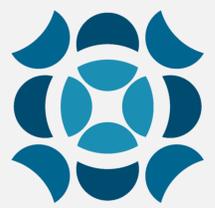




Desarrollo de un mecanismo paralelo de un robot de dos grados de libertad para rehabilitación de extremidades superiores



ICAT
Instituto de Ciencias Aplicadas y Tecnología

Morales Bautista Luis Arturo (402luismb@gmail.com)
MDI. Juan Salvador Pérez Lomelí (salvador.perez@icat.unam.mx)
Dr. Miguel A. Padilla Castañeda (miguel.padilla@icat.unam.mx)
Vínculo a la videollamada: <https://meet.google.com/zpu-rusk-pvs>

1. Resumen

El presente trabajo trata sobre el diseño de un robot basado en un mecanismo paralelo planar para ser usado en la rehabilitación de miembros superiores. Mediante un análisis cinemático directo e inverso se analizaron las coordenadas del efector final del mecanismo y los ángulos de entrada de sus articulaciones. Con dicho análisis y haciendo uso del índice de condición local (LCI) se encontró una correcta configuración para el movimiento del mecanismo. Se diseñó un sistema de transmisiones con polea para poder generar los movimientos del efector final (EF) con motores de DC; se eligieron elementos como rodamientos, ejes, seguros, acoples y cables acorde a las dimensiones del mecanismo, se estableció el sistema de transmisión buscando la seguridad del paciente, que el mecanismo tenga el menor número de fallas posibles, baja fricción e inercia percibidas, así como alta reversibilidad, buscando que sea un dispositivo háptico. Las dimensiones del mecanismo son lo más compactas posibles. Se diseñó en CAD y se manufacturo en aluminio y en impresión 3D.

2. Introducción

Las causas de limitación de extremidades superiores demandan terapias que puedan dar resultados lo más pronto posible debido a las consecuencias que estas le causan al paciente y a sus familiares (IMSS, 2019). Razón por la que se han desarrollado diferentes dispositivos para rehabilitación de extremidades superiores. Dentro de los tipos de robots de rehabilitación se encuentran los de tipo efector final que son aquellos en los que el extremo del robot entra en contacto con el paciente mediante una ortesis o una parte del cuerpo del paciente. Este tipo de dispositivos consisten en el seguimiento de trayectorias propuestas por el personal de rehabilitación. La forma de trabajar de estos dispositivos en la mayoría de los casos es en una superficie plana, ya que suelen tener 2 grados de libertad (Rodríguez, et al, 2014).

Estos dispositivos han demostrado ser seguros y tienen grandes ventajas ya que el paciente puede hacer las repeticiones de los ejercicios las veces que quiera ya que el robot lo puede usar por tiempos prolongados. Con dispositivos de este tipo, los pacientes podrían tener terapias más constantes, intensivas, controladas y con mayores métricas objetivas sobre el progreso del paciente.

3. Objetivos

Diseñar y desarrollar un robot planar de dos grados de libertad, también conocido como interfaz háptica por sus características de baja fricción, alta reversibilidad y retroalimentación de fuerzas, para aplicaciones de rehabilitación asistida por robótica mediante terapias de realidad virtual.

