

# Sistema robotizado para soldadura de circuitos impresos

## Automation system for welding of printed circuits

Sebastián R. Cobo<sup>1</sup>, Jair A. García<sup>2\*</sup>, José B. Padilla<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Estudiante de Tecnología en Electrónica, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia.*  
Correo-e: nextpower-09@hotmail.com

<sup>2</sup> *Docente de Tecnología en Instrumentación Electrónica, Universidad del Quindío Armenia, Colombia*

Correo-e: jaigarcia@uniquindio.edu.co

<sup>3</sup> *Docente Investigador, Universidad del Quindío, Armenia, Colombia*

Correo-e: jbpadilla@uniquindio.edu.co

**Resumen**— En este artículo se da a conocer el desarrollo de un brazo robótico implementado con el fin de que sirva para soldar dispositivos electrónicos en los circuitos impresos, el sistema incluye un teclado que permite ingresar las coordenadas, los rangos de temperatura del caufín permitiendo obtener una soldadura adecuada para cada dispositivo y una pantalla LCD en la que se visualiza en tiempo real todos los datos que se ingresan, la automatización del este sistema se hizo usando el PIC 16F877A de la empresa Microchip

**Palabras clave**— brazo robótico, temperatura, soldadura, coordenadas.

**Abstract**— This article discloses the development of a robotic arm implemented in order to serve for soldering electronic devices in the circuit board, the system includes a keypad for inputting coordinates, temperature ranges can benefit soldering iron welding appropriate for each device and a LCD screen that displays real-time all the data are entered, the automation of this system was done using the PIC 16F877A Microchip Company.

**Key Word** — robotic arm, temperature welding, coordinates.

## I. INTRODUCCIÓN

Por siglos el ser humano ha buscado mejorar continuamente los procesos industriales, por lo tanto se ha dado a la tarea de construir prototipos que imitan partes del cuerpo humano y permitan realizar actividades que por lo regular se desarrollan manualmente, ayudando a las personas a mejorar la calidad en la manufactura de un producto, ahorrando así tiempo en el desarrollo de una función.

El inicio de la robótica actual puede fijarse en la industria textil del siglo XVII, cuando Joseph Jacquard inventa en 1801

una maquina textil programable mediante tarjetas perforadas. Durante los siglos XVII y XVIII en Europa se construyeron muñecos mecánicos muy ingeniosos que tenían algunas características de lo que hoy día se conoce como robot. La palabra checa 'Robota' significa servidumbre o trabajador forzado, y cuando se tradujo al inglés se convirtió en el término robot.

La implementación de brazos robóticos en procesos industriales es una ayuda muy significativa en el desarrollo de procesos óptimos que evitan al máximo el riesgo humano, además de ser una herramienta eficaz y exacta para que los elementos a desarrollar tengan la precisión y la calidad necesarias.

La soldadura por fusión de estaño es la más utilizada en la electrónica. Esta aleación Estaño/Plomo (Sn/Pb) 60/40 proporciona una transición de solido a liquido lo suficientemente rápida para las aplicaciones en esta área, ya que su punto de fusión empieza a los 183 grados, por lo tanto sigue siendo la base de todas las aplicaciones y desarrollos electrónicos que necesariamente es una práctica que requiere delicadeza, precisión y habilidad debido a la fragilidad de muchos componentes y sus dimensiones que en algunas ocasiones llegan a ser milimétricas, por esta razón un brazo robótico que desarrolle esta operación será de gran ayuda debido a que tradicionalmente ha sido una práctica manual.

Para el desarrollo de este sistema se hizo una aplicación usando el PIC 16F877A de la empresa Microchip, que permitió automatizar el sistema, monitoreando la señal de temperatura y controlando el brazo robótico y la visualización.

## II. MARCO TEÓRICO

### A. Dispositivo procesador de señal

El sistema de Automatización, cuenta con un PIC 16F877A que cumple la función de unidad de adquisición, procesamiento y análisis de las señales provenientes del sensor, igualmente permite controlar los movimientos del brazo robótico. El microcontrolador PIC, es un circuito integrado de alta escala de integración que incorpora la mayor parte de los elementos que configuran un controlador y que contiene todos los componentes fundamentales de un ordenador, aunque de limitadas prestaciones y que se suele destinar a gobernar una sola tarea [1].

