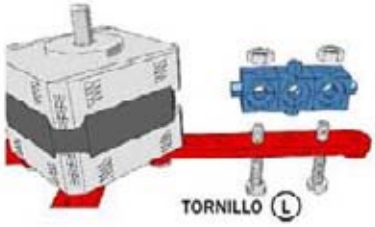
24a



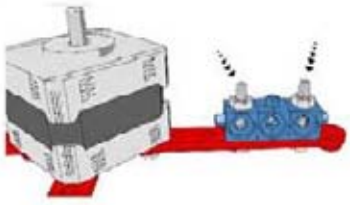
25



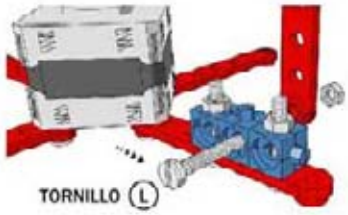
26



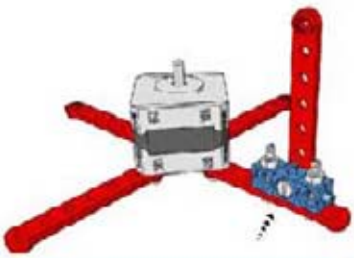

27



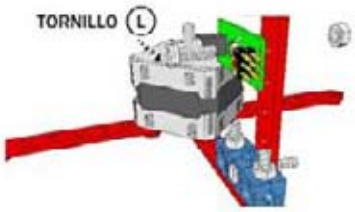
28



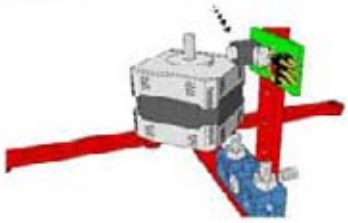

29



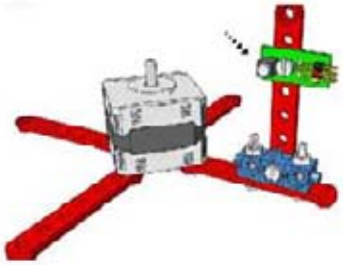
30



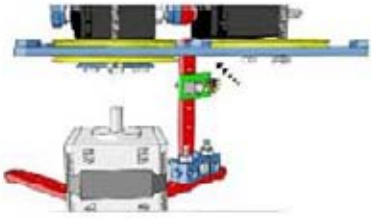

31



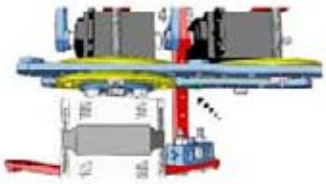
31a



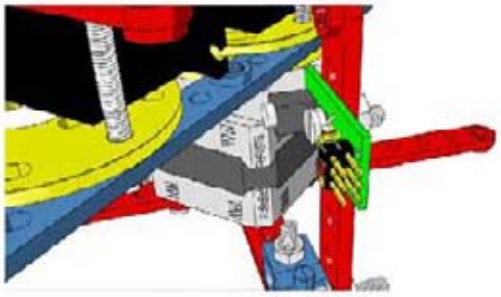
32



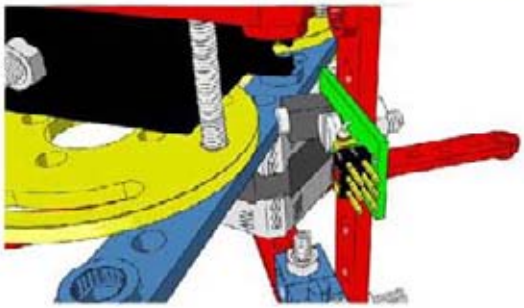
33

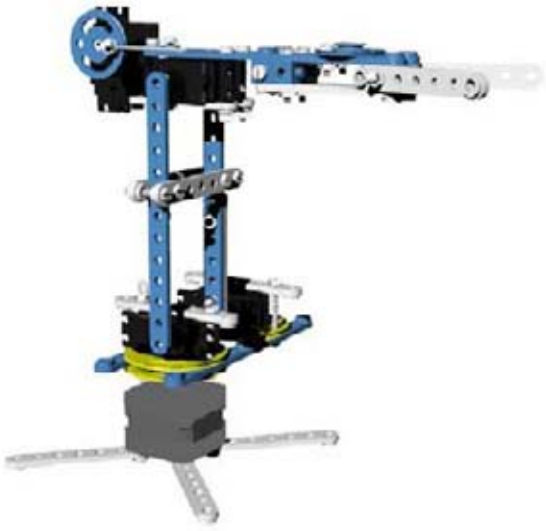


**34**



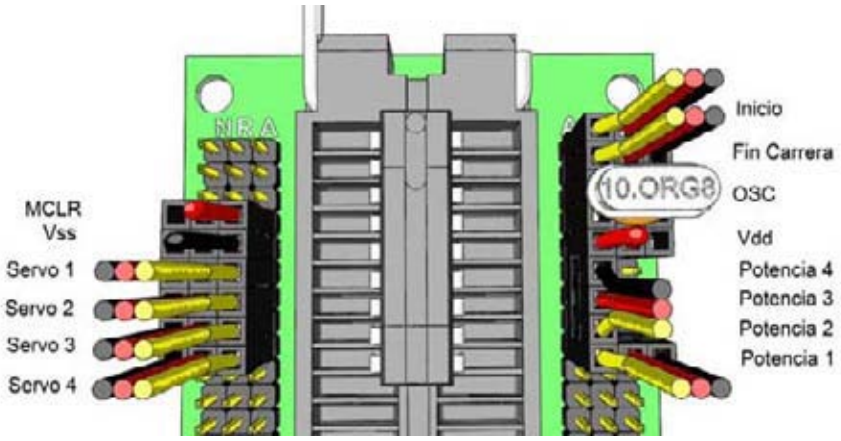
**34a**

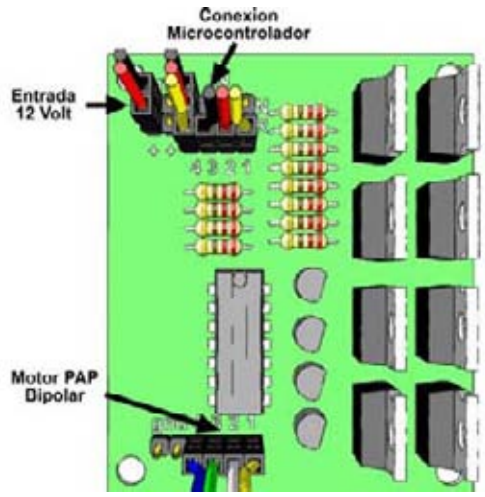




### V.3.7. Conexiones

Para el control de este sistema se propone el uso de un microcontrolador PIC 16F84, se siguiere para esto un tipo de conexiones de los motores y de el módulo de potencia al motor paso a paso.

