



Enseñanza del Alfabeto Dactilológico Mediante el Empleo de LabVIEW y una Mano Robótica.

J. J. A. Alcantar-Calvillo, G. R. Peñaloza-Mendoza, P. Y. Melgoza-Rivera, C. Arriga-Leal, F. Maciel Maldonado,

Departamento de Ingeniería Biomédica, Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro, Pátzcuaro, Michoacán, México

Resumen— La discapacidad auditiva es una discapacidad que no se ve, por lo cual, no se tiene la misma concientización con ella como con otras discapacidades. Por lo cual, este trabajo tiene como principal objetivo diseñar un dispositivo que permita la enseñanza del alfabeto dactilológico a personas que presentan deficiencia auditiva y a sus familiares a través de juegos y una mano robótica. El dispositivo cuenta con una interface, realizada en el software LabVIEW, prevista de dos opciones, una de las cuales permite enviar las letras a la mano robótica para que ésta las realice en lenguaje dactilológico y la otra es para adivinar una letra que la mano robótica realice aleatoriamente. La mano robótica es formada por 5 servomotores para lograr los movimientos básicos de los dedos y realizada por medio de impresión 3D.

Palabras clave—Discapacidad Auditiva, Lenguaje Dactilológico, Mano Robótica

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), en México un 12.1% de la población total tiene problemas auditivos, esto es, alrededor de 700,000 personas en México [1] y a nivel mundial más de 278 millones de personas presentan sordera moderada o profunda [2]. Una de las principales limitaciones que estas personas presentan es su desenvolvimiento al interactuar con otras que no padecen esta discapacidad, debido a que se les dificulta el transmitir una idea y así mismo se encuentra presente la dificultad para darse a entender de los que no padecen la discapacidad.

Por esto, se plantea la necesidad de desarrollar un dispositivo que permite la enseñanza del lenguaje dactilológico a través de la enseñanza del alfabeto, para desarrollar habilidades en las personas que presentan esta discapacidad o para personas que simplemente quieren aprender. La dificultad existente para padres de familia, hermanos, amigos, entre otros de comunicarse con una persona con discapacidad auditiva y viceversa, da la necesidad de encontrar medios con los cuales comunicarse, tales como dibujos o señas que entre ellos usan, pero cuando se involucra a la sociedad se requiere contextualizar todo a estándares, por lo cual es primordial enseñar a estas personas a usar el lenguaje dactilológico, para que su desarrollo en la sociedad sea lo mejor posible para todos. Enfocado a niños principalmente, el prototipo se encuentra desarrollado mediante una interface simple, que permite enviar información a una mano robótica para que realice las señas, así mismo, permite jugar a adivinar la seña realizada por la

mano robótica que flexionará o extenderá los dedos de acuerdo a la seña a realizar, y calificará los aciertos o errores del usuario.

II. ESTADO DEL ARTE

Las personas que cuentan con una discapacidad auditiva al no poder comunicarse verbalmente emplean movimientos de los dedos de las manos, los cuales, en su forma más elemental son estandarizados por el alfabeto dactilológico, el cual se observa en la Fig. 1. Aun cuando internacionalmente no existe una estandarización de las señas, el alfabeto dactilológico es indistinto e invulnerable a regionalismos [3]. En el caso de la discapacidad auditiva, se ha desarrollado dispositivos que permiten una comunicación fluida entre las personas sordas y las que no lo son, tales como:

- Un dispositivo de reconocimiento de señas, se desarrolló en la Escuela de Ingeniería de Antioquía, el cual se encuentra provisto de seis acelerómetros de tres ejes, cinco de los cuales están ubicados sobre la punta de cada uno de los dedos, y un acelerómetro adicional ubicado sobre el dorso de la muñeca y la información se envía por wifi [4].
- En la Universidad de las Fuerzas Armadas en México se diseñó e implementó un par de guantes intérpretes del lenguaje de señas a lenguaje escrito que consta de sensores flexoresistivos y acelerómetros para la adquisición de datos [5].
- En la Universidad Politécnica Salesiana, de Cuenca, Ecuador se desarrolló un prototipo que tiene como principal objetivo el aprendizaje del alfabeto dactilológico mediante una mano robótica y el reconocimiento de señas mediante una cámara [6].



