

ProMaTec

Prótesis de Mano Robótica

Autores

Boris James Garabito Suero
(james.garabito95@gmail.com)

Carmen Hichanell Núñez Acosta
(hichaneeell@gmail.com)

Idelquis Yamilet Reyes Bone
(idelkisreyesbone@gmail.com)

Lucy María Martínez Taveras
(lucymm1416@gmail.com)

Mildred Miguelina Pichardo Santiago
(pichardomildred7@gmail.com)

Nayvelin Leonela Quezada Tapia
(nayllismartinez@gmail.com)

Introducción

Según las fuentes de EL UNIVERSAL de la ciudad de México, hace referencia a una mano biónica capaz de que sus dueños tengan la posibilidad de alcanzar y coger objetos automáticamente sin pensar, como una mano real, está equipada de una cámara que toma fotos de los objetos que se encuentran frente a ella, evaluando su circunferencia. El coautor de la investigación mano Ve, Kianoush Nazarpour, explica que los miembros prostéticos han cambiado muy poco en los últimos 100 años, el diseño es mucho mejor y los materiales son más ligeros y duraderos.

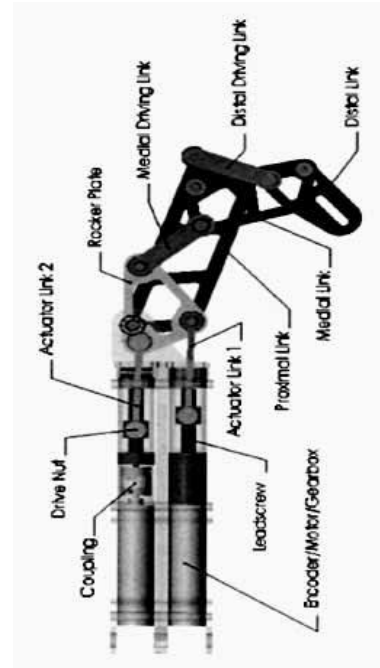
Prótesis completas con aspecto real, revestidas con capas de piel artificial MaGentart, la cual es idéntica a la piel humana, contando con venas, arrugas, huellas, marcas, pliegues, tono de piel y uñas, esta prótesis está fabricado a partir de plásticos duros como los utilizados para la fabricación de juguetes, de esta manera sus partes pueden ser remplazadas mediante estructuras impresas con las impresoras 3D los que nos evita el tener que reenviar la prótesis donde el fabricante.

Existen trabajos muy recientes que utilizan estas manos antropomorfas, dotadas de sensores de fuerza, utilizando dicha información propioceptiva exclusivamente [Huber & Grupen, 94]; o junto con información visual para mejorar las estrategias de agarre a seguir [Bard et al., 95], [Fuentes et al., 94].

Una prótesis es un elemento desarrollado con el fin de mejorar o reemplazar una función, una parte o un miembro completo del cuerpo humano afectado, por lo tanto, una prótesis para el paciente y en particular para el amputado, también colabora con el desarrollo psicológico del mismo, creando una percepción de totalidad al recobrar movilidad y aspecto. (Burgos)

Palabras Claves

- Prótesis
- Biónica
- Magentart
- Robótica
- Antropomorfas
- Semiantropomorfas
- Ácido poliláctico
- NinjaFlex
- Extremidades



Investigaciones Y Desarrollos Recientes En Materia De Prótesis Mano

La mano de Canterbury utiliza eslabones mecánicos movidos directamente para actuar sobre los dedos de forma similar a la mano humana. El movimiento directo de los eslabones se utiliza para reducir algunos problemas que presentan otros diseños de mano. Cada dedo de esta mano tiene 2.25 grados de libertad; la parte fraccionaria se debe al mecanismo compartido para extender los cuatro dedos. Los motores de corriente directa tienen una reducción por medio de engranajes con una relación de transmisión 16:1. Los dedos cuentan con sensores de presión en cada articulación y en su parte distal, lo que totaliza cuatro sensores de presión por cada dedo, dos motores de corriente directa y un sensor de efecto Hall. El pulgar tiene solo un motor y tres sensores de fuerza, mientras en la palma se encuentran los motores

encargados de abrir y cerrar todos los dedos y de la rotación del pulgar; para un total de dos motores, dos encoders, dos sensores de efecto Hall y tres sensores de fuerza. Todo esto resulta en un total de 91 cables por lo que se requirió un sistema de control distribuido utilizando un PsoC de Semiconductores Cypress. Este microprocesador solo es capaz de controlar la posición y velocidad, mientras que el resto de la cinemática y demás comandos complejos se calculan por aparte en un PC.