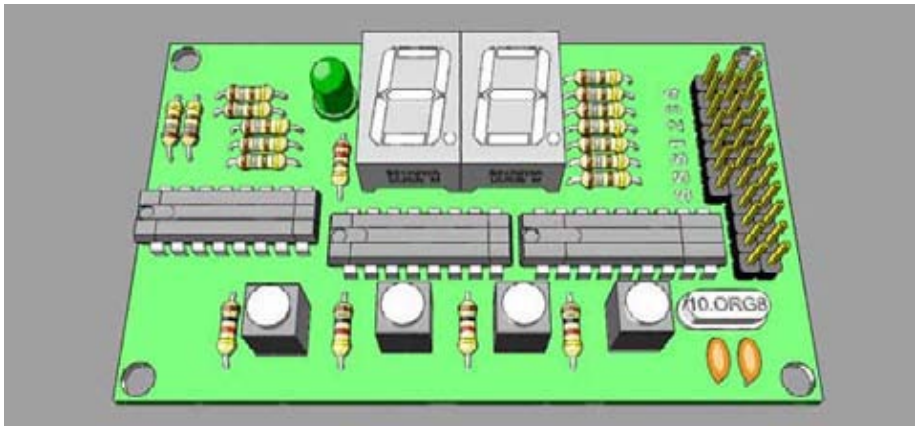


### V.3.8. Razonamiento

Como ya se comento el control preciso de cada movimiento involucra distintas materias, para esta aplicación se realizara un programa secuencial que ordenara al brazo realizar una rutina, cuantas veces estimemos necesario, la rutina seleccionada será la de tomar un objeto del punto A y soltarlo en el punto B, cuantas veces se deje un objeto en el punto A, el brazo deberá ser capaz de tomarlo sin equivocarse y soltarlo en el punto B exactamente.

Para dar inicio a la rutina que ejecutara el brazo, conectaremos a nuestro microcontrolador un sensor de tacto, el cual a l ser presionado indicara que el software debe ejecutarse. Los puntos A y B pueden ser seleccionados a azar, pero dentro del radio de alcance del sistema, para saber rápidamente en que posición exacta debe estar cada motor se puede utilizar el módulo de pruebas, con el cual se posiciona cada motor a voluntad, he informa en pantalla cual es el ancho de pulso del servomotor asociado.




La forma de cómo se conecta se indica en el capitulo III sección 5, lo mismo pasa con el motor paso a paso, los pulsos necesarios para dar el ángulo de giro requerido, lo recomendable para programar los movimientos del brazo es anotar cada uno de los ángulos necesarios, y reproducirlos luego a través del modulo de pruebas.

Una información que es necesaria manejar es el máximo peso que puede levantar el brazo Robótico propuesto, es aproximadamente 200 grs. con el brazo completamente extendido,

aumentando su torque a medida que el elemento a levantar se encuentre más cerca de la base de giro. Otro punto importante a considerar es la velocidad con la que se realizara el giro de base, y en que posición estará el elemento que se sostiene dentro del radio de operación del brazo Robótico, lo recomendable es recoger el brazo con el elemento en cuestión lo mas cerca de la base de giro, esto hará que la aceleración en el manipulador sea menor y el objeto no se suelte de este, otra razón es que al momento de culminar el giro la inercia alcanzada por este le permita detenerse donde le indiquemos.

### V.3.9. Programación

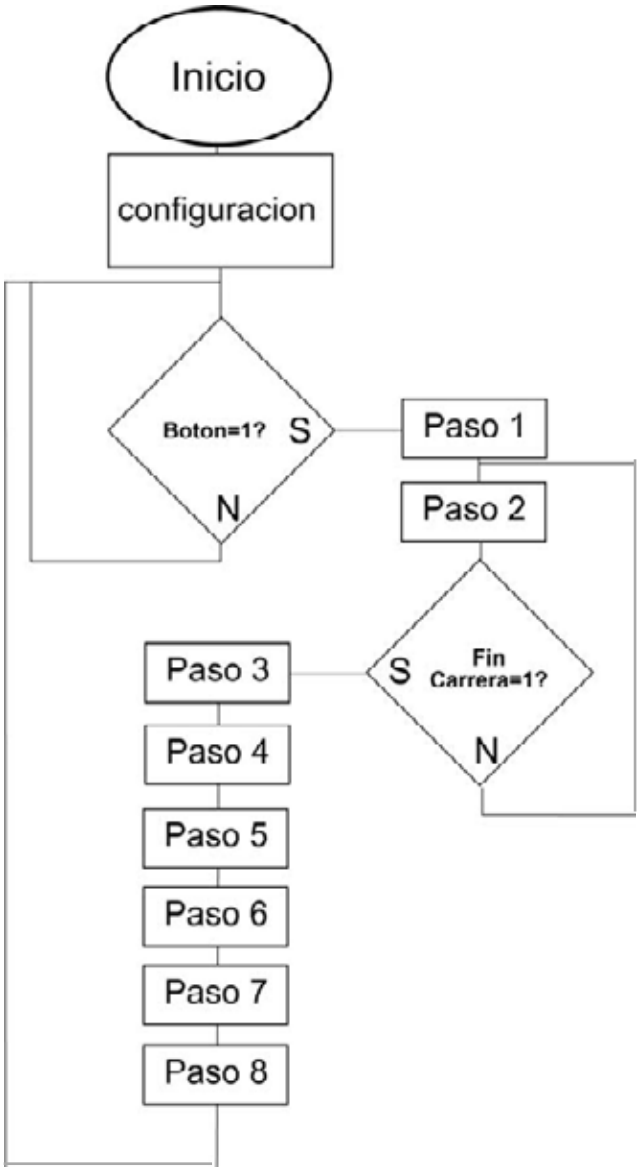
Realizaremos la secuencia de ángulos que realizara en cada instante y secuencialmente los servomotores y el motor paso a paso, para este último incluimos un botón de final de carrera para ubicar al motor en un punto de referencia donde partir, además como ya se comento se agrega otro botón para dar inicio a la ejecución de la secuencia.