Fig. 1 Alfabeto dactilológico, conocido como alfabeto de señas.

III. METODOLOGÍA

El proyecto ofrece un medio de aprendizaje del alfabeto dactilológico para ser aplicado en la formación académica de las personas con discapacidad auditiva. Este dispositivo consta de dos partes, las cuales son:

- Una mano robótica que permite imitar el movimiento de las señas del alfabeto.
- Una interface que permite la interacción con la mano robótica, para que esta realice las señas deseadas o permita interactuar adivinando la seña realizada.

A. Diseño de la Mano Robótica

La mano humana es fundamental en la realización de las actividades diarias por lo cual es indispensable contar con ella. Se divide en tres partes: en los carpos y metacarpos que forman la palma de la mano o triángulo de apoyo, en las falanges que forman los dedos o triángulo de movimiento y la parte que une la mano con el antebrazo llamada muñeca [7]. La mano se compone de 27 huesos, de los cuales 14 son falanges y componen los dedos de la mano, mientras que los otros 13 componen la base y palma de la misma, Fig. 2. Los dedos meñique, anular, medio e índice cuentan con 3 falanges (distal, medio y proximal) mientras que el dedo pulgar solamente cuenta con 2 falanges (distal y proximal).

El diseño de la mano robótica debe considerar la forma y el número de falanges necesarias, así mismo se deben considerar los movimientos deseados en la mano, ya que esto determinará los actuadores (motores) a emplear. En este trabajo solamente se consideran movimientos de flexión y extensión en las falanges, lo que permitirá colocar ejes cilíndricos no actuados en las falanges, para generar las articulaciones y solamente un actuador por dedo.

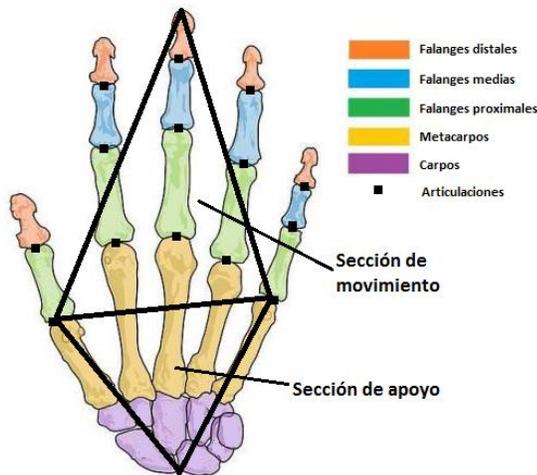


Fig. 2 Composición de la mano y dedos.

La palma de la mano se diseña de tal manera que exista espacio para cada dedo y perforaciones para los hilos que logran el movimiento de los mismos. Para el diseño de la mano, se empleó como herramienta auxiliar un escáner Artec 3D modelo Scanner EVA, con el cual se realizó un escaneo a la mano de un voluntario, extrayendo el contorno de la misma con espacios vacíos donde el escáner no detectó el contorno. El diseño se exportó a SolidWorks para llenar los espacios vacíos, esto generó un modelo cerrado de una sola pieza, que posteriormente se seccionó para realizar los dedos y la palma de la mano. Como resultado se obtuvieron 14 piezas para los dedos, siendo 3 para cada uno a excepción del dedo pulgar que se divide en 2, y una pieza central para la palma de la mano. La Fig. 3 muestra el diseño de la palma de la mano, mientras que la Fig. 4 muestra el diseño de los elementos de los dedos, los cuales corresponden a las falanges de cada uno de ellos. El tamaño real de las piezas en el modelo 3D se muestran en la Tabla 1, la cual enumera las 14 falanges y la palma de la mano, este tamaño es correspondiente a la mano del voluntario que se tomó con el escáner.