En su memoria sólo reside un programa que controla el funcionamiento de una tarea determinada, sus líneas de entrada/salida se conectan a los sensores y actuadores del dispositivo a controlar y, debido a su pequeño tamaño, suele ir integrado en el propio dispositivo al que gobierna.

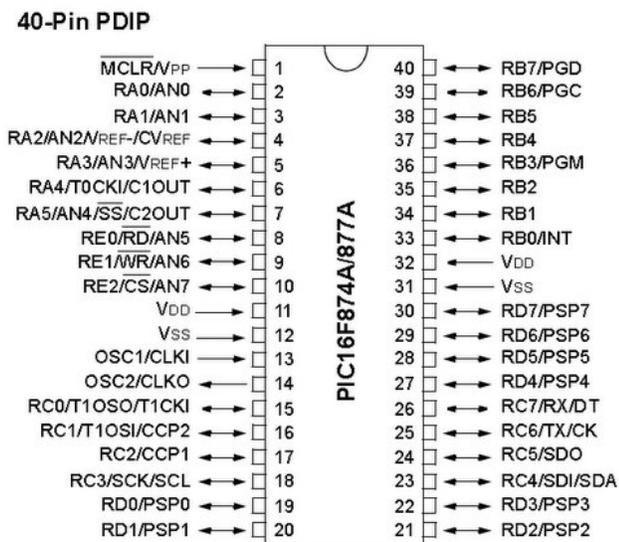


Figura 1. Diagrama de pines PIC 16F877A

Fuente: Data Sheet PIC16F877A [1]

Algunas de las características más sobresalientes del PIC 16F877A son:

- Arquitectura de 8 bits.
- Memoria FLASH de 32 kB.
- Memoria de datos EEPROM de 256 B.
- Memoria RAM de 2 kB.
- Encapsulado de 40 pines, de los cuales 35 son de entrada-salida divididos en 5 puertos.
- 75 instrucciones, 83 si se activan las instrucciones extendidas.

- Frecuencia máxima del oscilador principal de 48 MHz, proporcionando un máximo de 12 MIPS (Mega 4 Instrucciones Por Segundo).
- Oscilador interno configurable entre 32 kHz y 8MHz.
- 12 configuraciones para el oscilador.
- Tecnología nanoWatt incluida.
- 2 comparadores.
- Convertidor analógico-digital,
- Módulo USART.

Este PIC está basado en la arquitectura Harvard; hablar sobre este microcontrolador da para muchas páginas, por esto sólo se detalla lo más importante para el desarrollo de este trabajo.

Este PIC cuenta con 5 puertos nombrados como A, B, C, D y E respectivamente como se muestra en la figura 1.

### B. Brazo Robótico

La estructura mecánica del manipulador puede ser tan variada como los fabricantes que las hacen. En la figura 2. Se ilustra la analogía entre un brazo humano y lo que podría ser un brazo robótico, está formado por los siguientes elementos: estructura mecánica, transmisiones, actuadores, sensores, elementos terminales y controlador. Sin embargo la constitución física de la mayor parte de los robots industriales guarda cierta similitud con la anatomía de las extremidades superiores del cuerpo humano, por lo que, en ocasiones, para hacer referencia a los distintos elementos que componen el robot, se usan términos como cintura, hombro, brazo, codo, muñeca, etc.

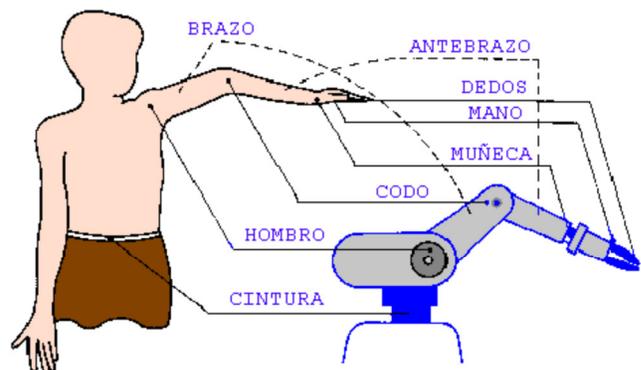


Figura 2. Analogía entre el cuerpo humano y un robot industrial.

Fuente: Proyecto final brazo robótico [2]

Para el caso particular de un brazo robótico generalmente se pueden distinguir cuatro partes principales en la base, el cuerpo, el brazo y el antebrazo.