| | | |
|---|---|---|
| Paso 1 | Posición de espera a que se presione el botón (brazo 70°, antebrazo 130°, pinzas abiertas) | |
| Paso 2 | Giro base en contra de las manecillas del reloj, hasta alcanzar el botón de fin de carrera | |
| Paso 3 | Sostiene posición base, Brazo 150°, antebrazo 70° y pinzas abiertas | |

| | | |
|---|---|---|
| Paso 4 | Sostiene posición base, Brazo 150°, antebrazo 70° y pinzas cerradas | |
| Paso 5 | Sosteniendo pinzas cerradas recupera posición brazo 70°, antebrazo 130° | |
| Paso 6 | Giro base en 45° pinzas cerradas posición brazo 70°, antebrazo 130° | |
| Paso 7 | Sostiene posición base, Brazo 150°, antebrazo 70° y pinzas cerradas | |
| Paso 8 | Sostiene posición base, Brazo 150°, antebrazo 70° y pinzas abiertas | |
| Paso 1 | Posición de espera a que se presione el botón (brazo 70°, antebrazo 130°, pinzas abiertas) | |

### V.3.10. Diagrama de flujo

Basado en los pasos descritos anteriormente se realizo el diagrama, que principalmente sigue esta secuencia de posiciones, lo mas importante es que la posición de cada motor debe ser sostenida, esto es no solo posicionarlo en un ángulo, sino mientras alguna parte de brazo se mueve el microcontrolador debe seguir enviando las posiciones que se deben mantener, para evitar que por inercia o por vibración las articulaciones se muevan.



# Conclusiones

A medida que se fue implementando este estudio, han ido apareciendo en el mercado mundial, nuevas actualizaciones de los fabricantes de kits ya mencionados en el primer capitulo, pero siguen teniendo el mismo planteamiento, el de una estructura cerrada, que solo admite componentes de sus propias marcas, es el caso de lego que modifico su conocido modulo de robótica Mindstrom por una de nueva generación llamado lego NXT, este con un microcontrolador mas veloz y nuevas aplicaciones, no permite el reciclaje de la versión antigua ni de sus accesorios y con una limitada capacidad de entradas y salidas.

Como se explico, el equipo presentado soluciona en gran medida los defectos que tiene otros kit de robótica, por ejemplo la posibilidad de cambiar de microcontrolador según la necesidad del diseñador, y para esto no necesita de la compra de una actualización, solo el cambio por el tipo de microcontrolador que se desee probar el funcionamiento.

El diseño propuesto en el circuito Base de Microcontrolador permite no solo la utilización con los módulos aquí propuestos, sino como se comento respetando el estándar propuesto se pueden agregar nuevos circuitos de cualquier índole, por ejemplo el control de relés de potencia, sensores de temperatura, control de motores trifásicos, accionamientos de grupos electrógenos, etc… La posibilidad de aplicaciones para estos circuitos no están acotadas permitiendo la utilización de este tanto para la educación, como para su aplicación en la industria.

Dentro de la aplicaciones educacionales de este modulo de robótica se encuentra la del aprendizaje de otras asignaturas ligadas al régimen de enseñanza secundaria, en los que se cuenta el aprendizaje de matemática, física, biología, historia y geografía, permitiendo al alumno poder observar lo que antes solo debía imaginar, logrando el profesor transmitir una mayor cantidad de información y el alumno retener información gracias al uso no solo de la visión, sino que también de otros sentidos.

En el diseño de las experiencias tan solo se demostró la utilización del equipo modular en la construcción de tres tipos de robot que son los mas conocidos. Esta construcción se vio facilitada en su mayoría por el diseño mecánico de las estructuras de plástico y de los circuitos impresos, que unidos dan una mayor resistencia y firmeza a los robots. Como fue la tónica de todo este trabajo de titulación, las piezas tanto electrónicas, mecánicas y electromecánicas cumplen mas de un rol, o sea una doble función, lo que ha permitido que con pocos modelos de piezas se puedan construir maquinas y estructuras completamente distintas

El equipo modular se encuentra dentro de un maletín de resguardo, pero no se diseño solo con este fin, en esta se integro una pequeña fuente regulada de voltaje, esto para permitir por un lado el ahorro de utilizar baterías (recargable o alcalinas) lo cual puede demorar el desarrollo de alguna aplicaciones, además la estructura permite fijar las piezas electrónicas, mecánicas y electromecánicas.

Los diseños propuestos tanto de los circuitos electrónicos y de las estructuras plásticas son completamente originales, aunque algunos circuitos electrónicos de otros fabricantes realicen la misma función, no están configurados para el funcionamiento directo con la base de microcontrolador como al igual el encastre de las partes electromecánicas con las estructuras plásticas.

Aunque el diseño de las estructuras plásticas no es el tema principal de este trabajo de titulo, si son importante para dar vida a los robot, ya que estas son las que permiten el nexo entre las distintas materias involucradas (Electrónica, mecánica, Software), como se ha comentado, la idea en la que gira todo el diseño es la utilización de las distintas partes para mas de un propósito, para el caso de estas estructuras se ha logrado este propósito en todos los modelos, ya que además de ser soportes de estructuras, también son transmisoras de movimiento, otro propósito que tiene el diseño es que se puedan agregar mas piezas de distintos materiales, permitiendo de esta manera incluir nuevas formas de utilización y configuración, ayudando a que esta propuesta se renueve constantemente.

Quizás el mayor aporte de este trabajo de titulo, es el poder entregar una herramienta que soluciona un problema que se tiene constantemente en Chile, particularmente en la enseñanza de tecnologías, esto es que rápidamente va quedando obsoleta la tecnología enseñada, cambiando rápidamente por ejemplo las velocidades de procesamiento de los microcontroladores y los fabricantes que los suministran. Se estima que el diseño aquí planteado puede ser utilizado por un largo tiempo tanto por su actualización electrónica, como mecánica.

Otro aporte es el que se hace específicamente en la carrera de ingeniería electrónica de la Universidad Austral, ya que en algunos ramos se propone a los alumnos el realizar proyectos en los cuales se mezcle el control de aparatos a través de la electrónica, para esto los alumnos crean aparatos de similares características entre si, desembolsando sumas de dinero que por su condición de estudiantes son elevadas, con este equipo modular se puede facilitar la construcción de estos proyectos, ya que permite crear nuevos proyectos que no estén especificados en este trabajo, acoplar nuevos circuitos, sin la necesidad de realizar grandes gastos de dinero. Por el hecho de tener como base todo lo necesario para la creación de proyectos básicos, como los realizados hasta el momento, se tomara como base esto para crear proyectos de una complejidad técnica mucho mayor.

El diseño propuesto facilita en gran medida la puesta en marcha de distintos tipos de robot, no solo los puestos en los ejemplos prácticos, que por la sencillez de su armado y la posibilidad de ir agregando nuevos elementos pueden ser de una complejidad mucho mayor, una de las preocupaciones en el diseño de las estructuras mecánicas fue que en algún momento el usuario querría tener una piezas para realizar un tipo de configuración que no esta explicada en este trabajo, para que esta persona no deba destruir ni modificar las estructuras se opto por la unión de estas a través de pernos y tuercas que se pueden conseguir fácilmente en el mercado, junto con las perforaciones de las piezas plásticas da la posibilidad de unir cualquier material, de cualquier forma que se imagine y que sea necesario para solucionar el problema.

