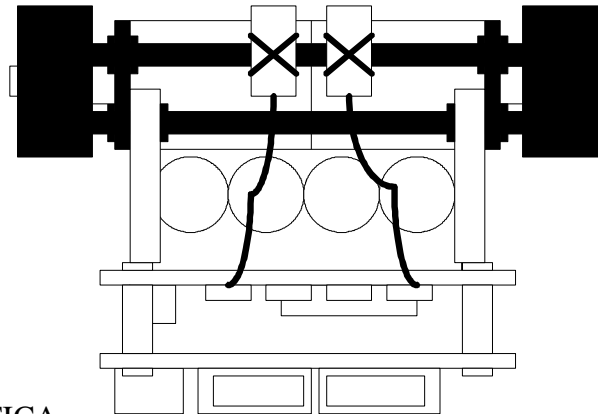
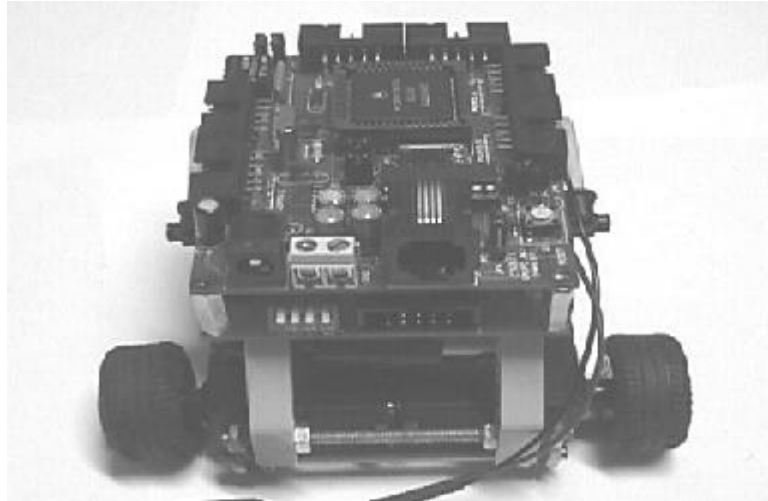


CONSTRUCCIÓN DEL MICROBOT:

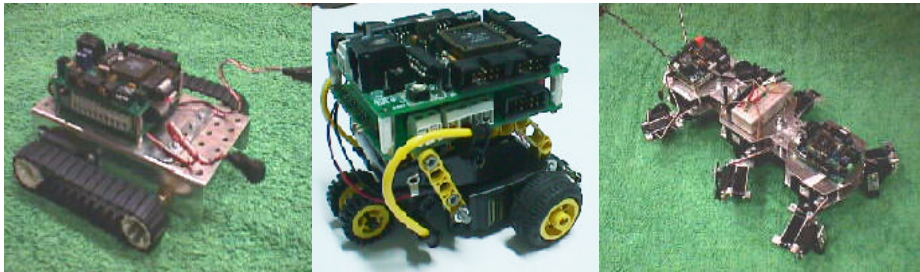
Estructura mecánica y motores



MICROBÓTICA

1. INTRODUCCIÓN

La estructura mecánica y los motores son factores decisivos del microbot, un correcto diseño de la estructura y una adecuada elección de los motores pueden ahorrar mucho trabajo y esfuerzo. Es difícil dar una solución única, sobretodo por la existencia de un sin fin de alternativas. Por ejemplo es muy diferente un microbot hexápodo que uno basado en ruedas, no sólo en la apariencia sino en los motores. El primero necesita doce motores con control de posición y topes mecánicos para formar articulaciones, y para el segundo, con un par de motores sin ningún tipo de tope es suficiente. Otra posibilidad es usar correas tipo tanque en lugar de ruedas o hacer que directamente el microbot sea un brazo robot. En las fotos se pueden apreciar diferentes microbots, que a pesar de tener el mismo hardware de control mantienen una estructura diferente como se ha indicado arriba.



En esta sección se procederá a construir un microbot básico, en concreto el de la foto central. El objetivo es que el lector aprenda los conocimientos mínimos para poder armar uno, y así con la experiencia, poder ir complicándolo hasta llegar a formas totalmente distintas, como el hexápodo de la figura derecha. El microbot se podrá programar según el ejemplo explicado en el manual de la CT293+, mediante el cual sigue una línea negra sobre fondo blanco, evidentemente el programa podrá variarse para atribuir otras funciones al microbot.

El proceso de construcción se ha dividido en dos partes, en la primera se explican los motores y en la segunda la estructura mecánica. Ambas partes contienen un gran número de fotos para facilitar la comprensión.

2. LOS MOTORES DEL MICROBOT: Servomecanismos.

La elección de motores en aplicaciones de robótica siempre hay que realizarla cuidadosamente, hay que tener en cuenta bastantes factores, por ejemplo velocidad, par, inercias, frenos, modo de control, etc... Interesa tener bien definida la aplicación para calcular correctamente lo anterior. En el caso del microbot que se construye aquí se ha tenido en cuenta lo siguiente. Se trata de un prototipo para pruebas y de aprendizaje, cuya primera función será seguir una línea negra sobre fondo blanco, como ya se ha dicho esta información relativa a la programación se podrá encontrar en la sección correspondiente a la CT293+.

Es muy probable que el microbot se programe desde un PC y que no se disponga de mucho espacio alrededor de él, por eso se ha optado por una velocidad baja. Además puede ser que el microbot se amplíe con otras piezas, incluso que necesite ser lo suficientemente potente como para poder mover objetos, por eso se han buscado buenos pares de salida en los motores. En la elección también se ha tenido en cuenta la forma del mismo para poder unirlo fácilmente a la estructura mecánica, un bajo consumo de energía y una calidad y precisión buena. Todo lo anterior se encuentra en aplicaciones de aeromodelismo, en concreto en los servomecanismos. La conclusión es que se ha optado por utilizar este tipo de motores, aunque como se verá a continuación traen consigo un trabajo adicional.