Las articulaciones entre las distintas partes rígidas del brazo pueden ser giratorias (como las del brazo humano) o deslizantes (si hay traslación de las partes). El número de elementos del brazo y sus articulaciones determinan una característica propia de cada robot. Al número de

movimientos espaciales independientes entre sí se le denomina grados de libertad [3].

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

En la actualidad encontramos muchos tipos de brazos robóticos dependiendo el área en la que se necesite por ejemplo:

- Brazos robóticos industriales [4]
- Brazos robóticos ortopédicos [5]
- Brazos robóticos militares [6]
- Brazos robóticos didácticos [7]

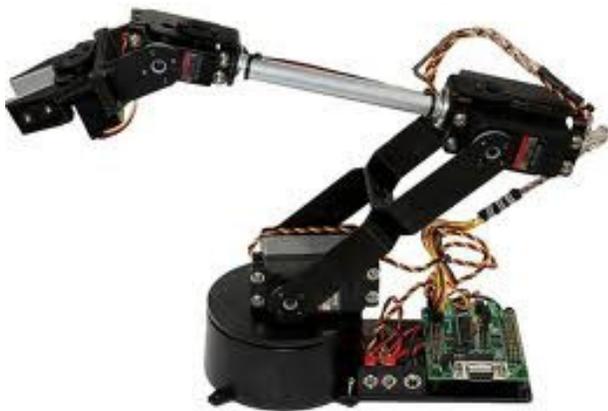


Figura 3. Brazo robótico didáctico  
Fuente: Página de internet [7]

C. Sensor de temperatura

Para la medida de esta variable se implementó el LM35 de la NATIONAL, que entrega una variación de voltaje de 10mV/°C, presentando un comportamiento lineal, como se aprecia en la Figura 4.

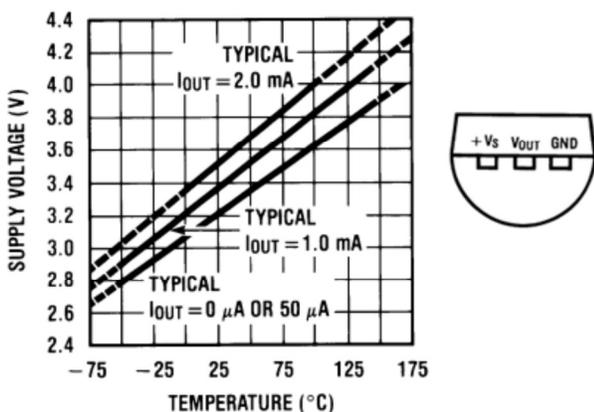


Figura 3. Gráfica del comportamiento del sensor LM35.  
Fuente: Data Sheet LM35 [8]

D. Etapa de control de movimiento

Una etapa de control de movimiento es la parte final de este sistema ya que es la que lleva a cabo la función de depositar el punto de soldadura en el circuito impreso; y está controlada por un microcontrolador, un driver (L293) y finalmente los servomotores que es la parte motriz o brazo robótico. Para el desarrollo de esta etapa, se debe tener en cuenta el tipo de servomotores a utilizar para mejorar la precisión de cada uno de los grados de libertad, en este proyecto se tiene un brazo que cuenta con 6 grados de libertad para el cual se necesita mucha precisión y torque. El funcionamiento de los servomotores se debe hacer a través de un programa con el cual se controla un puente H L293 (figura 4). El cual nos permite controlar mejor la corriente y cada uno de los grados que gira el motor.

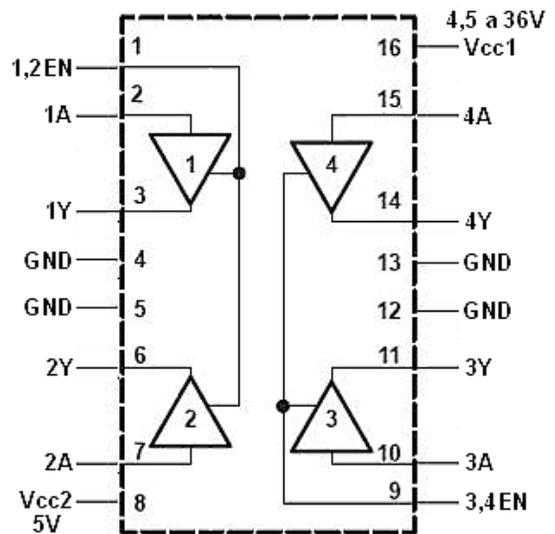


Figura 4. Diagrama de pines L293  
Fuente: Data Sheet L293 [9]