Posteriormente estas piezas se realizaron utilizando una impresora 3D modelo Projet MJP 2500, la cual emplea plásticos rígidos para la impresión. El material de construcción presenta características suficientes para permitir una mano robótica duradera, algunas de sus características son: densidad de 1.16 g/cm³, un esfuerzo de tensión de 35-45 MPa, de flexión de 50-60 MPa y una elongación del 20 al 30%. La impresión se realizó en una sola operación, el tiempo total de impresión fue de 18 horas 35 minutos, en los cuales no se cuentan las articulaciones, esto, debido a que la impresora no cuenta con un material flexible que permita el movimiento de los dedos, por lo cual las articulaciones se desarrollaron de manera manual en silicón. El producto terminal se muestra en la Fig. 5



Fig. 3 Piezas de los dedos de la mano.



Fig. 4 Palma de la mano con las uniones para los dedos.



Fig. 5 Ensamble del modelo impreso de la mano.

TABLA 1 Dimensiones de los elementos de la mano robótica.

Elemento	Falange	Radio/Ancho	Largo
Palma	---	90 mm	100 mm
	Proximal	10 mm	30 mm
	Medio	10 mm	22 mm
Índice	Distal	8.5 mm	16 mm
	Proximal	12 mm	32 mm
	Medio	11 mm	25 mm
Medio	Distal	9 mm	17 mm
	Proximal	13 mm	34 mm
	Medio	12 mm	27 mm
Anular	Distal	10 mm	18 mm
	Proximal	11 mm	32 mm
	Medio	11 mm	25 mm
Pulgar	Distal	9 mm	17 mm
	Proximal	10 mm	19 mm

El sistema que genera el movimiento de flexión y extensión, se implementa mediante una tarjeta Arduino con la cual se controlan 5 servomotores mediante PWM (modulación de ancho de pulso). Esto permitirá girar los servomotores hasta el momento que se llegue a la posición deseada, controlando solamente la inclinación de los dedos de la mano mediante un hilo y no directamente cada articulación, lo que nos da las posiciones necesarias de flexión y extensión del lenguaje dactilológico, debido a que, en este no se requiere control sobre cada una de las falanges sino de todo el dedo. La señal de control se envía desde la interface de usuario (explicada posteriormente) identificando cada letra mediante un código binario que determina como se moverá cada servomotor y por consecuencia cada dedo de la mano.

B. Diseño de la Interface de Usuario

La interface de usuario, se encuentra diseñada en LabVIEW, en ella se implementan dos opciones que permitirán el aprendizaje y la evaluación del conocimiento adquirido mediante un juego.

La primera parte de la interface, llamada “Enseñanza”, consta de un grupo de interruptores que permiten seleccionar una letra del alfabeto que se desea que la mano robótica replique, una vez seleccionada, se deberá oprimir el botón “Accionar Mano” el cual mandará vía comunicación serial el movimiento correspondiente a la mano y se visualizará en los dos paneles frontales la letra seleccionada y un animal representativo de la letra, y en el otro la seña equivalente a la letra. En la Fig. 7 se muestra un ejemplo con la letra A. El diagrama de la programación en LabVIEW que otorga el código binario para el movimiento de la mano se muestra en la Fig. 8, en la cual se muestra el teclado alfabético y la conversión al código enviado a Arduino.

La segunda parte de la interface, llamada “Juego”, cuenta con un botón que genera la selección aleatoria de una letra desconocida y la envía a la mano y mediante un cuadro de texto se introduce una letra, la cual debe ser verificada mediante un control booleana y calificada, de ser correcta la selección de la letra aparecerá una imagen de correcto y de ser errónea aparecerá una X. Así mismo, en caso de no conocer la respuesta, se implementó un botón de “Respuesta”, que al oprimirlo aparecerá la letra que la mano robótica está representando. En la Fig. 9 se muestra un ejemplo del uso de la interface.

