

## DESARROLLO

# DISEÑO DE UNA CABEZA ROBOTICA CAPAZ DE RESPONDER A ESTIMULOS ACUSTICOS

Francisco Franco<sup>1</sup>, Carlos Santacruz<sup>2</sup>, Omar Alejandro Sotelo<sup>3</sup>, Santiago Vejarano<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Docente, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

<sup>2</sup> Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Énfasis Telecomunicaciones, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

<sup>3</sup> Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Énfasis Telemática, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

<sup>4</sup> Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, Énfasis Telecomunicaciones, Universidad del Cauca, Popayán, Colombia

Recibido: 30 de Mayo de 2010; Revisado: 16 de Junio de 2010; Aceptado: 14 de Julio de 2010

**Resumen—** Este artículo describe el proceso de diseño e implementación de una cabeza robótica, la cual es un sistema autónomo capaz de responder a estímulos producidos por la voz humana. Se detallan los procesos desarrollados así como el software utilizado para el diseño, simulación e implementación.

**Palabras Clave:** Audio, Control, Microcontrolador, Motor, PWM, Robot, Señal, Software

**Abstract—** This article describes the process of designing and implementing a robotic head, which is an autonomous system capable of responding to stimuli produced by the human voice. It details developed processes and software used to design, simulation and implementation

**Keywords:** Audio, Control, Microcontroller, Motor, PWM, Robot, Signal, Software

## I. INTRODUCCIÓN

Este artículo muestra desarrollos para un proyecto de robótica, que si bien no refleja los grandes avances realizados en esta área, es una evidencia de la facilidad actual de crear sistemas capaces de simular comportamientos humanos y capaces de tomar decisiones basados en estímulos externos, como se evidencia en los resultados mostrados en [1],[2] y [3].

El objetivo de este proyecto es el diseño y la implementación de una cabeza robótica capaz de dar respuesta a estímulos producidos por la voz humana, esta respuesta se evidencia mediante la rotación de está en búsqueda de la fuente de sonido acompañada del movimiento de los ojos y la expresión de un estado de ánimo. Para lograr que el sistema capte las señales producidas por la voz humana se hizo uso de micrófonos

direccionales tipo electret, estos realizan las tareas del oído humano. Una vez obtenida esta señal es amplificada con el fin de alcanzar los niveles necesarios para que posteriormente sea procesada por un dispositivo programable.

La cabeza posee 2 grados de libertad, uno de ellos aportado por el movimiento del cuello, el cual permite la rotación sobre el eje horizontal y el otro evidenciado en el movimiento vertical de los ojos. A pesar de que la cabeza es una estructura muy básica se logran apreciar rasgos faciales propios del ser humano como lo son ojos, boca, párpados y orejas los cuales son controlados en su totalidad mediante un microcontrolador PIC 18F242 cuyo software de control se desarrollo en el lenguaje de programación C/C++.

## II. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

### *Diseño estructura de la cabeza*

El diseño estructural de la cabeza se desarrollo en Autodesk Inventor 2010, el cual es un software para el diseño y modelado de sólidos en 3D, para entender su funcionamiento se hizo uso de manuales [4] y [5] los cuales facilitaron su aprendizaje.

Este programa permite la construcción de cada una de las piezas por separado y a su vez brinda la posibilidad de integrarlas en una pieza más compleja, de esta manera se realizo el modelado de cada una de las partes que componen la cabeza como ojos, boca, orejas, cuello y cada una de las piezas que constituyen la estructura de soporte de estas, posteriormente se integraron todas las piezas y se logro la estructura deseada como se aprecia en la figura 1.

