
CAPÍTULO ONCE:**CONCLUSIONES**

Como se mencionó anteriormente, la marcha humana es una serie de movimientos alternantes y rítmicos de las extremidades y el tronco que generan el desplazamiento hacia delante del centro de gravedad del cuerpo. Estos movimientos son generados por las acciones coordinadas de músculos, huesos y tendones del complicado sistema que es la pierna humana. Miles de años de evolución han hecho de la pierna humana una máquina muy poderosa y eficiente, capaz de soportar grandes tensiones y adaptarse inmediatamente a los cambios en el terreno.

El estudio de la anatomía de la pierna y la biomecánica de la marcha humana, permitieron comprender lo determinante que puede ser en la vida de una persona perder una de sus extremidades inferiores y entender la importancia de un buen diseño protético que cumpla con todas las características de una pierna real. El estudio de esta tesis se enfocó en el amputamiento transfemoral, ya que al removerse las dos articulaciones de la pierna se vuelve una de las condiciones que más afectan la eficiencia y calidad de vida de una persona.

A lo largo de este proyecto se investigó sobre las diferentes opciones protésicas con las que se cuentan hoy en día y se observó que todavía existe mucho trabajo e investigación que se puede hacer en esta área, aún cuando se trata de un área muy específica de la biomecánica. Mecánicamente las prótesis han ido evolucionando bastante a través de los años, pero es hasta recientemente que los investigadores y productores de prótesis se están dando cuenta que se está llegando a un límite en el diseño de las mismas. Si se quieren

generar prótesis que se asemejen cada vez más a una pierna real es necesario que cada uno de sus segmentos sea capaz de responder a los cambios de los otros. Es por esto que actualmente se empiezan a desarrollar prótesis con actuadores mecánicos que son controlados por sistemas inteligentes capaces de tomar decisiones al momento.

La introducción de la electrónica en el diseño de prótesis abre un mundo de nuevas posibilidades para crear una prótesis que se comporte cada vez más como una pierna real. Tomando ésto como premisa se abordó este trabajo de tesis, donde se pudo desarrollar un prototipo neumático de prótesis transfemoral de pierna humana. Enfocando el diseño principalmente en el sistema neumático y sistema de control para demostrar que efectivamente es capaz de comportarse como una pierna humana moviéndose en el plano sagital y servir como sistema base para el desarrollo de una prótesis real.

Se planteó como propósito que el prototipo fuera capaz de responder a los diferentes movimientos generados entre cada una de sus articulaciones, mismo que se logró al incluir diferentes tipos de sensores en todo el prototipo que permitan la medición del estado de cada segmento con respecto al espacio. En cada articulación se instaló un encoder que permiten saber simultáneamente y con gran precisión la posición angular de de cada segmento.

Se tuvieron ventajas y desventajas al utilizar un sistema neumático como base del prototipo. Por un lado se tiene la ventaja de que es un sistema muy sencillo al necesitarse muy pocos componentes para su diseño y montaje. Al trabajar únicamente con aire se trata de un sistema limpio, seguro y fiable ya que la vida de los componentes es muy alta, el suministro de aire es prácticamente infinito y requieren de muy poco mantenimiento. Por lo mismo a grande escala se trata de un sistema muy económico. El control es relativamente

sencillo pero puede escalar en complejidad dependiendo de la precisión que se desee conseguir.

Algunas desventajas muy generales que se pueden mencionar de este tipo de sistemas es que son ruidosos y que necesita una fuente de aire comprimido para la alimentación, siendo estas normalmente voluminosas y pesadas. Aún cuando el prototipo se basa en la neumática para su funcionamiento se sigue necesitando una alimentación eléctrica. Mismas desventajas que se pueden tomar como trabajo de futuras tesis para solucionarlos.

Estructuralmente se consiguió un diseño muy satisfactorio. Se trata de un prototipo ligero, resistente y lo suficientemente sólido para trabajar cómodamente con él. Angularmente aunque el prototipo no alcance todos los rangos de movimiento de una pierna real, el prototipo consigue adoptar todas las posiciones necesarias para simular la marcha normal humana en el plano sagital, siendo esta una de las condiciones iniciales para el proyecto.

El sencillo diseño de los circuitos de sensado y circuitos de control asegura un bajo mantenimiento y fácil seguimiento de cualquier error. La implementación del sistema de control basándose en FPGA hace que el sistema trabaje con un lenguaje de alto nivel permite agregar o quitar módulos de control fácilmente. Logrando así un sistema muy dinámico que permite hacer modificaciones a los programas de control al momento y observar los resultados inmediatamente.

Con un poco más tiempo este prototipo se podría mejorar manufacturando piezas de mejor calidad para la estructura. Haciendo pruebas extensas para mejorar la instalación de los sensores para que respondan con mayor precisión. Caracterizar con mayor detalle cada uno de los encoders para obtener un movimiento más fluido y preciso del ciclo de la

marcha. Implementar al banco de montaje desplazamiento vertical en la articulación de la cadera para poder simular el movimiento completo de una pierna humana al caminar y que sea capaz de desplazarse con el mismo banco.

Se considera que los resultados obtenidos son buenos y acordes a las metas propuestas. El prototipo cumple su propósito como sistema de prueba base para el desarrollo del proyecto mayor para crear una prótesis automática de pierna. Aportando un elemento muy importante para el desarrollo de prótesis en México que devuelvan la calidad de vida a las personas.