La forma en que se ideo este trabajo de titulo fue básicamente a través de la experiencia ganada en la participación en distintos eventos vinculados con esta materia, estas experiencias permitieron comprobar que el problema de la obtención de recursos no se encuentra solamente en

la Universidad Austral de Chile, sino en la mayoría de las instituciones, en donde el conseguir dineros para la realización de robot con las mas altas prestaciones resulta muy complicado sin el apoyo financiero adecuado, es por este motivo que la realización de este trabajo llevo a la creación de un equipo que podrá ayudar en parte al desarrollo de maquinas autómatas que puedan ser reutilizadas varias veces, incorporados nuevos circuitos y actualizaciones infinitas sin la necesidad de hacer grandes inversiones, ni realizarlas año tras año.

Por último, el tiempo que llevo realizar este trabajo de titulo fue largo, ya que el planteamiento u objetivo final es buscar la solución más sencilla y esto realmente es lo más difícil.

**Resultados**

Aunque no se hizo mención en el desarrollo de este documento, los resultados que llevaron a plantear los diseños aquí propuestos se obtuvieron casi en su mayoría de forma empírica, llevando este planteamiento a alumnos de distintas ciudades. Aunque la forma y el análisis utilizados no son el tema de este trabajo de titulo, si se comentaran algunos resultados.

El color de las piezas plásticas que aunque en los dibujos de armado de de las estructuras se muestran de colores principalmente para poder distinguir las diferentes piezas, se entregan estas de un color neutro (crema), esto porque la idea es que los usuarios sientan propiedad de las estructuras y de su producto final, con este color neutro se fuerza a que el usuario diferencie su estructura de las demás dándole los colores o agregando materiales que finalmente hacen mas suya la creación.

El hecho de utilizar un maletín, en la cual se fijan los circuitos a través de los mismos pernos que se utilizan para armar las estructuras, facilita en gran medida llevar un orden al momento de enseñar a utilizar los circuitos y las estructuras, además de evitar en gran media los accidentes y las perdidas de las distintas partes.

Un confirmación de el rumbo en el que apunta este trabajo, fue que la educación en chile este tomando la opción, o por lo menos se entiende la importancia de el aprender haciendo, y esto se pudo comprobar que los niveles de conocimiento, destrezas y entusiasmo eran muy altos y alcanzados rápidamente por los alumnos a los cuales se les pudo enseñar a utilizar el equipo modular, obteniendo como resultado el armado de por lo menos el robot básico. Los alumnos participantes fueron de situaciones económico-sociales muy distintas y de todos los tipos establecimientos educacionales existentes en Chile.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS


**LIBROS**

[1] William Bolton, Mecatrónica Sistemas de control electrónico en ingeniería mecánica y eléctrica, Alfaomega Grupo Editor. 2001

[2] Antonio Barrientos, Luis Peñin, Fundamentos de Robotica, McGraw Hill, 1997

[3] Arthur Erdman, George Sandor, Diseño de Mecanismos Análisis y Síntesis, Prentice Hall 1997

[4] Rafael Kelly, Victor Santibañez, Control de Movimiento de Robot Manipuladores, Prentice Hall ,2003

**MANUALES**

[5] L.E.T. PIC Basic Manual, Crownhill Asociated Ltd. 2000

[6] PIC 16F84A DataSheet, Microchip Technology Inc. 2001

[7] PIC 16F87XA DataSheet, Microchip Technology Inc. 2001

[8] PIC 16F628 DataSheet, Microchip Technology Inc. 2004

[9] Basic Stamp Programing Manual, Parallax Inc. 2000

[10] Manual De Sensores, Motores Y Controladores. DIE. Universidad de Chile. 2003

**Web Empresas**

[11] Parallax Inc. www.parallax.com

[12] Lego Mindstorm: www.lego.com

[13] Hitec Inc. : www.Hiteccrd.com

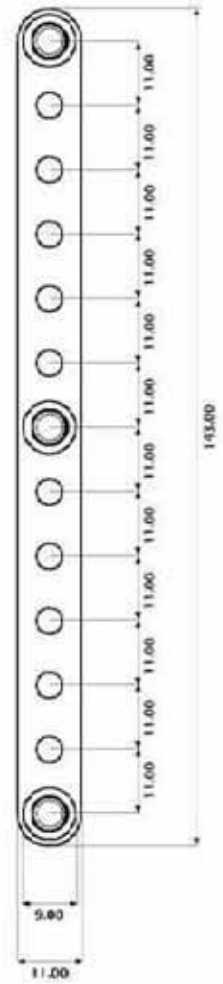
[14] Dinsmore Sensor: www.dinsmoresensors.com

**Web Información Técnica**

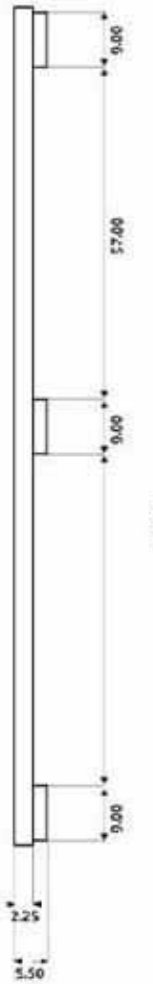
[15] Servomotores:
http://autric.com/Microbotica%20y%20Mecatronica/servomotores.htm

[16] Motores Paso a paso:
http://www.todorobot.com.ar/informacion/tutorial%20stepper/stepper-tutorial.htm
[17] Parallax Inc. www.parallax.com
[18] Lego Mindstorm: www.lego.com
[19] Kits Robotica: www.superrobotica.com
[20] Información Robótica: www.x-robotics.com