Adicionalmente cabe resaltar que esta herramienta software permite la generación del plano en diferentes perspectivas y con sus respectivas dimensiones, lo que es una ventaja al momento de realizar cada una de las piezas diseñadas con esta herramienta

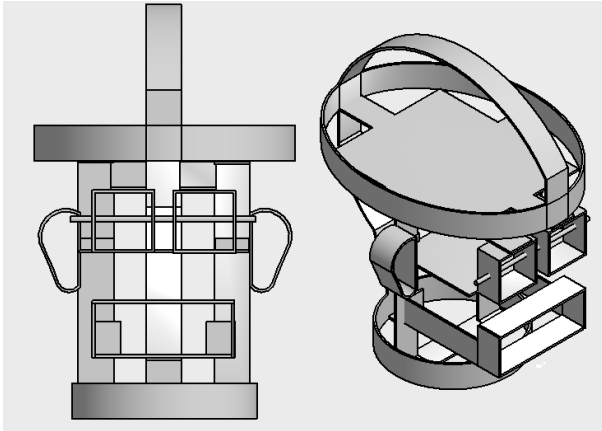


Fig. 1. Diseño final de la cabeza Autodesk Inventor. En la parte izquierda de la figura se aprecia la vista frontal y en la derecha la vista en perspectiva del modelo desarrollado.

Una vez elaborado el diseño y sus respectivos planos se procedió a la construcción física de la cabeza, para esto se utilizó aluminio de 25mm de ancho y 3mm de espesor, acrílico de 2mm de espesor, y remaches de 5/8, el resultado de este proceso se muestra en la figura 2.

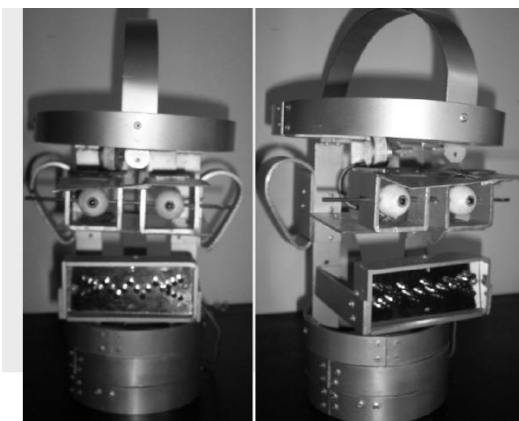


Fig. 2. Estructura Cabeza. En la parte izquierda de la figura se aprecia la vista frontal y en la derecha la vista en perspectiva de la estructura construida.

#### A. Rasgos faciales

Uno de los requerimientos del diseño del sistema es la

inclusión de movimientos y rasgos que asemejen un rostro humano, para lograr este efecto se implementaron rasgos como boca, parpados, orejas, ojos y cuello.

- *Boca:* Con el fin de lograr los diferentes estados de ánimo serio, triste, enojado y feliz, se desarrolló un circuito compuesto por Leds ubicados de forma organizada, los cuales al recibir el estímulo de corriente necesario para su funcionamiento van a encenderse mostrando alguno de estos cuatro estados de ánimo de manera aleatoria, esto ocurre cuando el robot logre localizar la fuente de sonido.

Para su construcción se utilizaron 23 Leds y se montaron en una placa de cobre impresa. Su diseño y simulación fueron elaborados en la suite de diseño Proteus mas específicamente con el Isis 7 y el Ares 7 respectivamente, el resultado de estas se observa en la figura 3.

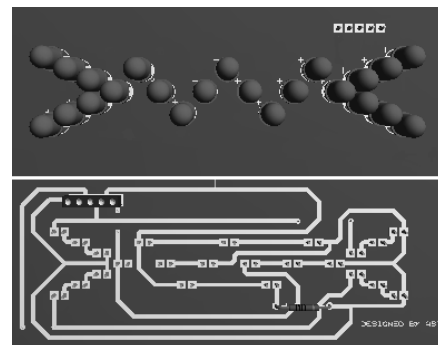


Fig. 3. Simulación Boca. En la parte superior de la figura se aprecia la distribución de los Leds que componen la boca y en la inferior el circuito impreso.