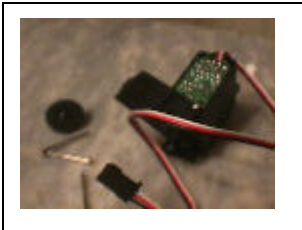
Este trabajo adicional consiste en desmontar dichos servomecanismos para eliminar unos topes mecánicos que impiden que el eje gire más de 180 grados. La razón es obvia, si se quiere que el microbot se comporte como un coche es necesario que sus motores puedan realizar giros completos y esto no lo permite el servomecanismo en su estado natural. Este uso del servomecanismo es bastante común y no debe preocupar al lector, en otros microbots, por ejemplo los del MIT* o los del III de Bielefeld*, se usa la misma técnica. El proceso para desmontarlos se describe a continuación:

* MIT son las siglas del Massachusetts Institute of Technology.

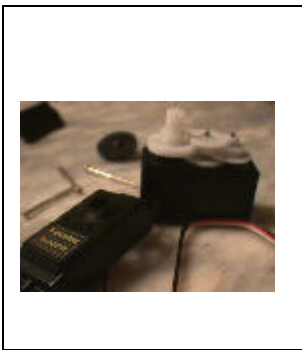
* III de Bielefeld son las siglas del Instituto de Investigación Interdisciplinaria de Bielefeld, Alemania.



Hay aplicaciones con microbots que necesitan un giro completo de los motores. Ya se ha visto que los servomecanismos tienen un giro de unos 180 grados. Esta limitación viene impuesta por unos topes mecánicos que limitan el giro a 180 grados, y un circuito electrónico que termina por fijar el giro en 90 grados. Todo esto se puede anular para conseguir el giro completo buscado, pero es un proceso destructivo, es decir no se podrá recuperar la funcionalidad original.

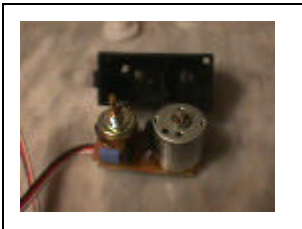


Al quitar los cuatro tornillos posteriores se aprecia un circuito electrónico totalmente integrado. Para poder extraerlo es necesario quitar además el tornillo que une la rueda con el eje del motor. Una vez hecho esto se puede quitar la tapa superior del servomecanismo, dejando al descubierto unos engranajes blancos.

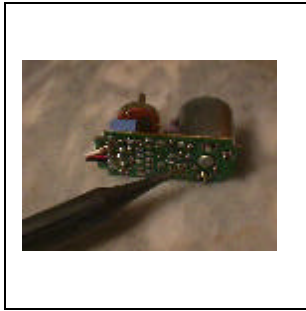


Los engranajes blancos que se pueden apreciar en esta figura forman la caja reductora del servomecanismo. La misión de esta es proporcionar más par (fuerza) de salida en el eje del motor y reducir la velocidad del mismo.

Para quitar el circuito electrónico se tiene que desmontar primero la caja reductora. Con mucho cuidado para no perder las piezas se irán quitando las pequeñas ruedas dentadas blancas. Atención con el pequeño eje situado en las dos ruedas intermedias.



Una vez hecho lo anterior se puede presionar con un destornillador el saliente mecánico que se esconde debajo del engranaje más grande (eje de salida). Se observará como el circuito electrónico sobresale por debajo. Ahora se puede hacer palanca para extraerlo entero. En la figura se aprecia el circuito extraído.



Ha llegado el momento de empezar a transformar el servomecanismo. Hasta ahora el proceso no ha sido destructivo, pero a partir de aquí sí lo será. Lo primero que hay que hacer es desoldar el motor, será la única parte que se reutilice, el resto no se va a necesitar. El potenciómetro establece junto con el chip la limitación de giro electrónica, al quitar ambos componentes se elimina dicha limitación.



El cable triple que sale del circuito electrónico se puede cortar para utilizarlo en otras aplicaciones. Es muy útil debido al conector triple que tiene en su extremo. Por ejemplo se puede usar para conectar los sensores de infrarrojos a la CT293+.

En la figura se observa el circuito totalmente desmontado. El potenciómetro se puede reutilizar en otras aplicaciones, por eso no viene mal guardarlo, nunca se sabe.



Antes de volver a colocar el motor en su sitio se deben soldar dos cablecillos en sus bornas de alimentación. Se recomienda usar un cable rojo y otro negro, el primero se soldará a la borna positiva (la que tiene el punto rojo) y el segundo a la negativa.



Ahora se elimina la limitación mecánica. Esta consiste en un pequeño saliente situado en el engranaje que forma el eje de salida del servomecanismo. En la figura se puede apreciar dicho engranaje y la situación del saliente.

Para cortarlo se pueden emplear unas pinzas, lima, etc... lo importante es no dañar las muescas de la rueda dentada, o peor aún partir el eje. En caso de que esto ocurra se puede intentar pegar con 'Super Glue 3'.



Una vez eliminado el saliente se recomienda limar la zona para que no queden rugosidades, es decir que parezca que nunca hubo un saliente. La razón es evitar rozamientos innecesarios una vez montada la reductora. Cuantos más rozamientos más ruido y más pérdida de energía mecánica.



Una vez realizado lo anterior se procede a montar el servomecanismo. Lo primero es introducir el motor en el hueco cilíndrico que hay en el interior de la carcasa negra, es decir del lugar de dónde salió. Una vez introducido se monta la caja reductora, para ello fijarse en la figura, sobretodo tener cuidado con la posición que deben tener los engranajes y nunca forzar su colocación. La tapa superior debe entrar sin ningún problema, en caso contrario revisar los engranajes.



Por último se atornilla la tapa inferior, pero antes conviene hacer un pequeño nudo en los cablecillos del motor, y dejar dicho nudo en el interior. Este protegerá las soldaduras hechas al motor cuando se produzcan tirones en los cablecillos.



En la figura se aprecia el aspecto del servomecanismo trucado. La primera diferencia respecto al principio está en el cable de conexión, ahora no es triple sino doble. Pero la más importante es que ahora puede girar continuamente, es decir giros completos de 360 grados.

Llegado a este punto se tendrán preparados los motores del microbot y se podrá abordar la construcción de la estructura mecánica.