Otros desarrollos tecnológicos relevantes de prótesis de mano pueden ser encontrados en [12, 13, 14]. En todos ellos se aprecia un marcado empleo de sistemas mecatrónicos complejos, cuyo proceso de diseño, tecnologías de fabricación y materiales requeridos son altamente costosos. Además, es necesario resaltar el interés en emular, en apariencia y tipos de movimientos naturales de mayor frecuencia, con respecto a una mano real. Lo anterior genera la necesidad de contar con equipos de diseño multidisciplinarios que traten de manera concurrente todos los aspectos de desarrollo de las prótesis con una visión orientada a su ciclo de vida. (LOAIZA, 2011)

La mano es el órgano terminal de la extremidad superior, que en el ser humano es una de las partes más importantes del cuerpo, por su riqueza funcional, brinda la posibilidad de ser un segmento efector, sensitivo, permite realizar múltiples movimientos y acciones necesarias para la supervivencia y relación con el medio ambiente.

La mano humana se compone de 27 huesos divididos en tres grupos: el carpo, los metacarpianos y las falanges, se conecta a la muñeca a través de la palma y está dotada de veinte GDL (grados de libertad) accionados por cerca de cuarenta músculos.

A diferencia de otros sentidos sus receptores están distribuidos por todo el cuerpo. Por otra parte al responder a varios estímulos diferentes se puede considerar como un grupo de al menos cuatro sentidos:

- Tacto
- Temperatura
- cuerpo
- Dolor

Un estímulo individual suele activar muchos receptores y un solo receptor ya es capaz de codificar características del estímulo, como la intensidad, duración, posición, velocidad Etc.

En este apartado se hará un estado del arte de las manos robóticas, separándolas en tres grupos dependiendo de la cantidad de dedos que

tienen y de su configuración: manos robóticas antropomórficas, manos robóticas semiantropomórficas y manos robóticas no-Antropomórficas.

Manos robóticas antropomórficas: todas aquellas manos que poseen cuatro dedos y un pulgar. Su configuración es similar a la de la mano humana.

Manos robóticas semiantropomórficas: todas aquellas manos a las que les falta uno o varios dedos. Su configuración es similar a la de la mano humana.

Manos robóticas no-antropomórficas: todas aquellas manos robóticas que no tienen una configuración similar a la mano humana independientemente del número de los dedos.

Los dedos del tendón que se transmite el movimiento desde el motor. El rediseño de los dedos versó sobre tres puntos específicamente: Antropomorfismo de la carcasa, rediseño del tendón y el análisis de esfuerzo del dedo. están formados por seis eslabones; tres de ellos están hechos con una apariencia antropomórfica y se le denominó carcasa, que además de dar forma a los mecanismos aloja las demás partes del dedo; los otros tres eslabones funcionan como tendones.

Para eliminar los momentos flectores producidos por el ensamble en escalera del tendón, se propuso que todos los elementos estuvieran en la misma línea de acción, por lo que se rediseñó la manera en que ensamblaban las barras del mecanismo; se estableció que su ensamble fuera del tipo hembra-macho, unidos con un perno.

Tomando en cuenta la nueva transmisión palma-dedos se cambiaron las magnitudes de las correderas del mecanismo, de manera que se pudiera utilizar una sola corredera para todos los mecanismos.

A partir del concepto de lo que es una prótesis podemos decir que una prótesis robótica es un elemento o como se dijo una extensión artificial la cual a diferencia de una prótesis normal esta posee y está dotada de cierta inteligencia capaz de realizar en cierta forma la función de una parte faltante del cuerpo en este caso de la mano. Esta prótesis robótica puede lograrse al integrar diferentes componentes como sensores, micro controladores, actuadores e incluso complejos algoritmos de control.