- *Parpados:* Constan de dos laminas delgadas (una para cada ojo) que abren y cierran cada 10s, el tiempo de parpadeo es aproximadamente de un segundo, este movimiento se realiza mediante la rotación de un motor paso a paso controlado por el microcontrolador.
- *Orejas:* Este rasgo se usa como soporte a los micrófonos, están ubicados a los lados de la cabeza robótica y su posición da una referencia igual para cada micrófono, es decir, todos los micrófonos se ubican sobre un mismo plano, lo que garantiza medidas exactas del nivel de señal que llega a un micrófono con respecto a otro. En total se utilizan 4 micrófonos y las señales resultantes son procesadas por un circuito de filtrado y amplificación (figura 4) compuesto

principalmente por un amplificador operacional LM386, resistencias y capacitores que amplifican la señal de entrada 50 veces, para que posteriormente sean procesadas y comparadas por el microcontrolador y tome una decisión según el software de programación.

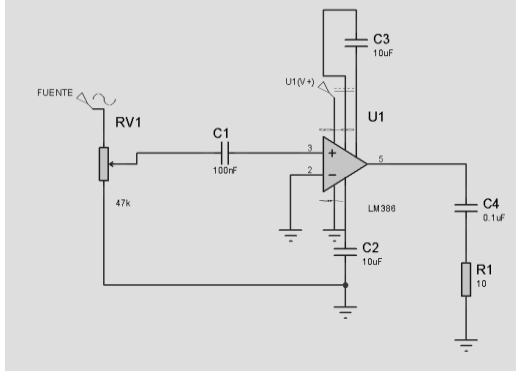


Fig. 4. Circuito la amplificación y filtrado básico de la señal dada por el sensor.

- **Ojos:** Están formados por dos esferas ubicadas en unas cavidades localizadas en la parte centro-superior de la cabeza robótica, su función es enfocar la fuente de sonido sobre un eje vertical, es decir la rotación de los ojos ubica al objetivo por encima o por debajo de una línea de referencia ubicada a los 0° y variara entre un ángulo máximo de 45° y mínimo de -45°, como se ve en la figura 5. La rotación de los ojos se logra con el movimiento de un servomotor controlado por el microcontrolador.

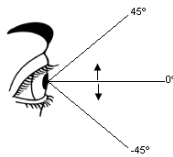


Fig. 5. Angulo de visión para el robot.

- **Cuello:** Está formado por la base de la cabeza robótica y un soporte giratorio que permite la movilidad de la cabeza. Su función es enfocar la fuente de sonido sobre un eje horizontal, es decir la rotación del cuello ubica al objetivo a la derecha o a la izquierda de una línea de referencia ubicada a los 0°, variando entre un ángulo máximo de 60° y mínimo de -60°, como puede apreciarse en la figura 6. La rotación del cuello se logra con el movimiento de un servomotor controlado por el microcontrolador.

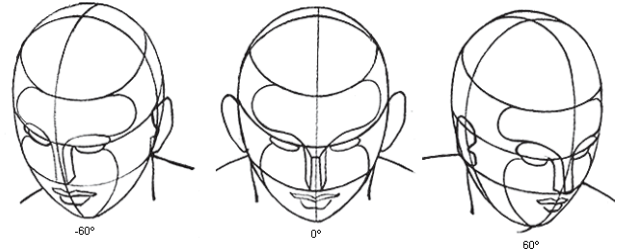


Fig. 6. Ángulos de rotación máximos de la cabeza.

### B. Sistema motriz

Como se ha mencionado anteriormente los movimientos de la cabeza, de los ojos y de los párpados se logran con el uso de dos servomotores y un motor paso a paso respectivamente, por esto es de gran importancia explicar el funcionamiento de estos dos tipos de motores.

- **Motor Paso a Paso:** Es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, lo que significa que es capaz de avanzar una serie de grados (paso) dependiendo de sus entradas de control. El motor paso a paso se comporta de la misma manera que un convertidor digital-analógico y puede ser gobernado por impulsos procedentes de sistemas lógicos [6].