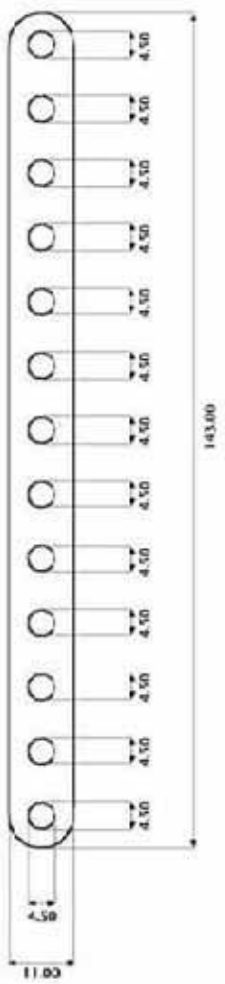
# Anexo 1  Cotas de Estructuras



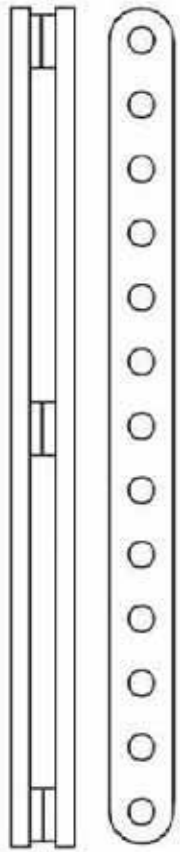

VISTA ANTERIOR



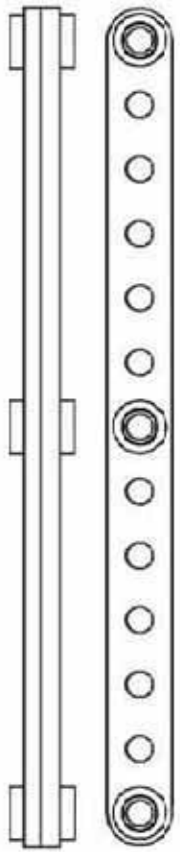

VISTA PERFIL




VISTA POSTERIOR



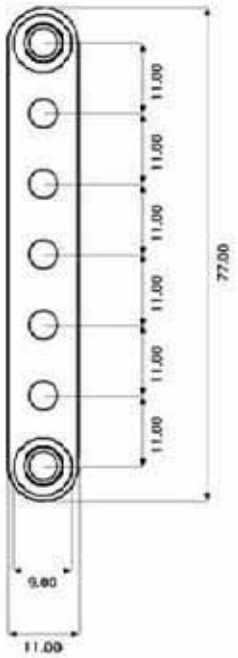
VISTA DE VIGA CONVERTIDA EN BARRA UNO



VISTA DE VIGA CONVERTIDA EN BARRA DOS

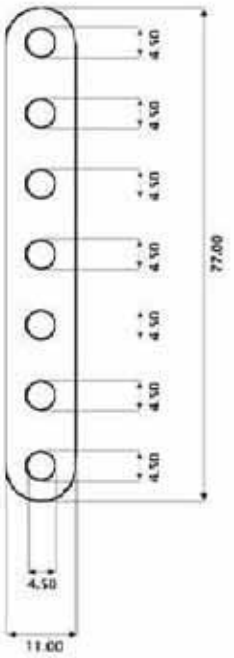
La viga larga tiene como característica la multifunción, es decir tiene más de un uso, está se puede utilizar para hacer estructuras simples como globo o como barra utilizando dos piezas. Por las perforaciones se puede pasar tornillos que se fijan a otras estructuras o placas. La barra es de plástico que disminuye su peso y los costos de producción.

VIGA LARGA MODULAR - PLANIMETRÍA BÁSICA - MEDIDAS EN mm. A

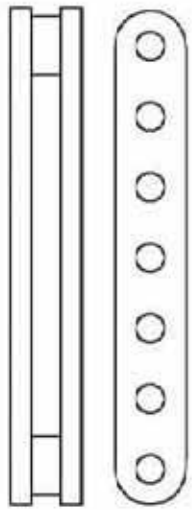



VISTA ANTERIOR

VISTA PERFIL



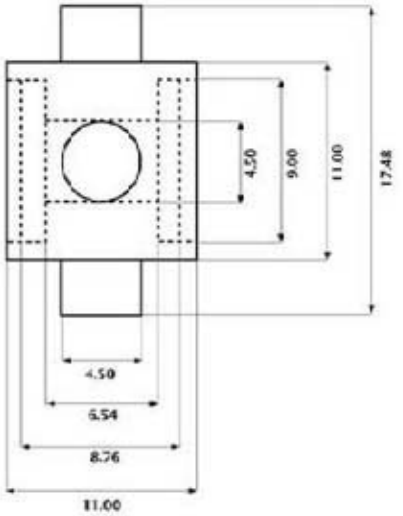

VISTA POSTERIOR



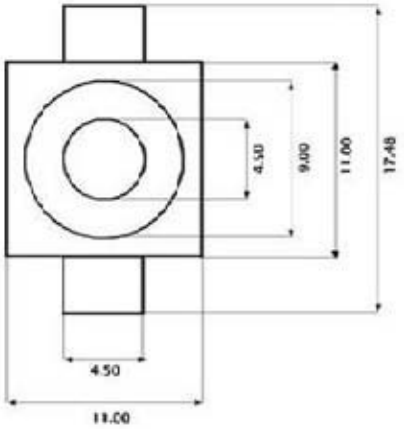
VISTA DE VIGA CONVERTIDA EN BARRA UNO

VISTA DE VIGA CONVERTIDA EN BARRA DOS

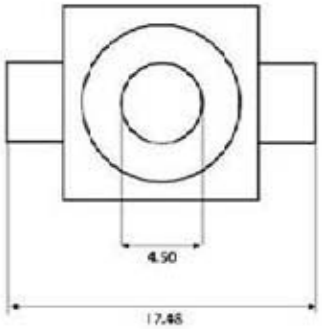
La viga corta se utiliza para realizar estructuras de pequeña escala, para fijar y reforzar estructuras mayores, como base-plataforma para montar dispositivos o servos, o para mecanismos de presión. La viga corta complementa a la viga larga sumándose para lograr piezas estructurales de gran firmeza y movilidad.



