

Sistema de Rehabilitación Metacarpiana por Medio de Laberinto

D. A. Ortiz¹, J. F. García^{2,*}

¹Ingeniería en Telecomunicaciones, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Colombia

²Ingeniería en Telecomunicaciones, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Colombia

* and.ru.1995@hotmail.com

Resumen— El síndrome del túnel carpiano y similares son una afección donde se presenta presión excesiva en el nervio mediano, nervio ubicado en la muñeca que permite la sensibilidad y el movimiento a partes de la mano. Este síndrome puede provocar entumecimiento, hormigueo, debilidad o daño muscular en la mano y dedos. En este documento, se presentan un sistema enfocado a ayudar a aquellas personas que realizan terapias pre y pos-operatorias del túnel carpiano en su recuperación.

Palabras clave— Acelerómetro, base de datos, sistema, interfaz, STC (Síndrome del túnel carpiano), túnel carpiano

I. INTRODUCCIÓN

En Colombia, el Síndrome del Túnel carpiano (STC) es un padecimiento que no se trata comúnmente ni de forma adecuada, debido a que, las pocas veces que estos casos son atendidos, se recomiendan ejercicios que el paciente realiza de forma inadecuada por falta de supervisión continua, y sumado a esto son monótonos y poco agradables de hacer. En ocasiones se emplean inyecciones o cirugías para liberar el nervio. [1]

Los músculos principales que intervienen en el control de los movimientos del complejo articular de la muñeca para el movimiento de flexión son: el flexor cubital del carpo, flexor radial del carpo y palmar largo; para el movimiento de extensión: extensor cubital del carpo, extensores radiales corto y largo del carpo; para el movimiento de aducción: flexor cubital del carpo y extensor cubital del carpo; y, para el movimiento de abducción: el flexor radial del carpo, palmar largo, extensores radiales largo y corto del carpo; como se puede apreciar en la Fig. 1. [2]

El STC y otras enfermedades parecidas pueden ser causados por realizar movimientos repetitivos con la mano y la muñeca, y por el uso constante de herramientas manuales vibratorias [3]. De acuerdo con cifras del Ministerio de Salud y Protección Social en Colombia, 7 % de la población en general padecen STC, y adicionalmente:

- 33 % de la población colombiana está expuesta a presentar este padecimiento.
- Hasta el 50 % STC son de naturaleza ocupacional.
- La edad promedio de la gente que padece STC es de 37 años.

- En promedio un hombre de cada tres mujeres padece de STC.
- Hasta el 20 % de los casos dejan secuelas definitivas.

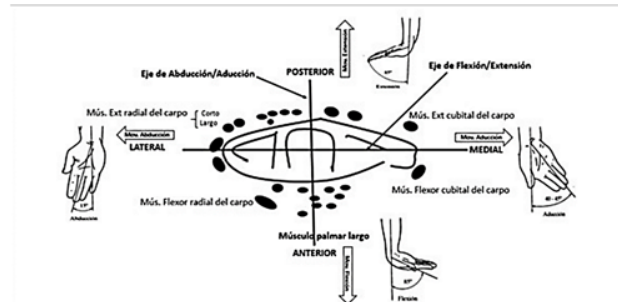


Fig. 1. Tipos de movimientos en la muñeca.

En este sentido, se relacionan los siguientes tratamientos frente a este problema:

- Médico
 - Férulas de reposo
 - Técnicas fisioterapéuticas
 - AINES
 - Infiltraciones
- Quirúrgico
 - Compromiso axonal
 - Liberación del túnel del carpo
 - Disminuye eficiencia mecánica [4]

Por lo anterior, se propone la implementación de una herramienta interactiva, que permita la realización de los ejercicios mediante un sistema de rehabilitación muscular con interfaz de laberinto, el cual captura los movimientos de la muñeca y los refleja en una aplicación en forma de juego; y además, permite almacenar en una base de datos, el tiempo y la distancia empleada por los usuarios.

El sistema propuesto está compuesto de una interfaz gráfica que cuenta con un laberinto interactivo y un hardware para controlar la navegación, teniendo en cuenta que la distancia a recorrer sea la adecuada para asegurar que se realicen los ejercicios repetidamente.