La mano realiza básicamente dos funciones elementales como lo son: la función mecánica o de presión y la función sensitiva o de tacto, las dos están ligadas ya que sin el sentido de tacto se nos haría difícil medir la fuerza al manipular la misma.

La función del tacto depende de la constitución biológica de la mano, la cual como se puede apreciar en la figura 4, está formada por zonas con terminales nerviosas presentes en los dedos, la cual es la fuente de información táctil. De esta manera se subdivide en tres partes: metacarpo de la cual surgen los

dedos y la muñeca; teniendo así la mano catorce falanges que son los huesos de los dedos, cinco metacarpianos y ocho carpianos.

A nivel estructural, el método de fabricación de una pieza puede ser fundamental, ya que dependiendo del mismo, la pieza en cuestión puede comportarse de formas diferentes frente a sollicitaciones externas.

Actualmente hay una gran variedad de métodos de fabricación que pueden facilitar el desarrollo de manos robóticas, con la posibilidad de generar piezas con formas complejas que hasta hace unos pocos años atrás parecía imposible construir las sin que se tenga que destinar una gran cantidad de dinero en desarrollo. Estos nuevos métodos permiten fabricar piezas de diferentes materiales y formas lo que obliga a que se los tenga en cuenta como una característica de diseño a la hora de definir cuanto menos la estructura.

Hace una década atrás, la definición de la estructura de un sistema robótico estaba condicionada en gran parte a la viabilidad de la fabricación de las piezas que lo componían.

Esto en muchos casos hacía que la definición de dicho sistema se vea modificada perjudicando al objetivo final. Los avances tecnológicos en materia de mecanizado o métodos de fabricación han logrado hoy día estar por delante de estas imposibilidades permitiendo a la comunidad científica generar estructuras robóticas sin limitaciones estructurales más que la propia resistencia del material y a costos realmente reducidos.

Los métodos de fabricación tradicionales como el mecanizado de materiales metálicos y plásticos han avanzado de forma considerable, agregando más ejes a los centros de mecanizado permitiendo realizar formas verdaderamente complejas con una precisión importante sin que el coste se incremente de forma prohibitiva. Un método que cada vez está tomando más importancia en diferentes ámbitos de la ingeniería de prototipos es el denominado prototipado rápido o impresión 3D. Este método permite generar piezas plásticas y metálicas con una gran variedad de materiales de formas verdaderamente complejas simplemente partiendo de un modelo 3D de ordenador.

Esta técnica ha revolucionado el sector de la ingeniería dedicada al desarrollo de prototipos ya que da una versatilidad importante a la hora de diseñar, fabricar, verificar, modificar y volver a fabricar prototipos en un tiempo realmente reducido.

Casos:

Caso #1

En un controvertido caso de "amputación electiva" un joven en Austria decidió cambiar su mano paralizada por una prótesis biónica.

El paciente de 26 años, llamado Milo, perdió la funcionalidad de su mano derecha después de sufrir un accidente de motocicleta hace una década.

Su mano ya fue amputada y una vez que cicatrice el muñón en algunas semanas, se le implantará una mano biónica que puede ser controlada por señales nerviosas enviadas por su propio brazo.

Ésta es la segunda cirugía de amputación electiva que lleva a cabo el cirujano vienés Oskar Aszmann.

Milo, que es de origen serbio pero ha vivido en Austria desde su niñez, también sufrió lesiones en una pierna y hombro cuando su motocicleta derrapó y se estrelló contra un poste de luz en 2001 cuando pasaba vacaciones en Serbia.

Su pierna logró sanar, pero la herida que sufrió en el hombro derecho -llamada lesión del plexo braquial- dejó su brazo paralizado.