3. ESTRUCTURA MECÁNICA.

La estructura mecánica dará forma al microbot, su diseño será importante en la medida que muchas cualidades del microbot dependerán de cómo se realice ésta. Interesa que sea resistente, fácilmente desmontable o por lo menos facilidad de acceso a elementos como baterías, tarjetas de control, motores, sensores, etc.

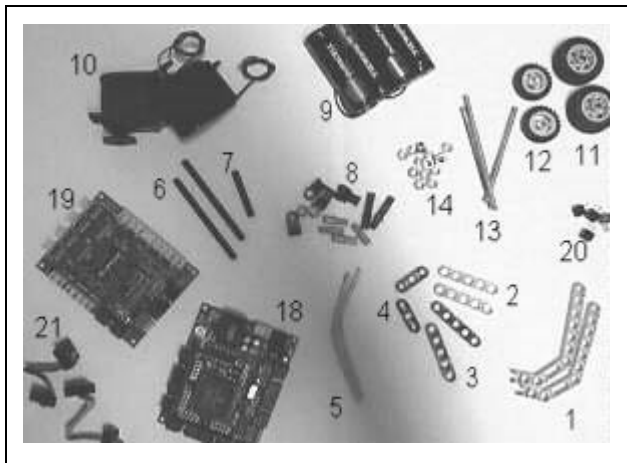
La estructura que se propone aquí a pesar de ser muy simple reúne las condiciones anteriores, permitiendo que el lector pueda ampliar y desarrollar sus propios diseños. El material que se va a emplear es LEGO Technic, pero perfectamente es válido MECCANO, madera, chapa, plástico, etc. Los motores que también forman parte de la estructura serán los servomecanismos que se han desmontado en el apartado anterior. Otros elementos son gomas elásticas, un portapilas plano de cuatro pilas, y tornillería.

La lista completa del material que se debe tener es la mostrada en la siguiente tabla:

Nº	Pieza	Descripción	Cantidad
1	Pieza estructural 1	Pieza Lego Technic en forma de L	2
2	Pieza estructural 2	Pieza Lego alargada de 5 agujeros amarilla	2
3	Pieza estructural 3	Pieza Lego alargada de 5 agujeros negra	2
4	Pieza estructural 4	Pieza Lego alargada de 3 agujeros negra	2
5	Pieza estructural 5	Pieza Lego en forma de tubo amarillo	2
6	Pieza estructural 6	Pasador negro de Lego Technic de 60 mm	2
7	Pieza estructural 7	Pasador negro de Lego Technic de 30 mm	1
8	Pieza estructural 8	Conjunto de sujeciones de Lego Technic	12
9	Portapilas	Portapilas plano para cuatro pilas	1
10	Motores	Servomecanismo adaptado al microbot	2
11	Ruedas Motrices	Ruedas Lego diámetro 30 mm y ancho 15 mm	2
12	Ruedas traseras	Ruedas Lego diámetro 25 mm y ancho 7 mm	2
13	Varillas	Varilla de 80 mm de longitud y paso 3.5 mm	3
14	Tuercas	Tuercas para las varillas (llave inglesa del 7)	20
15	Goma	Goma elástica de longitud 500 mm	1
16	Separadores	Separadores de metal hembra por los dos lados	4
17	Tornillos	Tornillos para los separadores	8
18	CT6811	Tarjeta de control CT6811	1
19	CT293+	Tarjeta de potencia CT293+	1
20	CNY70	Sensores de infrarrojos	4
21	Cable_Bus	Cable tipo bus para unir tarjetas de control	2

Las piezas de esta tabla son las que se van a utilizar para formar la estructura básica, puede ser que el lector encuentre en el kit otras piezas que no han sido nombradas, por ejemplo un mayor número de tuercas, esto no le debe preocupar. Estas piezas las puede utilizar en futuras ampliaciones.

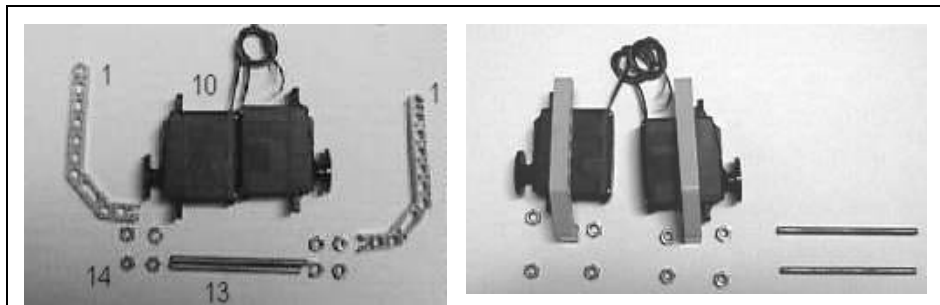
Ahora se procederá a la construcción definitiva, pero antes de empezar se recomienda disponer del siguiente material. Unas tijeras para cortar la goma elástica, un par de llaves inglesas del 7 para sujetar las tuercas y un destornillador pequeñito para conectar los cables a la CT293+. Más adelante se necesitará un soldador o utilidades de wirewrap para poder instalar los sensores de infrarrojos.

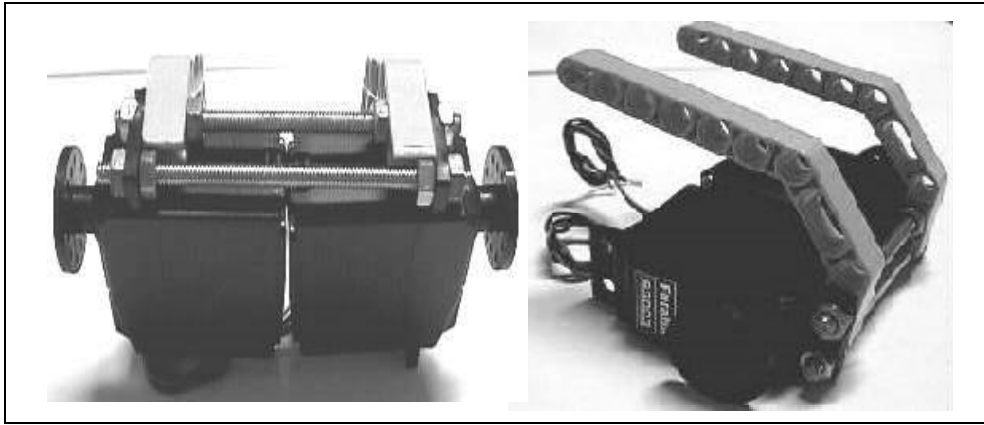


En esta primera figura se muestran casi todas las piezas que se van a usar, faltan los separadores junto con sus tornillos y las gomas elásticas.