II. METODOLOGÍA

El sistema desarrollado cuenta con un método de control, la parte del procesamiento, la visualización y la base de datos, como se observa en la Fig. 2; y a continuación, se describe cada uno de estos elementos.



Fig. 2. Diagrama del desarrollo del Proyecto

El CONTROL DEL SISTEMA realiza la captura de datos para conocer la dirección de desplazamiento de la mano del usuario, lo que se refleja en el movimiento del cursor dentro del laberinto.

El PROCESAMIENTO toma la información generada en el control del sistema, y genera el tratamiento de los datos para producir movimiento, visualización, almacenamiento y edición de las diferentes variables.

La VISUALIZACIÓN se encarga de manejar los datos procesados para que puedan ser observados a través de una interfaz gráfica. La aplicación cuenta con un Menú con las opciones *Jugar* y *Realizar ejercicios*, *Ver datos*, *Eliminar datos* y *Salir*, como se aprecia en la Fig. 3; y en la Fig. 4., se observa cómo los movimientos se reflejan en un juego con forma de laberinto.

Finalmente, en BASE DE DATOS se toma la información de los anteriores bloques y se almacena generando el historial de avance para el usuario.

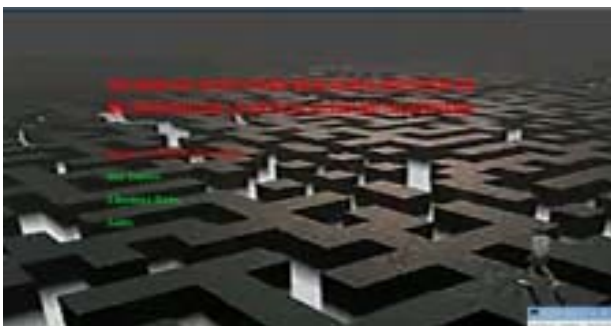


Fig. 3. Interfaz del menú del juego.



Fig. 4. Representación de la interfaz en forma de laberinto.

III. RESULTADOS

Para el funcionamiento del sistema se realizaron pruebas a seis personas con un promedio de edad de 37,6 años, entre las cuales, dos de ellas padecen del STC, con esto se busca hacer una comparación entre los pacientes y las personas que no sufren de este síndrome. Para calcular el porcentaje de error, se realizó una prueba con tres de las seis personas que efectuaron los ejercicios en la interfaz gráfica, con el fin de medir sus tiempos de ejecución y la distancia recorrida, siendo registrados en la misma base de datos. De acuerdo con esto, se evidencia que la persona que sufre STC (código 2), requirió de mayor tiempo para resolver el laberinto. Se busca que con esta serie de ejercicios el paciente con STC pueda lograr mejores resultados adquiriendo el sistema y así reducir de potencial manera los gastos económicos en su tratamiento.

En la Tabla 1., se observan los resultados de los tres usuarios que realizaron la prueba con sus respectivos tiempos, teniendo en cuenta además un cronómetro digital se pudo obtener el porcentaje de error que tiene el sistema.

Para el cálculo este porcentaje se aplicó la ecuación del porcentaje de error (1) y se tomaron los datos de los usuarios que se muestran en la Tabla 1. para hallar el resultado:

$$\%Error = \frac{|\text{Tiempo del sistema} - \text{Tiempo cronometro}|}{\text{Tiempo del sistema}} \quad (1)$$

= 0.26 %

TABLA I
TIEMPOS DE LOS USUARIOS QUE REALIZARON LA PRUEBA CON
EL SISTEMA Y EL PORCENTAJE DE ERROR

Código	Cédula	Tiempo del Sistema (s)	Tiempo Cronómetro (s)	% Error
1	102408500	415	414	0.24%
2	1026579088	1119	1116	0.26%
3	1018470573	772	768	0.51%
NA	promedio	768.666	766	0.33%

El tiempo del usuario 1018470573 (código 3) fue de 12:48 equivalente a 768 segundos, y el tiempo cronometrado en la base de datos correspondiente al código 7 fue de 772 segundos. Posteriormente, se procede a calcular el porcentaje de error (2) para el usuario 1018470573.