En ambas interfaces se genera la señal de control identificando cada letra mediante un código binario del 0 al 27 (5 bits), el cual se introduce a una tarjeta Arduino que determina como se moverá cada servomotor y por consecuencia cada dedo de la mano. Los movimientos de cada dedo se engloban en 4 posiciones: extensión (0°), semiextensión (50°), semiflexión (110°) y flexión (180°), los cuales se encuentran relacionados con el ángulo de giro de los servomotores.

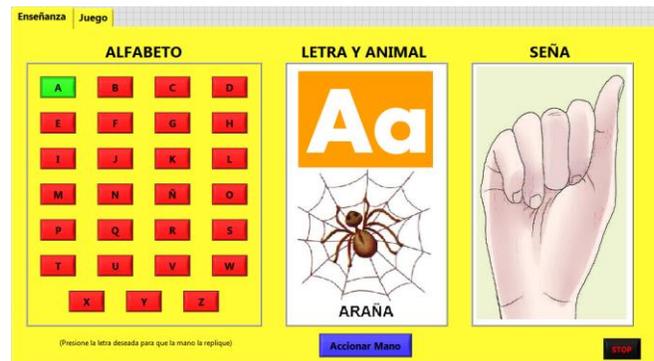


Fig. 6 Ejemplo de la letra A en la interface de Enseñanza.

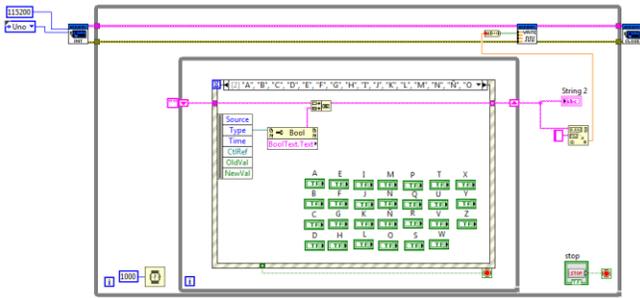


Fig. 8 Interface en LabVIEW para el movimiento de la mano robótica.

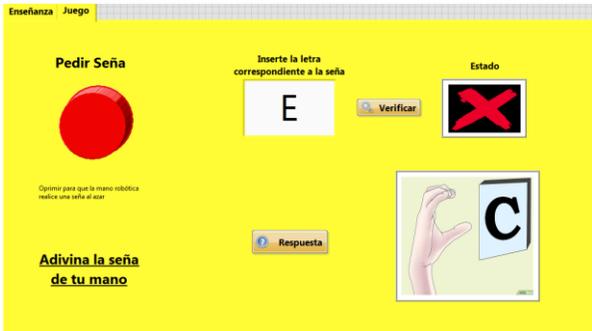


Fig. 9 Interface de juego. Se pide una letra se selecciona incorrectamente la letra E y se pide la respuesta, siendo esta la letra C.

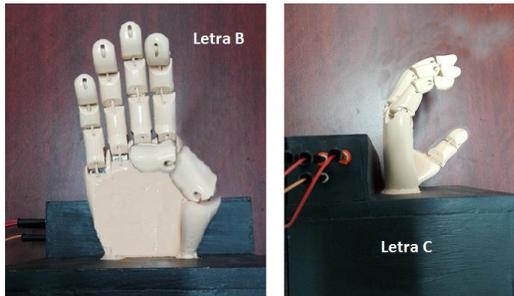


Fig. 10 Mano robótica generando el movimiento de las letras B y C del lenguaje dactilológico.