Un servomotor es un dispositivo pequeño similar a un motor de corriente continua, que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición al enviar una señal PWM. Está conformado por un motor, una caja reductora y un circuito de control. Con tal de que una señal PWM exista en la línea de entrada, el servo mantendrá la posición angular del engranaje. Cuando la señal PWM cambia, la posición angular de los piñones cambia. En la práctica, se usan servos para posicionar superficies de control como el movimiento de palancas, pequeños ascensores y máquinas de alta precisión. (Figura 5).

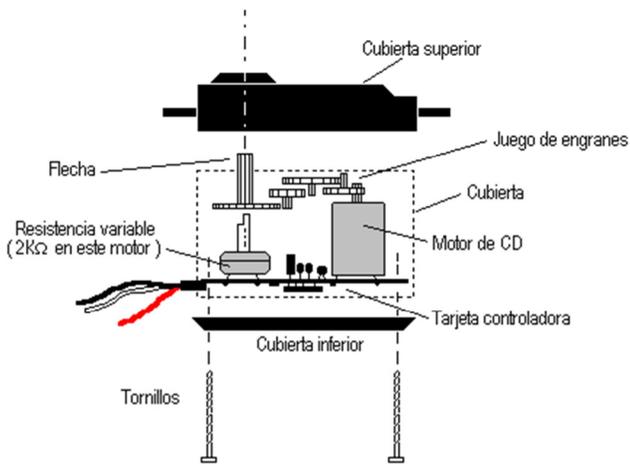


Figura 5. Estructura interna de un servomotor  
Fuente: Página de internet [10]

El tiempo de OFF en el servo no es crítico; puede estar alrededor de los 20 ms. En el presente proyecto se usó entre 1ms y 2 ms. Esto no tiene que ser de ésta manera, puede variar de un pulso a otro. Los pulsos que ocurren frecuentemente en el tiempo de OFF pueden interferir con el sincronismo interno del servo y podría escucharse un sonido de zumbido o alguna vibración en el eje. Si el espacio del pulso es mayor de 3 ms (depende del fabricante), entonces el servo podría estar en modo SLEEP entre los pulsos. Entraría a funcionar en pasos pequeños y el rendimiento no sería el óptimo (figura 6).

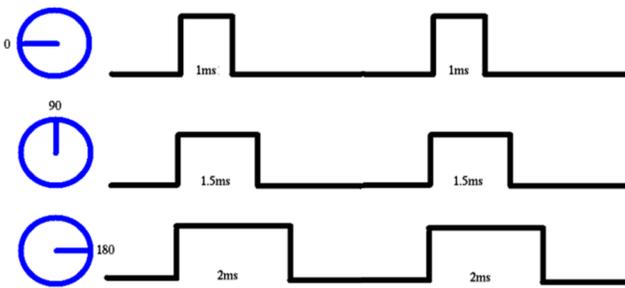


Figura 6. Ciclos del servomotor

**E. Montajes y experimento**

En la figura 7 se presenta un diagrama de bloques que describe el sistema de automatización implementado:

En la primera etapa ingresamos los datos que son:

- Las coordenadas del eje X y el eje Y.
- El rango de temperatura (máxima y la mínima) a la cual se desea el caufín, está depende del tipo de elemento a soldar.

Estos datos los ingresamos por medio de un teclado matricial, los cuales se pueden visualizar en una pantalla LCD 2X16 al igual que la temperatura real; que en nuestro caso la

utilizamos a 4 bits por comodidad de programación y de diseño, al ingresar el último dato que es la temperatura mínima nuestro brazo espera la orden que se genera al estar igual la temperatura máxima (ingresada por el usuario) a la real, para así llevar a cabo todo el procedimiento.