4. Metodología

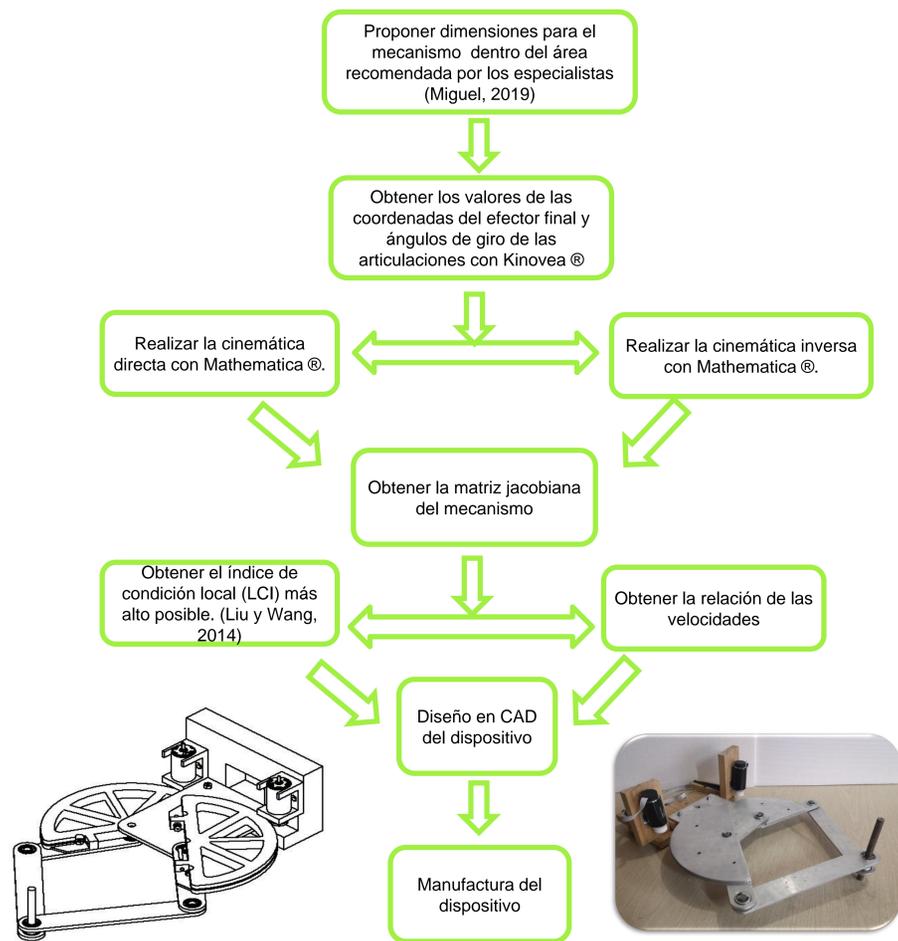


Figura 1. Modelo en CAD.

Figura 2. Prototipo funcional de aluminio ensamblado en su totalidad

Derivado del análisis cinemático directo e inverso se encontró la matriz jacobiana del mecanismo, la cual relaciona las velocidades de las articulaciones con las del efector final. Esta matriz se expresa de la siguiente manera:

$$J = A^{-1}B$$

Con la matriz jacobiana se pueden conocer las singularidades del mecanismo, las cuales se dan cuando el determinante de la matriz se convierte en 0 y principalmente se dan en los extremos del área de trabajo del mecanismo. También se puede conocer el LCI del mecanismo.

El Índice de Condición Local por sus siglas en inglés LCI, Local Condition Index, es un indicador de la destreza del mecanismo que también indica cuándo éste se aproxima a una singularidad. El LCI está relacionado con un número "K" reportado en (Liu y Wang, 2014), que es el número de condición de la matriz;

$$K = \|J^{-1}\| \|J\|$$

El índice de condición local (LCI) es el inverso del número de condición de la matriz y se representa por:

$$LCI = \frac{1}{K}$$

Los valores deben estar en el rango de:

$$0 \leq LCI \leq 1$$

Se realizaron diferentes propuestas para las medidas del mecanismo, resultado las siguientes medidas como las que presentaban un LCI de 0.24, el más alto en el área de trabajo recomendada. En el trabajo previo (Miguel, 2019) se determinó la relación de L1 y L2 con L5 para un análisis menos complejo.

$$L1 = L4 = 18 \text{ (cm)}$$
$$L2 = L3 = 27 \text{ (cm)}$$
$$L5 = \sqrt{2(L2-L1)} = 12.73 \text{ (cm)}$$

Agradecemos el apoyo del proyecto SECTEI 219 /2019 para la realización del presente trabajo.

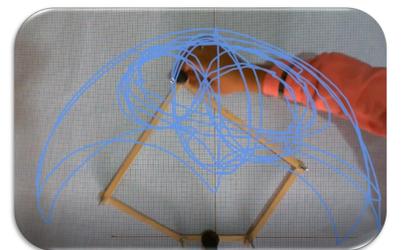


Figura 3. Se muestran las trayectorias de color azul hechas con el mecanismo propuesto.

5. Resultados

Los resultados de el presente trabajo se ven reflejados en la manufactura del dispositivo de rehabilitación, se diseñó en CAD, manufacturarlos en aluminio y en impresión 3D. También se incorporó una transmisión que cumple con los requerimientos solicitados. Dicho mecanismo es capaz de realizar las trayectorias recomendadas por los expertos y cumple con un LCI alto, lo que se traduce en una buena manipulabilidad. Logrando que sus movimientos cumplan con las trayectorias recomendadas para una buena rehabilitación.

6. Conclusiones

El dispositivo diseñado favorece a la rehabilitación de pacientes haciendo que puedan realizar las trayectorias de rehabilitación las veces que sean necesarias, también puede hacer que el paciente se sienta motivado para su rehabilitación. Posteriormente se considera trabajar el área de potencia y censado del dispositivo. También mejorar la experiencia con el paciente para mejores rehabilitaciones.

7. Referencias

IMSS. Octubre (2019). Enfermedad Vasculal Cerebral (EVC), entre las primeras causas de muerte. <http://www.imss.gob.mx/prensa/archivo/201910/455>

L. Rodríguez-Prunotto, R. Cano-de la Cuerda, A. Cuesta-Gómez, et al.(2014). Terapia robótica para la rehabilitación del miembro superior en patología neurológica. Departamento de Fisioterapia, Terapia Ocupacional, Rehabilitación y Medicina Física. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Rey Juan Carlos, Alcorcón, Madrid, España, DOI:10.1016/j.rh.2014.01.001

Liu, X. J., y Wang, J. (2014). Parallel kinematics. Type, Kinematics, and Optimal Design, Heidelberg, Berlin: Springer. DOI: 10.1007/978-3-642-36929-2

Miguel Lucario Gerardo. (2019). Diseño de una interfaz háptica planar tipo pantógrafo para interacción en ambientes virtuales con aplicaciones en biomedicina. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México.