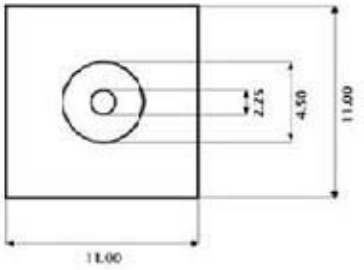

VISTA PERFIL



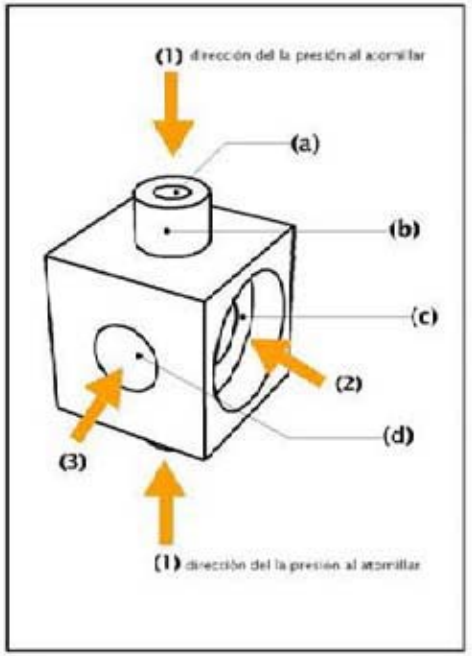

VISTA ANTERIOR A




VISTA ANTERIOR AA

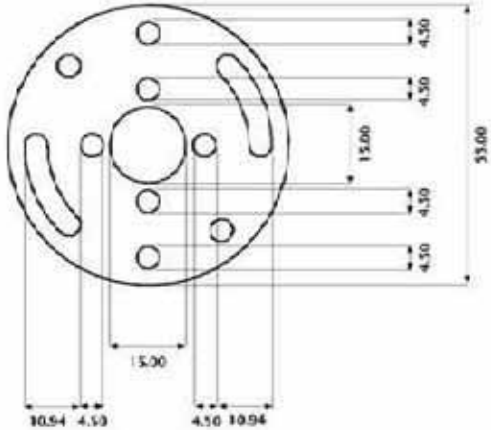



VISTA ELEVACIÓN



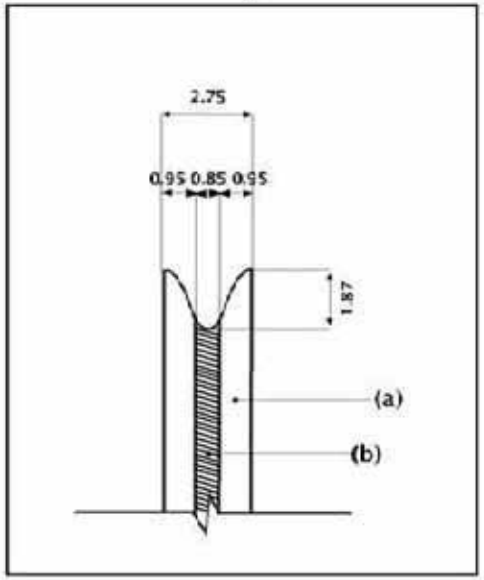

| | |
|---|---|
| (a) | perforación para atornillar y dar más resistencia . |
| (b) | pieza que da mayor resistencia al ser atornillada. |
| (c) | rebaje donde se esconde la cabeza del tornillo. |
| (d) | calado para que pase un tornillo o un eje metálico. |

La pieza Cardan esta pensada y diseñada en primer lugar para transmitir movimientos de articulación o rotación logrando el movimiento de una estructura de mayor tamaño. Esta pieza tiene perforaciones por donde se puede atornillar y fijar. En segundo lugar la pieza permite unir y fijar, es decir, es una pieza que se conecta a vigas o barras para armar patas o perfiles en ángulo.

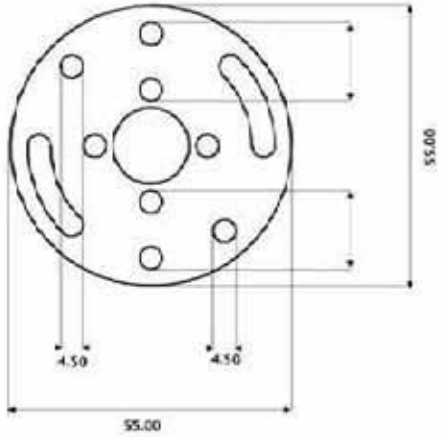



VISTA ANTERIOR

VISTA POSTERIOR

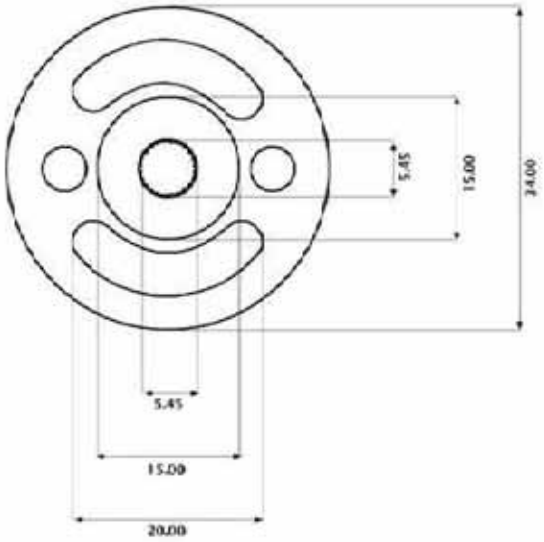



| | |
|---|---|
| (a) | Pieza de plástico de alta resistencia a los golpes. |
| (b) | rebaje para colocar una goma para mayor agarre. |

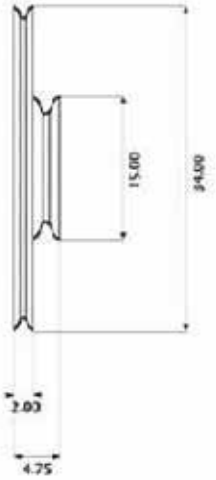


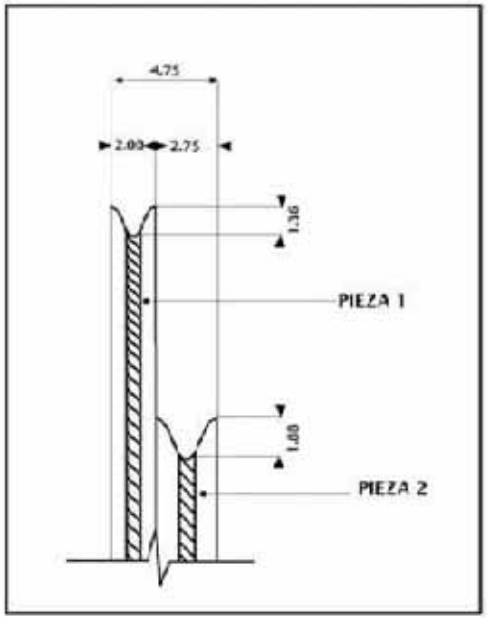

VISTA POSTERIOR

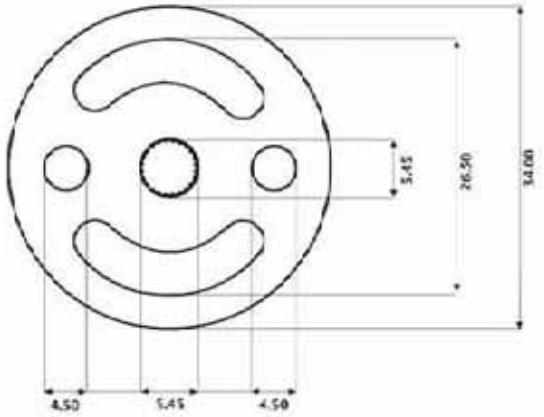
La llanta es una rueda de material flexible que se complementa y se potencia al estar unida con la rueda chica. Por si sola funciona como base para motores o estructuras mayores, como vínculo de unión y como polea. La llanta se puede fijar a: eje, rueda. Cuando funciona como rueda grande se complementa con una banda de goma que le hace adherirse al terreno.