Antes de empezar la construcción se tendrá que modificar la pieza estructural 1, se deberá cortar un poco el extremo del brazo más corto. Al final quedará como se muestra en la figura. El resto de la explicación se hará por medio de fotos, mostrando primero las piezas necesarias y finalmente el resultado de su unión.

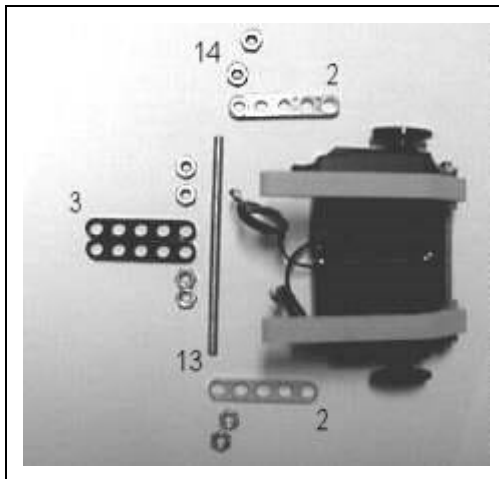
Primer paso: Unión de los motores y soporte de las tarjetas.





Para la realización de este paso conviene fijarse en la posición de las tuercas interiores, sobretodo cuando se une la pieza estructural 1 con los motores. Las tuercas interiores son las primeras que hay que colocar, las exteriores las últimas. Una vez situadas todas las piezas se fijarán las tuercas teniendo en cuenta que al ser la estructura de plástico sufrirá una pequeña deformación, se buscará un compromiso entre la deformación y la firmeza de la estructura.

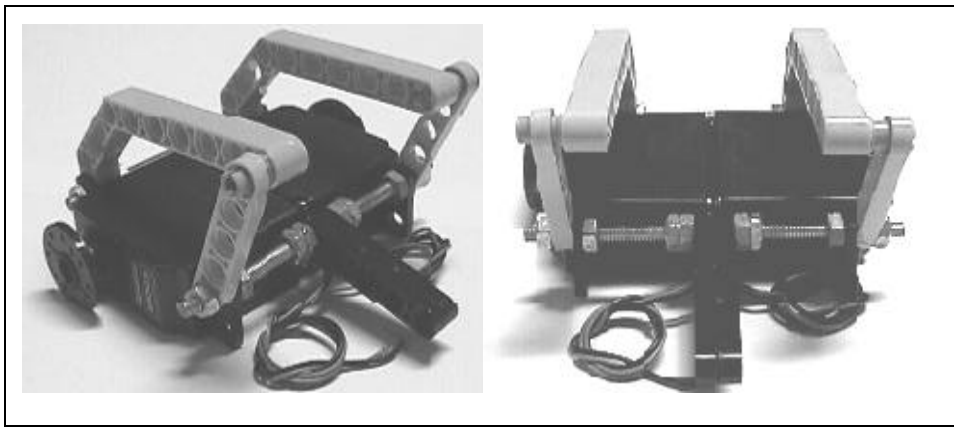
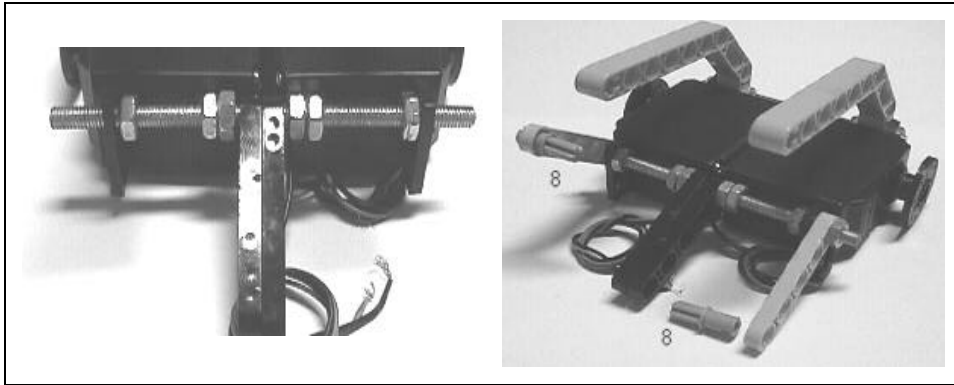
Segundo paso: Finalización de la unión de los motores, empezando a colocar las ruedas traseras.



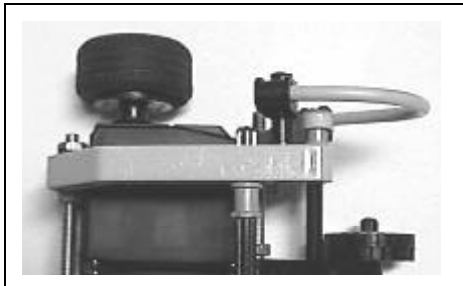
Las piezas necesarias para realizar este segundo paso se muestran en la figura de la izquierda. Primero se colocará la última varilla junto con las tuercas y las piezas estructurales 3. Luego se unirá la varilla con las piezas estructurales 1, esto dará firmeza a la estructura y proporcionará un habitáculo para poner el portapilas.

En las siguientes figuras se muestran los pasos del montaje y

el resultado final. Lo más importante en esta etapa es dejar una pequeña holgura al colocar las piezas estructurales 3, por eso a ambos lados de estas piezas se sitúan dos pares de tuercas, de manera que una tuerca se aprisione contra la otra y deje libre las piezas estructurales 3.