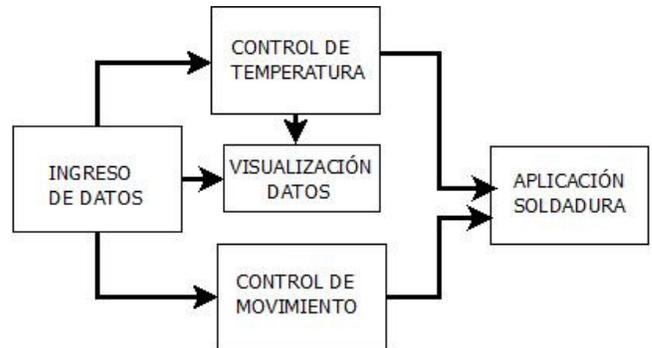


Figura 7. Diagrama de bloques del sistema de automatización

En la Figura 8, se aprecia una respuesta lineal del sensor implementado con una variación de 10 milivoltios por cada grado centígrado como lo indica el fabricante.

En la ecuación 1 se describe el comportamiento de este sensor.

$$V = 0,01003 T + 0.00356 \tag{1}$$

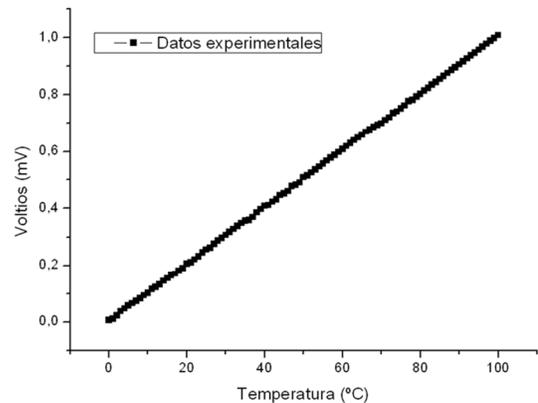
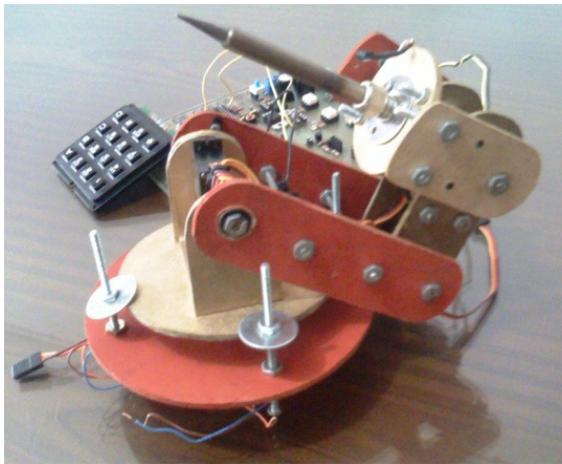
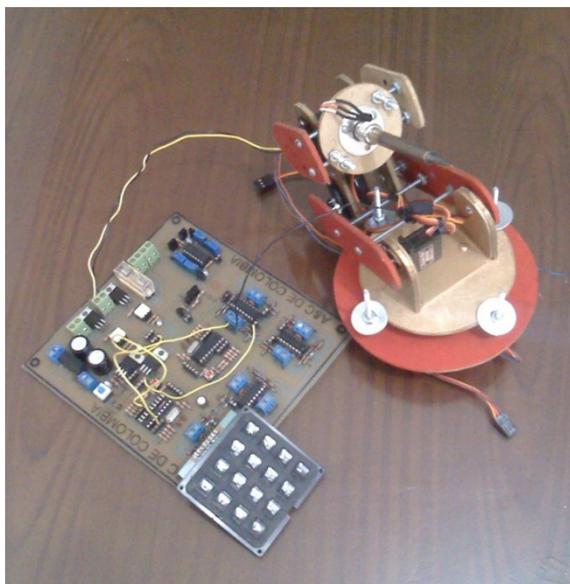


Figura 8. Respuesta del sensor LM35

Finalmente en las figuras 9a y 9b se ilustran el sistema completo con el cual se puede soldar un circuito impreso.



a.



b.

Figura 9. Sistema para soldadura de circuitos impresos

### III. CONCLUSIONES

Se logró obtener una precisión de un 90% en su primer punto de soldadura de estaño; para tener esta precisión caracterizamos los servomotores que utilizamos al igual que corregimos los PWM en la parte de programación ya que en la ficha técnica de los servomotores nos dan las indicaciones de cómo deben ser los ciclos para los motores, al igual que con el sensor de temperatura. Para poder obtener un óptimo funcionamiento al calentar el caudín tuvimos que modificar la fórmula aplicada al ADC del microcontrolador ya que se nos desbordaba la información y el microcontrolador se nos bloqueaba.