VISTA ANTERIOR



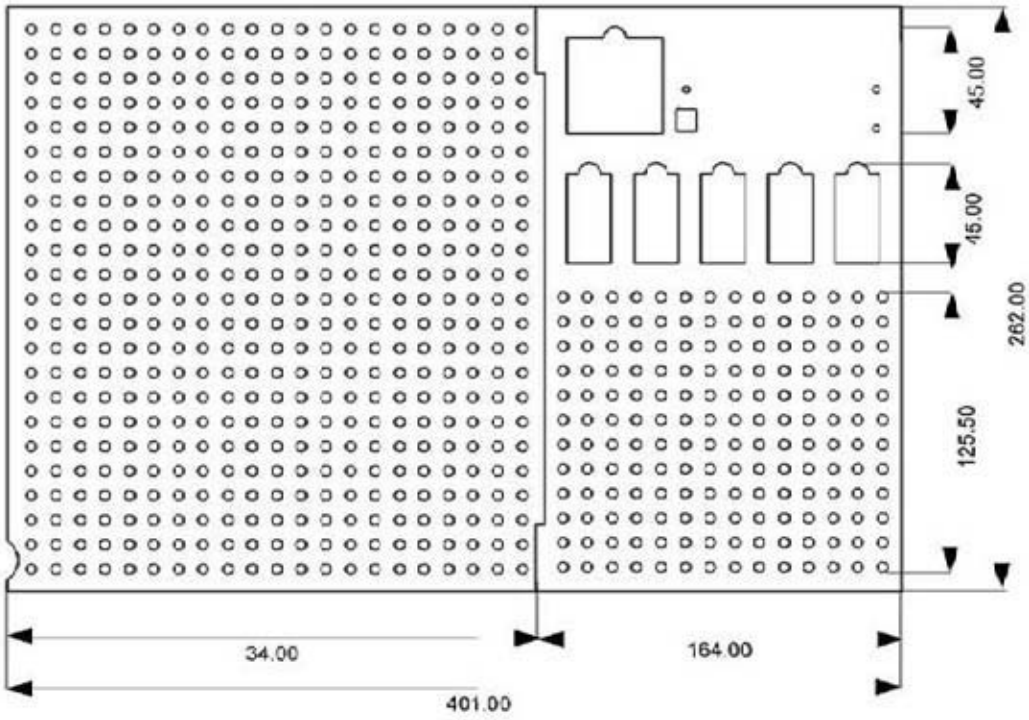

VISTA ANTERIOR

**PIEZA 1** **polea grande que se conecta a la llanta.**

**PIEZA 2** **polea pequeña que se conecta al servo motor.**

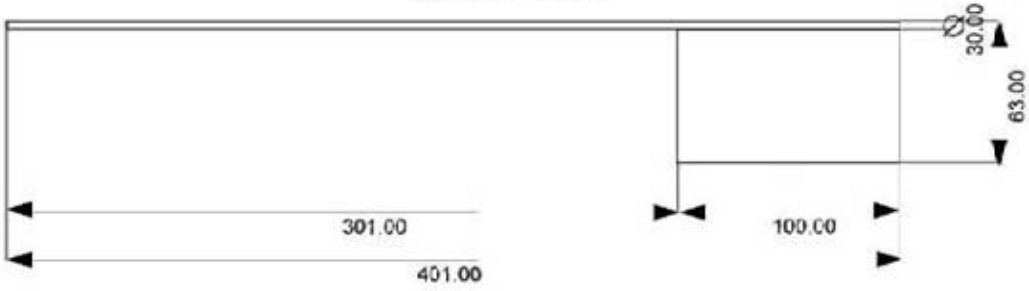
La rueda modular es de carácter funcional, por lo tanto cumple la doble función de ser rueda y polea. La rueda se complementa con la llanta logrando una rueda de mayor tamaño, además la ventaja de esta pieza es que se directamente conectada al servo motor por las estrías que se encuentran en su centro, por las perforaciones se puede conectar a la llanta o a las vigas. También cuenta con dos relajes para colocar poleas de dos tamaños distintos.

**RUEDA MODULAR - PLANIMETRÍA BÁSICA - MEDIDAS EN mm.** **E**



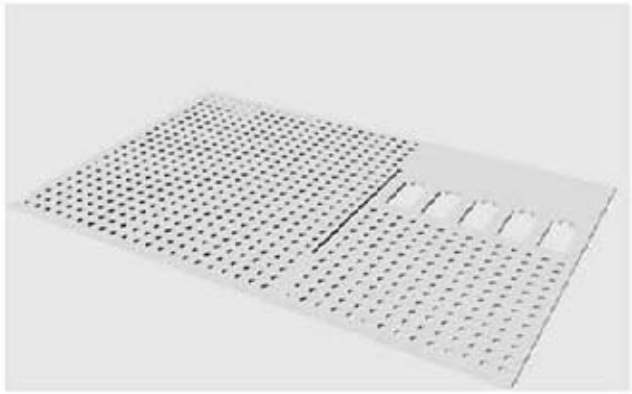

PLANTA/ PLATAFORMA CAJA

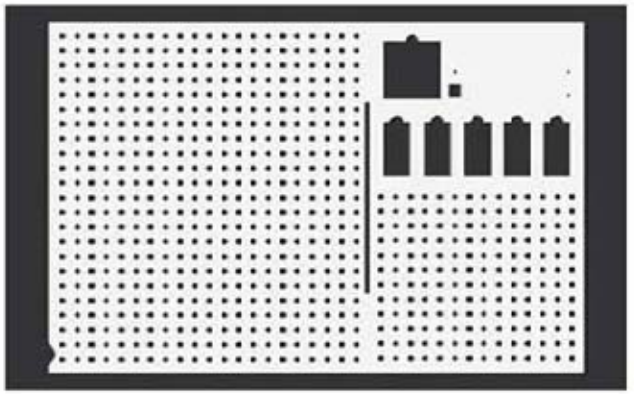
MEDIDAS EN MM.




PERFIL/ PLATAFORMA CAJA

MEDIDAS EN MM.