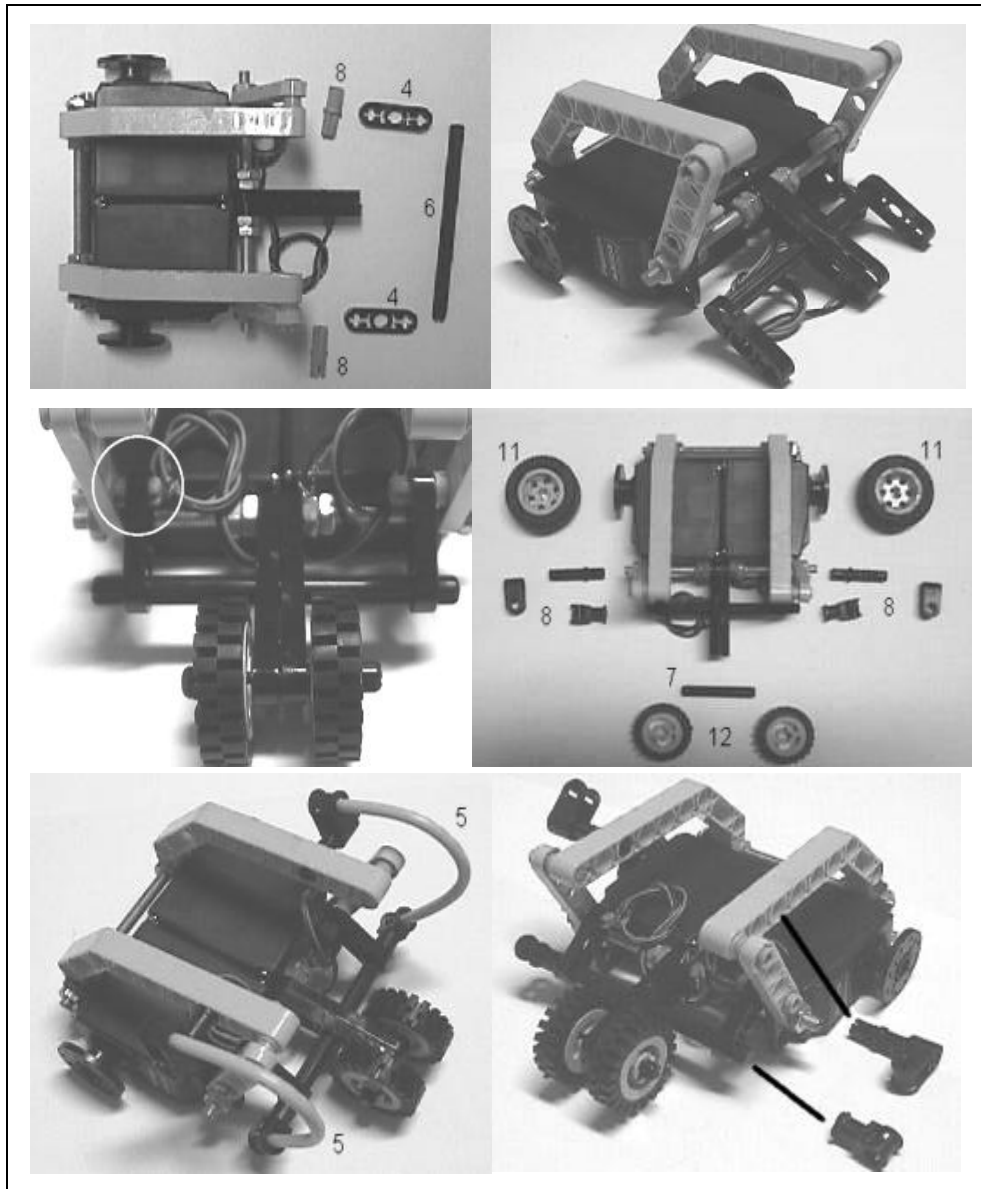


Tercer paso: Instalación de las ruedas y de la amortiguación.

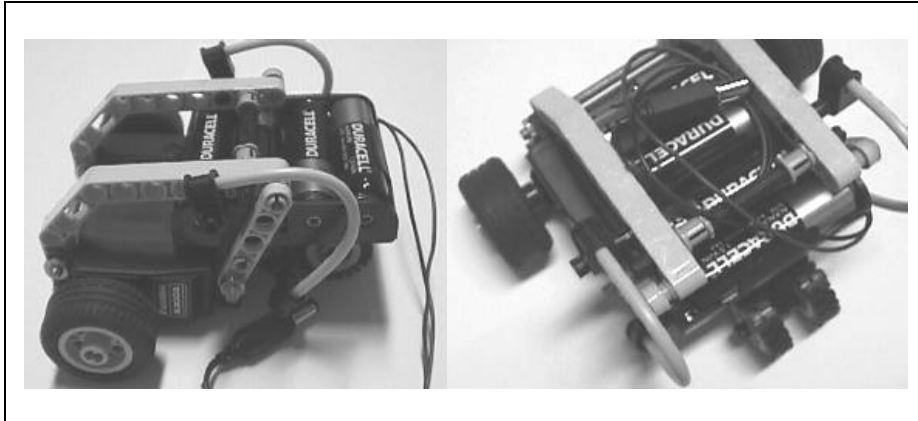


Lo más complejo en este paso es pegar las ruedas motrices a la rueda pequeña del motor, para ello se recomienda emplear un pegamento resistente, por ejemplo (SuperGlue3). Antes de pegar tener en cuenta que el tornillo de sujeción

de la rueda al eje deberá estar presente. Además vigilar que ambas ruedas (la del motor y la de LEGO) sean concéntricas para no tener movimientos ovalados.