IV. RESULTADOS

El dispositivo se probó con 3 voluntarios que no conocían el lenguaje dactilológico, se realizaron 3 rondas de estudio con la interface de Enseñanza, cada una de 10 minutos. Posteriormente se realizó una prueba con la interface de Juego. Cada uno de los sujetos mostraron una efectividad mayor al 90%. Examinando los resultados con las pruebas realizadas, se puede ver que la aceptación es buena, así mismo, conforme la persona interactúa con el dispositivo cada vez reconoce más rápidamente las señas emitidas por la mano robótica. Esto permite decir que se aprende más rápidamente jugando que con la metodología típica de imágenes o láminas.

En las pruebas, se observó que la mano robótica presenta problemas en las letras que requieren movimiento de muñeca,

tales como la J y Z, esto porque aún no se le implementó un grado de libertad en esa posición. Así mismo, letras como la U y la V, solamente se diferencian por el movimiento de abducción y aducción en la mano, el cual se le agregará posteriormente. En la Fig. 10 se muestran las letras B y C reproducidas mediante la mano robótica.

V. CONCLUSIÓN

Se logró construir un dispositivo electrónico que permite ser un medio didáctico para la enseñanza del alfabeto dactilológico con una buena eficiencia práctica, mediante la implementación de una mano robótica y una interface llamativa para niños. Debido al diseño de la mano robótica, no se implementaron todos los grados de libertad por lo que letras similares dan resultados iguales en la mano, tales como la U y V, que solamente se diferencian por la abducción y aducción de los dedos índice y medio, por lo que a futuro se pretende agregar más grados de libertad. El dispositivo puede ser implementado en el sistema de educación especial, para permitir el desarrollo de habilidades en el aprendizaje del lenguaje dactilológico, el dispositivo aun cuando su elaboración resulta compleja, este puede ser reproducido y aplicable a bajo costo empleando una impresora 3D económica.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Instituto Nacional de estadística y Geografía[INEGI]. (Sin fecha). Censo de población y vivienda 2010: Tabulados del cuestionario ampliado. Población con limitación en la actividad y su distribución porcentual según la causa para cada entidad federativa y tipo de limitación. Inegi.org. Recuperado de <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/TabuladosBasicos/Default.aspx?c=27303&s=est>.
- [2] Organización Mundial de la Salud [OMS]. Informe Mundial sobre la Discapacidad. Who.int. Recuperado de http://www.who.int/disabilities/world_report/2011/report/en/
- [3] Benjumea J.S., Rivera L. M., Rivera L.F. “Sistema Mecatrónico para la interpretación de la lengua de señas colombiana”, Congreso Internacional de Ingeniería Mecatrónica - UNAB, (2011).
- [4] Betancur Betancur D., Vélez Gómez M. y Peña Palacio A., “Traducción automática del lenguaje dactilológico de sordos y sordomudos mediante sistemas adaptativos”. Escuela de Ingeniería de Antioquia-Universidad CES, Colombia. Revista Ingeniería Biomédica ISSN 1909-9762, Volumen 7, Número 13, Enero-Junio de 2013.
- [5] Almeida Pozo, L. and Viteri Villacís, P. Diseño e Implementación de un Par de Guantes Intérpretes del Lenguaje de Señas Elementales a Lenguaje Escrito Mediante Software Libre para Facilitar el Aprendizaje en la Unidad Educativa Especializada Cotopaxi. Para la obtención del título de Ingeniería. Departamento de ciencias de la energía y mecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas, 2016.
- [6] Tenesaca, D. A. Z., & Zeas, D. M. A. (2011). Diseño y construcción de una mano robótica para la enseñanza del alfabeto dactilológico universal para personas sordomudas. Ingenius, (6), 69-86.
- [7] Xénard J., Gable C., Galas J. M., Pétry D., Gavillot-Boulangé C., Beltramo F., Bernard J. Et André J. M. –Orthèses de la main– Encycl. Méd. Chir, Kinésithérapie-Rééducation fonctionnelle, 94.