Gracias al desarrollo de este proyecto nos pudimos dar cuenta que el área de robótica influye y es necesaria en muchos campos ya que este tipo de brazo se puede implementar para

el área de medicina, la industria, el área pedagógica entre otras. Además estos brazos se pueden utilizar en áreas en la que la vida humana puede estar en peligro.

### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los integrantes del Grupo de Investigación en Desarrollos Tecnológicos GIDET, adscrito al programa de Tecnología en Instrumentación Electrónica de la Universidad del Quindío y aquellos que han colaborado independientemente en los desarrollos mencionados.

### REFERENCIAS

- [1] Microcontroladores. [Sitio en Internet] Disponible: <http://perso.wanadoo.es/pictob/microcr.htm>. (25/04/14).
- [2] Arenas Velazques Juan Jeronimo, Cuero Medina Jorge, Morales Carrera Diego Esau. Proyecto final “Brazo Robótico”. Universidad del Valle de Mexico.
- [3] Estrella Estrella Edison Santiago. Diseño y Construcción de un robot para la manipulación de explosivos. Pontificia Universidad Católica Del Ecuador Sede Ambato. 2013.
- [4] [www.tecnodepunta.com/robots-industriales-brazos-robot-para-pintar-paletizar-soldar-manipular-etc/](http://www.tecnodepunta.com/robots-industriales-brazos-robot-para-pintar-paletizar-soldar-manipular-etc/). (25/04/14)
- [5] [www.uimp.es/blogs/valencia/2012/09/13/creando-dialogos-entre-cerebro-y-maquinas/](http://www.uimp.es/blogs/valencia/2012/09/13/creando-dialogos-entre-cerebro-y-maquinas/). (25/04/14)
- [6] [www.robotikka.com/8254/la-policia-utiliza-robot-para-desactivar-coche-bomba/](http://www.robotikka.com/8254/la-policia-utiliza-robot-para-desactivar-coche-bomba/) (25/04/14)
- [7] [www.elotrolado.net/hilo\\_hilo-oficial-de-robotica\\_1535709](http://www.elotrolado.net/hilo_hilo-oficial-de-robotica_1535709) (25/04/14)
- [8] [datasheet-pdf/view/8866/NSC/LM35.html](http://datasheet-pdf/view/8866/NSC/LM35.html)
- [9] [users.ece.utexas.edu/~valvano/Datasheets/L293d.pdf](http://users.ece.utexas.edu/~valvano/Datasheets/L293d.pdf).
- [10] [www.infoab.uclm.es/labeledc/solar/electronica/elementos/servomotor.htm](http://www.infoab.uclm.es/labeledc/solar/electronica/elementos/servomotor.htm)”.
- [11] O. A. Henao H., J.P. Jiménez J., J. B. Padilla B. “Plataforma de Monitoreo de Variables Físicas con dsPIC”s
- [12] [sscembebidos.blogspot.com/2012/06/uc-developmentsystem.html](http://sscembebidos.blogspot.com/2012/06/uc-developmentsystem.html)
- [13] [blu180@mail.live.com/mail/ViewOfficePreview.aspx?messageid=mgRKArNSHM4xGPrgAcxO2nQg2&folderid=flinbox&attindex=1&cp=-1&attdepth=1&n=27964975](mailto:blu180@mail.live.com/mail/ViewOfficePreview.aspx?messageid=mgRKArNSHM4xGPrgAcxO2nQg2&folderid=flinbox&attindex=1&cp=-1&attdepth=1&n=27964975)

[8][pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/16752/PHILIPS/BT136-500.html](http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/16752/PHILIPS/BT136-500.html)

[9] O. A. Henao H., J.P. Jiménez J., J. B. Padilla B. “Unidad móvil para el monitoreo de variables físicas Robot-1”. Agosto 2008.

[10][www.frsn.utn.edu.ar/frsn/departamentos/mecanica/subir/images%5C176%5CBRAZO%20ROBOTICO.pdf](http://www.frsn.utn.edu.ar/frsn/departamentos/mecanica/subir/images%5C176%5CBRAZO%20ROBOTICO.pdf)