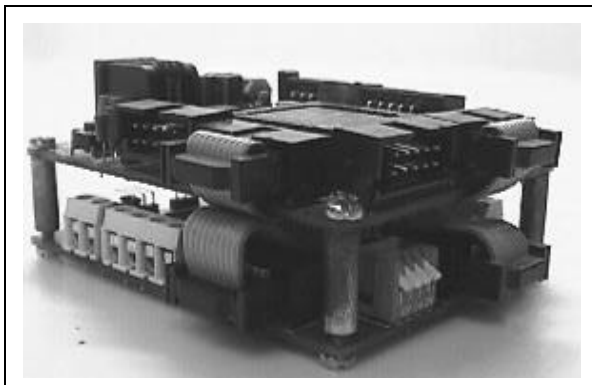


Cuarto paso: Introduciendo el portapilas y colocando las tarjetas de control.



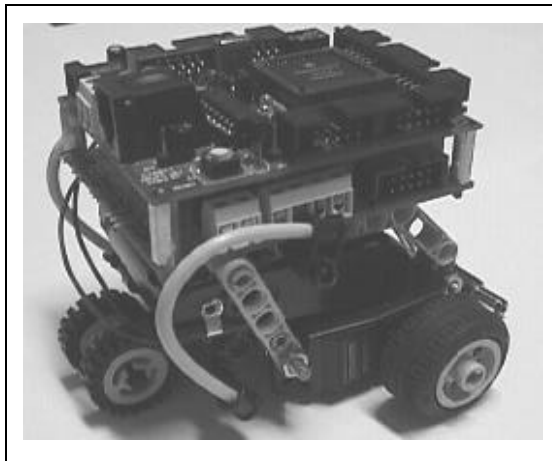
El portapilas se introduce como muestra la figura, la estructura está diseñada para poder sacarlo siempre que se quiera sin necesidad de desmontar nada. El portapilas trae por defecto dos cables de conexión que pueden conectarse a la clema de alimentación de la CT6811, también en el kit se incluye un jack de alimentación para aquellos que prefieran utilizar este tipo de conexión, aunque para utilizarlo se deberá soldar éste a los cables del portapilas. Para ello se recomienda leer en el manual de la CT6811 el capítulo referente a la alimentación de la tarjeta, donde se dice que la tensión positiva va por el interior del jack y la masa por el exterior.

El siguiente paso es unir la CT6811 con la CT293+, para ello se utilizan los separadores metálicos y sus respectivos tornillos. Cuidar la posición de



ambas tarjetas al ponerlas en paralelo, conviene hacer coincidir el Puerto A de la CT6811 con el Puerto A de la CT293+. Fijarse en las figuras siguientes. Además, suponiendo que el microbot avance siendo las ruedas motrices las delanteras, conviene

que la clema de teléfono se sitúe en la parte trasera. La conexión de los motores a la CT293+ se explica en el manual de la CT293+.

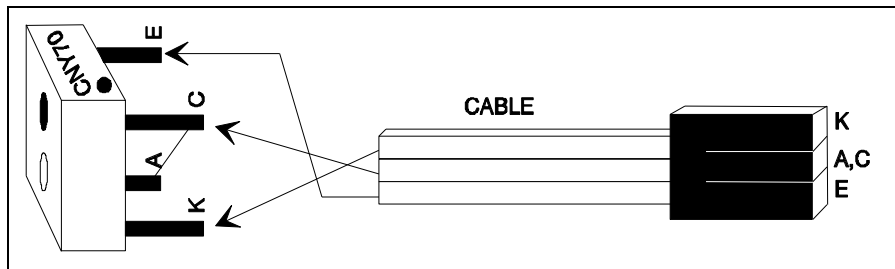


La unión de las tarjetas a la estructura se realizará utilizando la goma elástica, para ello aprovechar los salientes de las varillas, los agujeros de las piezas de LEGO, y la disposición de los componentes en las tarjetas. No complicar esta unión, es normal tener que sacar las tarjetas de control para realizar modificaciones en los sensores.

Quinto paso: Colocando los sensores de infrarrojos.

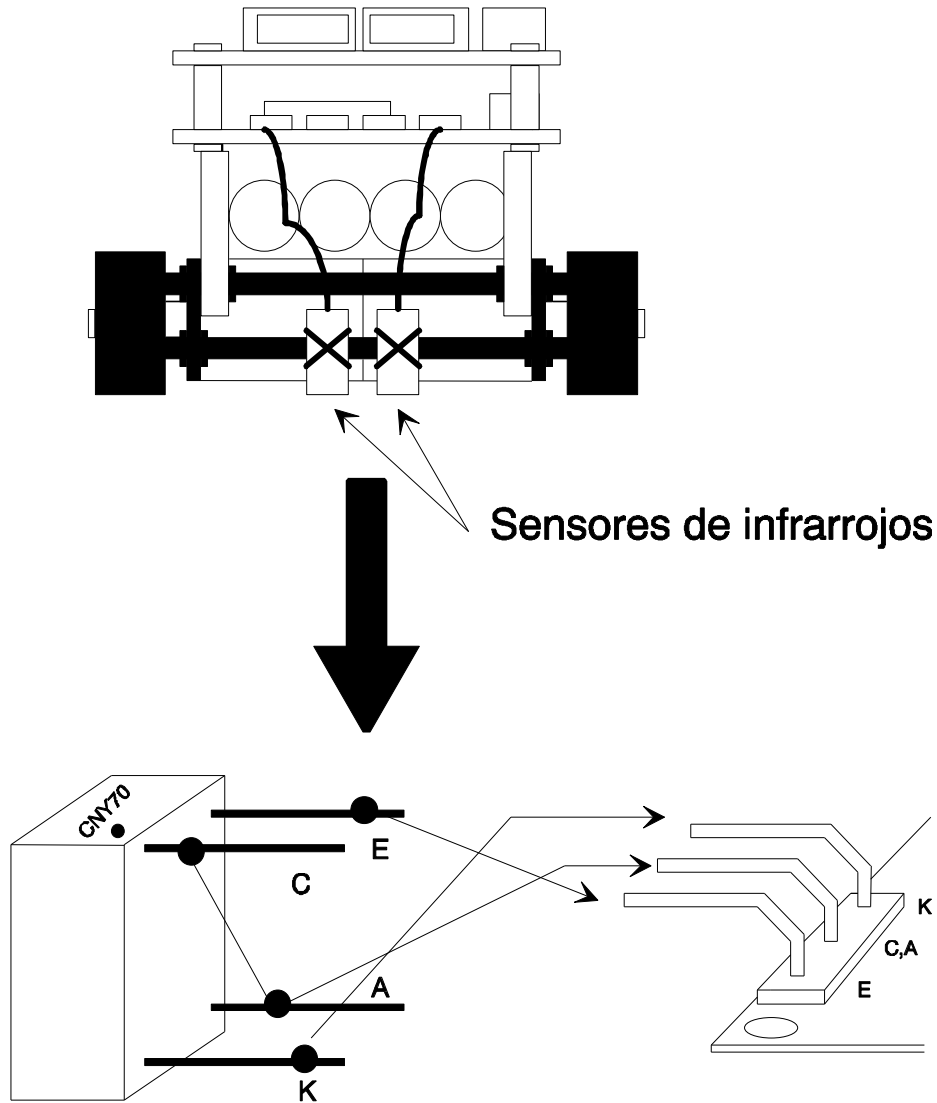
La estructura quedó terminada en el paso anterior, ahora lo único que falta es colocar los sensores en el microbot. El kit básico incorpora cuatro sensores de infrarrojos de corta distancia, se pueden utilizar dos para detectar negro/blanco en el suelo y otros dos para realizar encoders. La conexión y programación del microbot se cuenta detalladamente en el manual de la CT293+, aquí sólo se indicará resumidamente cómo conectar los sensores de infrarrojos.