# Anexo 2  Programas

Programa para Basic Stamp,  experiencia robot básico con dos sensores

| | |
|---|---|
| X VAR byte<br>Y VAR byte<br>Sensores VAR byte | Declaración de variables |
| INPUT 0<br>INPUT 1<br>INPUT 3 | Declaración de cuales pines serán usados como entradas |
| Boton:<br>IF IN3=1 THEN Principal<br>GOTO Boton | Etiqueta que identifica que si es presionado el boto que se encuentra en la placa Base Microcontrolador comenzara el avance del robot |
| Principal:<br>X=in0<br>Y=in1<br>Sensores=X+(Y*2)<br>IF Sensores=0 THEN Avanza<br>IF Sensores=1 THEN Derecha<br>IF Sensores=2 THEN Izquerda<br>IF Sensores=3 THEN Vuelta<br>GOTO Principal | Rutina Principal están todos los posibles estados que pueden tomar los sensores y para cada caso se deriva a una subrutina que esta asociado a un avance de algún motor |
| Avanza:<br>PULSOUT 9,500<br>PULSOUT 10,1000<br>PAUSE 17<br>GOTO Principal | Rutina que da las instrucciones avancen hacia delante( uno en sentido de las agujas del reloj, y el otro al contrario) |

| | |
|---|---|
| Derecha:<br>PULSOUT 10,1000<br>PAUSE 18<br>GOTO Principal | Avance del motor derecho, que hará que el robot se mueva hacia la izquierda |
| Izquerda:<br>PULSOUT 9,500<br>PAUSE 19<br>GOTO Principal | Avance del motor izquierdo con lo cual el robot se moverá a la derecha |
| Vuelta:<br>PULSOUT 9,500<br>PULSOUT 10,500<br>PAUSE 19<br>GOTO Principal<br>end | Ambos motores avanzara en sentido de las agujas del reloj, dando una vuelta sobre su propio eje |

Programa para Let PIC Basic,  experiencia robot araña

| | |
|---|---|
| device 16f84<br>dim q,w,e,r,t,c,a,b,d,f,g,h,i,j,k,l<br>define porta=00011111<br>define portb=00000000<br><br>r=inporta&1<br>t=inporta&2<br>c=r+t | delayms(19)<br>if a=40 then goto retroizq<br>goto retrocedizq<br><br>retroizq:<br>d=d+1<br>outb(6)<br>delayms(4)<br>outb(0) |

```
hola:
r=inporta&1
t=inporta&2
c=r+t
if c=1 then goto retrocedizq
If c=2 then goto retroceder
if c=3 then goto retrocedizq
e=0
w=0
q=q+1
outb(1)
delayms(2)
outb(0)
delayms(19)
if q=40 then goto avander
goto hola

avander:
if c=1 then goto retrocedizq
If c=2 then goto retroceder
if c=3 then goto retrocedizq
q=0
w=0
e=e+1
outb(6)
delayms(2)
outb(0)
delayms(19)
if e=40 then goto chao
```

```
delayms(19)
if d=40 then goto rizq
goto retroizq

rizq:
f=f+1
outb(1)
delayms(4)
outb(0)
delayms(18)
if f=40 then goto riq
goto rizq

riq:
g=g+1
outb(6)
delayms(2)
outb(0)
delayms(19)
if g=40 then goto doblader
goto riq

doblader:
b=b+1
outb(6)
delayms(6)
outb(0)
delayms(19)
if b=40 then goto girader
```

```
goto avander


chao:
if c=1 then goto retrocedizq
If c=2 then goto retroceder
if c=3 then goto retrocedizq
q=0
e=0
w=w+1
outb(1)
delayms(4)
outb(0)
delayms(18)
if w=40 then goto avanizq
goto chao

avanizq:
if c=1 then goto retrocedizq
If c=2 then goto retroceder
if c=3 then goto retrocedizq
q=0
w=0
e=e+1
outb(6)
delayms(4)
outb(0)
delayms(19)
if e=40 then goto hola
goto avanizq
```

```
goto doblader


girader:
h=h+1
outb(1)
delayms(4)
outb(0)
delayms(19)
if h=40 then goto gder
goto girader

gder:
i=i+1
outb(2)
delayms(4)
outb(0)
delayms(19)
if i=40 then goto hola
goto gder

retroceder:
outb(1)
delayms(4)
outb(0)
delayms(18)
goto hola

end
```

```
retrocedizq:
a=a+1
outb(1)
delayms(2)
outb(0)
```

Programa para Let PIC Basic, experiencia Brazo Robótico

```
device 16f84
dim q,w,e,r,t
define porta=00011111
define portb=00000000

prin:
t=inporta&2
if t=2 then goto ini
goto prin

ini:
r=inporta&1
outb(128)
if r=1 then goto hola
delayms(50)
r=inporta&1
outb(32)
if r=1 then goto hola
delayms(50)
r=inporta&1
outb(24)
gosub ttres
outb(16)
delayms(14)
if q=120 then goto sudulce
goto edulce

sudulce:
w=w-1
outb(23)
gosub tdos
outb(24)
gosub ttres
outb(16)
delayms(14)
if w=0 then goto sindulce
goto sudulce


sindulce:
```

```
outb(64)
if r=1 then goto hola
delayms(50)
r=inporta&1
outb(16)
if r=1 then goto hola
delayms(50)
r=inporta&1
if r=1 then goto hola
goto ini

hola:
q=q+1
outb(23)
gosub tdos
outb(16)
delayms(18)
if q=180 then goto odedo
goto hola

odedo:
w=w+1
outb(23)
gosub tdos
outb(24)
gosub ttres
outb(16)
delayms(14)
if w=180 then goto chao
```

```
q=q-1
outb(23)
gosub tdos
outb(24)
delayms(3)
outb(16)
delayms(14)
if q=0 then goto prin
goto sindulce


dcerado:
set b.3
gosub ttres
clear b.3
delayms(18)
return


cdedo:
e=0
w=w-1
outb(23)
delayms(2)
outb(24)
gosub ttres
outb(16)
delayms(14)
if w=0 then goto paso
```

```
goto odedo



chao:
e=0
q=q-1
outb(23)
gosub tdos
outb(24)
gosub ttres
outb(16)
delayms(14)
if q=0 then goto paso
goto chao

paso:
e=e+1
outb(16)
gosub dcerado
gosub dcerado
gosub dcerado
outb(64)
gosub dcerado
gosub dcerado
gosub dcerado
outb(32)
gosub dcerado
gosub dcerado
gosub dcerado
```

```
goto cdedo


repaso:
e=e-1
outb(128)
delayms(50)
outb(32)
delayms(50)
outb(64)
delayms(50)
outb(16)
delayms(50)
if e=0 then goto hola
goto repaso

tdos:
delayms(2)
delayus(q)
delayus(q)
delayus(q)
delayus(q)
delayus(q)
return

ttres:
delayms(3)
delayus(w)
delayus(w)
delayus(w)
```

```
outb(128)
gosub dcerado
gosub dcerado
gosub dcerado
if e=8 then goto edulce
goto paso

edulce:
q=q+1
outb(23)
gosub tdos
```

```
delayus(w)
delayus(w)
return

end
```