$$\%Error = \frac{|772 \text{ segundos} - 768 \text{ segundos}|}{772 \text{ segundos}} \quad (2)$$

$$= 0.51 \%$$

El tiempo de 1022408500 fue de 06:54 equivalente a 414 segundos, y el tiempo cronometrado en la base de datos correspondiente al código 8 fue de 415 segundos. Posteriormente, se procede a calcular el porcentaje de error (3) para el sujeto 1022408500.

$$\%Error = \frac{|415 \text{ segundos} - 414 \text{ segundos}|}{415 \text{ segundos}} \quad (3)$$

$$= 0.24 \%$$

El tiempo de 1026579088 fue de 18:36 equivalente a 1116 segundos, y el tiempo cronometrado en la base de datos correspondiente al código 6 fue de 1119 segundos. Luego, se procede a calcular el porcentaje de error (4) para el sujeto 1026579088.

$$\%Error = \frac{|1119 \text{ segundos} - 1116 \text{ segundos}|}{1119 \text{ segundos}} \quad (4)$$

Promediando los resultados hallados anteriormente se obtiene el promedio (5).

$$0.51\% + 0.24\% + 0.26\% = 1.01809\% / 3 = 0.33\% \quad (5)$$

El programa tiene un margen de error del 0.33%, esto se debe a la capacidad de la tarjeta cuando procesa los datos una vez terminado el tratamiento y el registro del usuario.

Posteriormente, después de realizar las pruebas con cada uno de los seis participantes, se obtiene una tabla generada por el sistema que muestra el registro de cada una de las sesiones, como se muestra en la Fig. 5.

Código	identificación	Tiempo (seg)	Distancia (cm)	Fecha
1	1018470573	356	145.8	2016-c
2	1022408500	497	140.4	2016-c
3	52125820	532	148.2	2016-c
4	99111900228	775	208.2	2016-c
5	51751882	685	168.6	2016-c
6	1026579088	1119	226.8	2016-c
7	1018470573	772	178.2	2016-c
8	1022408500	415	114.0	2016-c

Fig. 5. Tabla de datos para encontrar el porcentaje de error.

Finalmente, después de realizar varias sesiones y utilizar correctamente el sistema, se pretende ayudar a la rehabilitación los nervios del Carpio, otorgando mayor tolerancia a los dolores presentados y mejorar la calidad de vida de los pacientes.

UN PUNTO DE VISTA PROFESIONAL.

Se realizó una charla con Gerson Germán Aldana Calderón, un fisioterapeuta titulado egresado de la Universidad Nacional de Colombia para tener una referencia más profesional a cerca del sistema propuesto.

En primera instancia nos comenta como se compone el carpio, el metacarpo y cuáles son las principales causas de este síndrome y evidencia que no todos los síndromes son tratados de la misma manera. Es entonces cuando se pregunta acerca de la posibilidad de implementar diferentes niveles en el juego para tratar cada tipo de síndrome presentado en los diferentes pacientes. Gerson responde a esto diciendo: “Esto es una idea innovadora y sería de gran ayuda ya que no todos los tratamientos son iguales”.

Seguidamente se toca el tema de implementar un servidor para que el dispositivo sea usado en los hogares de los pacientes y qué tan viable era esta opción para el fisioterapeuta, se evidenció que era una gran oportunidad

para llevar un control y tomar planes de contingencia dependiendo de la evolución de cada uno de los pacientes.

Continuando con la charla se tocaron los temas tecnológicos que se enfocan a esta área, ciertos prototipos cuya información encontramos en la web que usan Kinect de la consola Xbox para realizar diferentes ejercicios [2] a nivel mundial o dispositivos creados en nuestro país que ayudan a detectar a tiempo el STC [6]. Dichos dispositivos no han sido fabricados en masa y son prototipos los cuales (junto con el proyecto propuesto) pueden ser de gran ayuda en un futuro muy cercano.