El motor paso a paso utilizado es el PM25L-024 de la empresa MINEBEA ELECTRONICS CO LTD, el cual se observa en la figura 7 y cuyas especificaciones se encuentran en la tabla 1.



Fig. 7. Motor PM25L-024 utilizado para el accionamiento.

TABLA 1 ESPECIFICACIONES DEL MOTOR PM25L-024		
Motor Size	PM25L-024	
Number of Steps per Rotation	24(15°/Step)	
Drive Method	2-2 PHASE	
Drive Circuit	UNIPOLAR CONST. VOLT.	BIPOLAR CHOPPER
Drive Voltage	12[V]	24[V]
Current/Phase	600[mA]	
Coil Resistance/Phase	50[Ω]	8[Ω]
Drive IC	25C3346	UDN2916B-V
Magnet Material	Polar anisotropy ferrite sintered magnet (MS50) Nd-Fe-B bonded magnet (MS70)	
Insulation Resistance	100M[Ω] MIN	
Dielectric Strength	AC 500[V] 1[min]	
Class of Insulation	CLASS E	
Operating Temp.	-10[°C] ~ 50[°C]	
Storage Temp.	-30[°C] ~ 80[°C]	
Operating Hum.	20[%] RH ~ 90[%] RH	

- Servomotor:** Es un pequeño pero potente dispositivo que dispone en su interior de un pequeño motor con un reductor de velocidad y multiplicador de fuerza. El recorrido del eje de salida es de 180° en la mayoría de ellos. El Servomotor utilizado es el T-PRO SG5010, el cual se observa en la figura 8 y cuyas especificaciones se encuentran en la tabla 2.



Fig. 8 Motor T-PRO SG5010, servomotor para el accionamiento de las articulaciones.

TABLA 2 ESPECIFICACIONES DEL SERVO SG5010 weight- 38g	
Dimension	40.2x20.2x43.2mm
Stall torque	3.1kg/cm(4.8V); 4.5kg/cm(6V);
Operating speed	0.17sec/60degree(4.8v); 0.4sec/60degree(6v)
Operating voltage	4.8-6V
Temperature range	0°C_ 55°C
Dead band width	20us

El control de posición lo efectúa internamente mediante un potenciómetro que va conectado mecánicamente al eje de salida y controla un PWM (modulador de anchura de pulsos) interno para así compararlo con la entrada PWM externa del servo (pulso PWM mostrado en la figura 9), mediante un sistema diferencial, y así modificar la posición del eje de salida hasta que los valores se igualen y el servo pare en la posición indicada, en esta posición el motor del servo deja de consumir corriente y tan solo circula una pequeña corriente hasta el circuito interno, si se trata de forzar el servo (moviendo el eje de salida con la mano) en este momento el control diferencial interno lo detecta y envía la corriente necesaria al motor para corregir la posición.

Para controlar un servo se tendrá que aplicar un pulso de duración variable y una frecuencia de 20ms constantemente. Todos los servos disponen de tres cables dos para alimentación Vcc y Gnd y otro cable para aplicar el tren de pulsos de control que harán que el circuito de control diferencial interno ponga el servo en la posición indicada por la anchura del pulso [7].

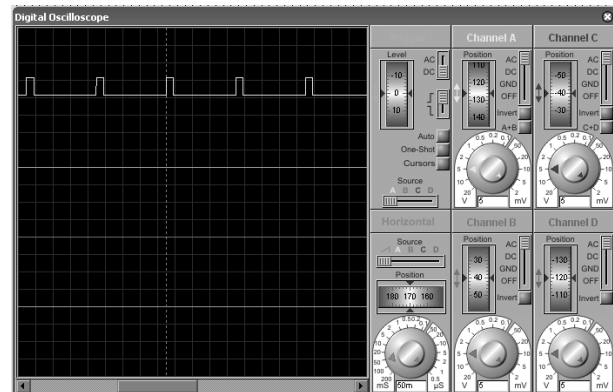


Fig. 9. Tren de Pulsos PWM. En la figura se aprecia la señal obtenida en el simulador Proteus Isis 7

*C. Software de control*

Todas la tareas descritas en el literal B. son controladas por un software implementado en el lenguaje C/C++, la principal tarea de este software es recibir las señales eléctricas provenientes de los micrófonos y hacer una comparación entre los niveles de amplitudes de estas.