Al desmontar los servomecanismos se cortó un cable con un conector hembra triple en un extremo. Ahora se va a utilizar dicho cable para conectar dos sensores de infrarrojos a la CT293+. Estos sensores se colocarán en la

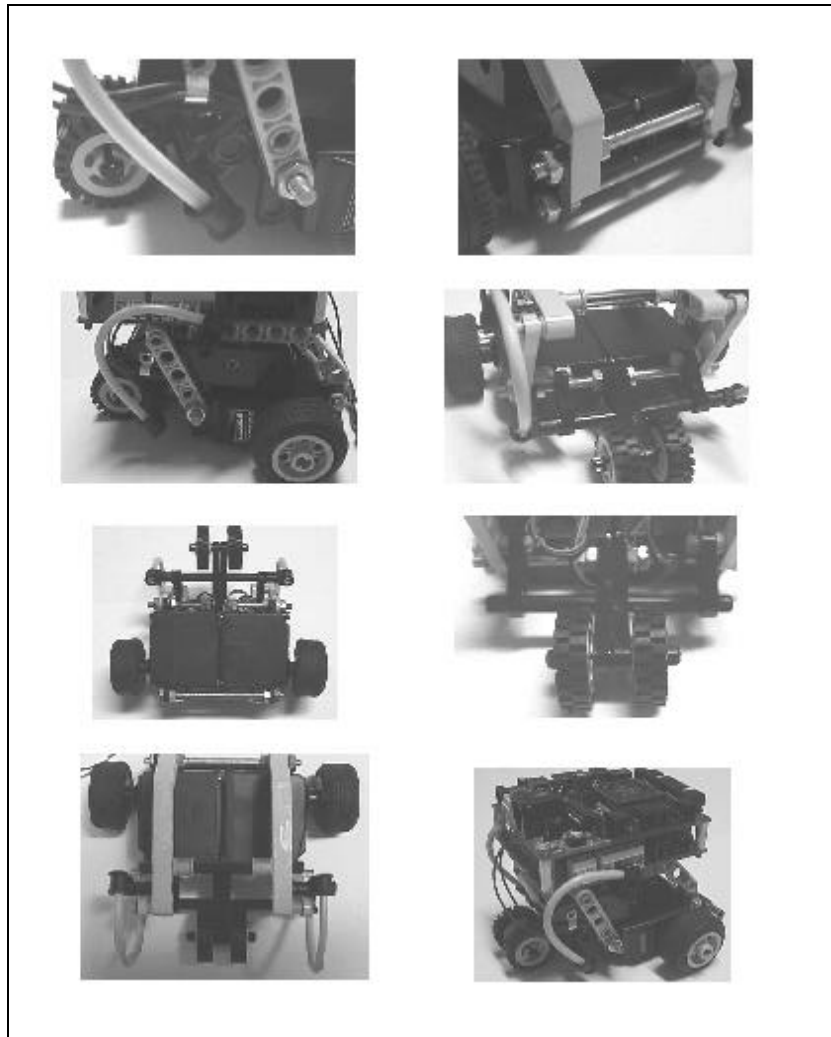


parte delantera del microbot utilizando algún tipo de adhesivo, goma elástica, cinta aislante, etc.

La figura de la página anterior representa la forma de unir el sensor de infrarrojo al cable. La unión se podrá hacer soldando o utilizando la técnica de wirewrap.