Finalmente se trata sobre el tema de la salud pública en Colombia en donde Gerson nos brindó el dato referente a que una persona que sufre de STC o síndromes similares paga alrededor de \$15.000 COP (\$96 Pesos Mexicanos) por cada sesión de rehabilitación cuando el paciente está cubierto por la EPS (Entidad prestadora de salud). El problema recae cuando esta persona no tiene una entidad de salud y debe recurrir a un médico especializado en donde paga una cantidad que oscila entre los \$30.000 (\$191 Pesos Mexicanos) y los \$40.000 COP (\$255 Pesos Mexicanos).

Al ver que las EPS no son especializadas en este tipo de tratamientos muchas veces los pacientes no obtienen los resultados esperados con la rehabilitación y son obligados a pagar medicina privada haciendo un gran esfuerzo por la falta de recursos económicos.

RETOS POR VENIR:

Implementar este sistema en los diferentes centros médicos que carezcan de un debido proceso para el tratamiento de rehabilitación del Síndrome del Túnel Carpiano y similares.

A futuro se espera que sea una herramienta simple, confiable y una verdadera alternativa para el tratamiento del síndrome túnel carpiano y similares, de fácil acceso y bajo costo.

Implementar multiniveles y diferentes juegos para hacer crecer el proyecto e implementarlo de manera adecuada.

Mejorar el sistema incluyendo plataformas en la nube capaces de mostrar los datos en los diferentes dispositivos electrónicos tanto del paciente como del fisioterapeuta.

IV. CONCLUSIÓN

A través de esta propuesta se logra un dispositivo electrónico interactivo capaz de mostrar una serie de animaciones, en las que el paciente con Síndrome de túnel carpiano u otros padecimientos parecidos puede realizar ejercicios de manera dinámica al mismo tiempo que mejora y libera el nervio del Carpio.

Con relación a los tiempos y distancias tomados por el sistema, se obtiene un rango de error del 0,33%, lo que se debe a la detección y no detección de pulsos en ciertas áreas del juego.

Se podría implementar el dispositivo en pacientes que se encuentren en recuperación de una fractura, pacientes con distrofia muscular de duchenne o en personas que presenten una sintomatología de un dolor en la mano o muñeca.

Sería más rentable para aquellos pacientes que no cuentan con los recursos necesarios para un tratamiento privado adquirir el sistema y realizar las sesiones requeridas con el acompañamiento de un fisioterapeuta a pagar cada sesión brindada por las entidades prestadoras de salud.

Implementar un multinivel y diferentes tipos de juegos ayudaría a tratar mejor los diferentes tipos de síndromes que presentan los pacientes haciendo de las sesiones algo más didáctico y entretenido y así motivar a alcanzar una mejoría en menos tiempos de los esperados.

V. BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Domínguez, «Para que las manos no duelan.» 15 abril 2015. [En línea]. Disponible: <http://www.sura.com/blogs/calidad-devida/tunel-carpiano.aspx>. [Último acceso: 02 febrero 2016].
- [2] Carlos Eduardo Medina González, «<http://www.medigraphic.com>,» 26 septiembre 2016. [En línea]. Disponible: <http://www.medigraphic.com/pdfs/medisur/msu-2016/msu164k.pdf>. [Último acceso: 28 agosto 2018].
- [3] M. Plus, «medlineplus.gov,» 14 08 2018. [En línea]. Disponible: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000433.htm>. [Último acceso: 28 08 2018].
- [4] C. R. AREVALO, «Ministerio de la Salud y la Protección Social,» febrero 2003. [En línea]. Disponible: <https://www.minsalud.gov.co/Documentos%20y%20Publicaciones/SINDROME%20TUNEL%20DE%20CARPIO.pdf>. [Último acceso: 28 agosto 2018].
- [5] O. A. M. Cardona, «<http://www.redalyc.org>,» octubre 2013. [En línea]. Disponible: <http://www.redalyc.org/pdf/3442/344234341004.pdf>. [Último acceso: 28 agosto 2018].
- [6] Unimedios, «<http://agenciadenoticias.unal.edu.co>,» 21 mayo 2018. [En línea]. Disponible: <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/dispositivo-ayudaria-a-prevenir-cirugia-de-tunel-carpiano.html>. [Último acceso: 28 agosto 2018].