Como primera medida compara un micrófono de la derecha con uno de la izquierda y evalúa cual de las dos señales llega con mayor amplitud, de esta forma sabrá de qué lado se encuentra la fuente que generó el estímulo auditivo, posteriormente a la identificación del lado

procede a realizar la resta entre los niveles de las señales de los micrófonos, de esta forma sabrá de una manera más precisa en qué posición del lado ya seleccionado se encuentra el objetivo, ya habiendo ubicado al objetivo enviara un tren de pulsos PWM al servomotor quien hará girar el cuello a la posición deseada, mientras la cabeza gira el software compara los dos micrófonos del lado seleccionado los cuales están ubicados sobre un mismo eje vertical separados a una distancia prudente, se procede a realizar un proceso semejante, identificando si se encuentra arriba o debajo de la línea de referencia de cero grados mostrada en la figura 5 y con el resultado de la resta de los niveles de amplitud de las señales ubicara con mayor precisión al objetivo, posteriormente enviara el tren de pulsos PWM correspondientes para la posición deseada lo que genera el movimiento en el eje vertical de los ojos. Una vez los servomotores lleguen a sus posiciones se elegirá un estado de ánimo mediante una función random implementada en el software de control y que será mostrada en los Leds de la boca, con el envío de un pulso que durara lo que la cabeza dure viendo al objetivo. Además de las tareas descritas anteriormente simultáneamente se estará haciendo un conteo permanente para saber que cada 10 segundos debe enviar una señal para realizara el parpadeo explicado en el literal B.

### III. CONCLUSIONES

Para la creación de estructuras tan complejas y con tantas piezas es necesario realizar el diseño de la estructura, esto es posible mediante el uso de software de modelado en 3D, que permita la elaboración y manipulación de cada una de las piezas por separado con el fin de incrementar la precisión en el diseño, lo que lleva a una mejor utilización de los recursos.

Por otra parte el uso de programas como ISIS para la simulación del comportamiento de sistemas y ARES para la creación y modelado 3D de circuitos facilitan el trabajo al desarrollador logrando con esto disminuir los tiempos de diseño, desarrollo e implementación además de la fácil detección de errores.

Como se logra observar en las figuras 1 y 3 estos programas logran llevar el modelado virtual a una aproximación bastante certera a la realidad.

### IV REFERENCIAS

- [1] E. Paz Domonte, J. Pérez Castro, J. López Fernández, R. Sanz “*Diseño de una cabeza robótica para el estudio de procesos de interacción con personas*”. XXV Jornadas de Automatica Ciudad Real, 8 al 10 de Sep. 2004
- [2] C. Díaz, S. Puente, F. Torres, “*Interacción hombre robot trabajando cooperativamente en una celda de desensamblado automático.*”, XXVII Jornadas de Automatica 2006
- [3] I. Lafoz “*Robots Personales Interacción emocional Hombre-Robot*”, T.D Departamento de Automatica, Ingenieria Electronica e Informatica Industrial, Octubre 2002
- [4] Autodesk Inventor, ARTS Instituto de computación Grafica, Manual de usuario
- [5] Para Empezar Autodesk Inventor 9, AUTODESK INC. Manual de usuario
- [6] [http://es.wikipedia.org/wiki/Motor\\_paso\\_a\\_paso](http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_paso_a_paso), Junio 2010
- [7] <http://www.x-robotics.com/motorizacion.htm>, Junio 2010.