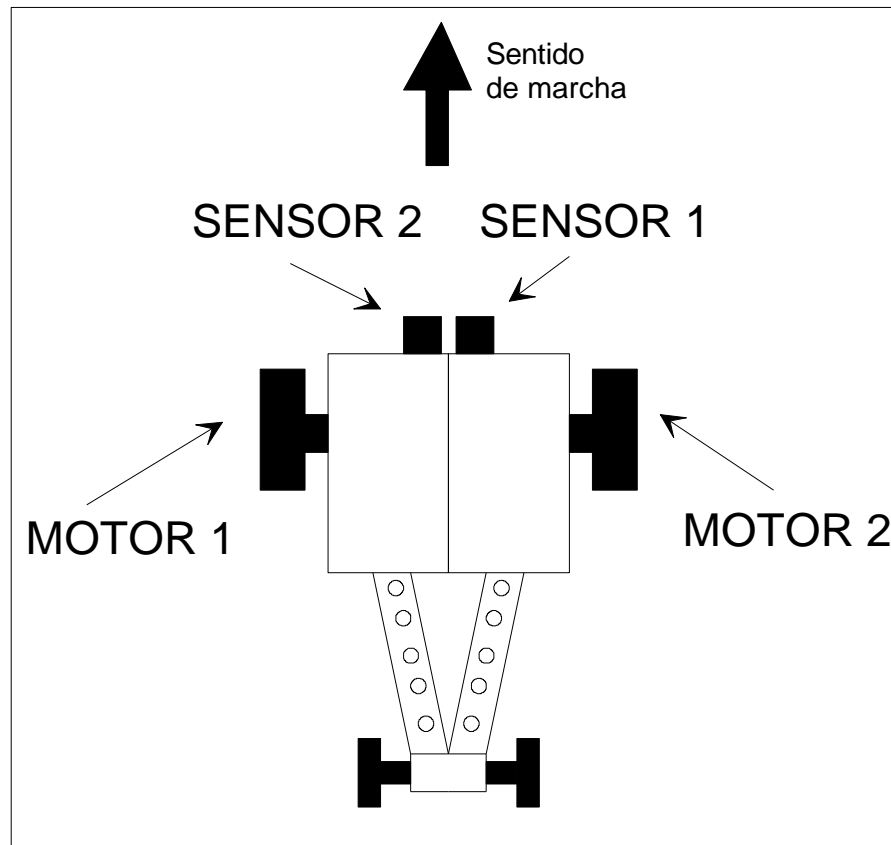
Detalles de algunas zonas microbot



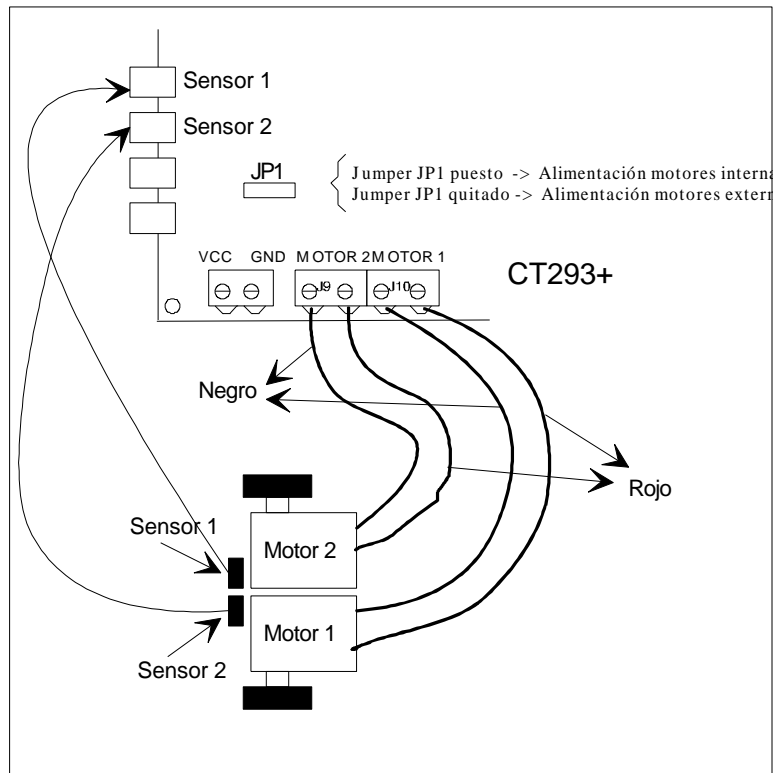
4. RESUMEN DE CONEXIÓN. PROGRAMA CT294.

Para conectar los motores y los sensores a la CT293+ se puede seguir esta pequeña guía o directamente leer la sección correspondiente a la tarjeta CT293+.

Se supone que el microbot tiene dos motores y dos sensores situados en su parte delantera. En la figura siguiente se especifica un diagrama del mismo. Si se sigue este modelo se tendrá compatibilidad con otros modelos de microbots y con el software desarrollado para la realización del test.



El paso más importante para asegurar la compatibilidad viene ahora, se trata de conectar todos los cables de la siguiente manera.



Al montar los motores del microbot se dijo que se soldase un cable rojo a la pata positiva del motor y uno negro a la negativa. La importancia de esto se refleja en este dibujo. El cable rojo de cada motor se introduce por el agujero derecho de su clema, el cable negro se introduce en el izquierdo. Si no se sabe distinguir los cables del motor montarlos al azar, luego con el software CT294 se podrá corregir la misma.

Para probar el microbot se puede usar el software CT294, proporcionado junto con otros programas en este kit. Para ejecutarlo teclear lo siguiente:

```
C:> ct294
```

Por defecto el programa toma como puerto de salida el com2, si nuestro microbot lo conectamos al puerto serie 1, se pondrá después del nombre el parámetro '-1'. En Linux la invocación es similar, salvo que el parámetro es '-com1' o '-com2' según sea el puerto elegido.

El programa es muy simple, consiste en una pantalla con cuadros informativos sobre el estado de los puertos A y E del 68HC11. No preocuparse si no se sabe que es esto, ahora lo importante es que con las teclas Q,A,O,P y SPACE se puede controlar el microbot. El significado de las teclas esta en la pantalla del programa. Con las teclas 0..7 podemos cambiar el estado de los bits del puerto activo (El Puerto A o el puerto E). Para elegir el puerto activo se utiliza la tecla 'C'. La información de los motores y de los sensores se recoge en el Puerto A, el Puerto E por ahora no hace falta mirarlo.

Para comprobar los sensores de nuestro microbot fijarse en los recuadros PA0, y PA1, situados dentro del Puerto A. Al pasar por debajo de los sensores un trozo de cartulina blanca con una cinta aislante negra, se observará como el estado de estos bits, cambia de valor según sea blanco o negro lo que esté debajo.

Para comprobar las conexiones de los motores se pueden utilizar las teclas anteriores, (Q,A,O,P), si los sentidos especificados coinciden con los que realiza el microbot se tiene compatibilidad con los programas de este manual. Si algún movimiento no es igual se puede cambiar la conexión de los motores para tener la compatibilidad, o directamente seguir adelante. Si se hace esto último se recomienda apuntar el valor que tienen los bits PA3, PA4, PA5 y PA6 cuando se elige el sentido de marcha recto, izquierda y derecha. El estado de los motores para hacer las pruebas anteriores se puede variar con las teclas 3,4,5 y 6.