Después de que el profesor Aszmann trasplantó tejido nervioso de su pierna logró restaurar el movimiento del brazo pero no de la mano. (Salud, Paciente elige amputación a cambio de una mano bionica , 2011)

Caso #2

En enero de 2013 un paciente sueco con un brazo amputado fue la primera persona en el mundo en recibir una prótesis con una conexión directa a su sistema neuromuscular. «Más allá de los ensayos en el laboratorio, nuestro trabajo supone un paso más para hacer frente a los desafíos del mundo real para estos pacientes. **El paciente lo ha usado en su vida diaria y profesional durante más de año y medio demostrando su utilidad y estabilidad**», comenta Ortiz Catalán, autor principal del trabajo que se publica en «Science Translational Medicine».

«Hemos utilizado la osteointegración para crear una fusión estable a largo plazo entre el hombre y la máquina», explica el investigador mexicano. El brazo artificial se une directamente al esqueleto, lo que proporciona estabilidad mecánica; a continuación el sistema de control biológico del ser humano -nervios y músculos-, también se interconectan con el sistema de control de la máquina a través de electrodos neuromusculares «Esto crea una unión íntima entre el cuerpo y la máquina; entre la biología y la mecatrónica».

Hemos utilizado la osteointegración para crear una fusión estable a largo plazo entre el hombre y la máquina

El paciente perdió su brazo hace más de 10 años. Antes de la cirugía la prótesis se controlaba a través de los electrodos colocados sobre la piel. Sin embargo, la prótesis robóticas pueden ser muy avanzadas, pero su sistema de control les hace poco fiable y limita su funcionalidad, y los pacientes terminan por rechazarlas. Pero ahora, con el nuevo sistema de osteointegración el brazo está conectado directamente.

Gracias a la prótesis el paciente, que tiene un trabajo físicamente exigente físicamente ya que es conductor de un camión, puede hacer frente a muchas situaciones de su vida diaria: desde fijar la carga de remolque y poner la maquinaria en funcionamiento, hasta desempaquetar un paquete de huevos y atar los patines de sus hijos. (salud, 2014)

Caso #3

Varón de 23 años que sufre una amputación del miembro superior derecho en el tercio proximal tras sufrir un accidente de moto al colisionar con un guarda railes.

Resultados: Tras el tratamiento fisioterapéutico se consiguió una independencia total y una vuelta a la normalidad en la vida del paciente.

un paciente varón de 23 años de edad, soltero, sin cargas familiares, laboralmente en activo desempeñando un puesto de jefe de taller, sin ningún antecedente previo de enfermedad y con hábitos saludables que sufrió un accidente de moto con casco, cuyo resultado, entre otras lesiones, fue la amputación del tercio proximal del miembro superior derecho (miembro dominante).

Dicho protocolo lo exponemos siguiendo el orden cronológico.

En la madrugada del 29 al 30/09/2007 alrededor de las 2:00 horas se produce el accidente. JMCD es atendido por los Servicios de Urgencias en el lugar del accidente.

A las 6:20 horas ingresa en su hospital de referencia con el diagnóstico de policontusionado:

fractura abierta grado III de húmero derecho (miembro dominante) con gran destrozo del paquete vasculo-nervioso de dicho miembro, quedando el brazo derecho unido al cuerpo tan solo por parte del vientre muscular del tríceps braquial. Elongación de tronco nervioso que según estudio electro-neurográfico de fecha 19 Marzo 2008 muestra una falta de potencial evocado en los nervios circunflejo, músculo cutáneo y radial.

Posible fractura L1-L2.

Tras ser valorado por el equipo de Traumatología y Cirugía Cardiovascular pasa a quirófano:
-Limpieza, desbridamiento y síntesis con placa de fractura abierta húmero derecho.

- By-pass de safena invertida de arteria axilar-humeral. Anastomosis varias en serie venas humerales.

Mañana del 1/10/2007 En la unidad de cuidados intensivos se realiza arteriografía observándose isquemia por trombosis del by-pass. Miembro superior derecho cianótico con dedos rígidos y estructurados en garra. Irreversible, con necrosis distal del miembro superior derecho.

Tarde de 1/10/07 Amputación de miembro superior derecho en su 1/3 proximal: sección de nervios mediano y radial. Sección de masa muscular por zona con viabilidad muscular. Retirada de material de osteosíntesis. Reconstrucción del muñón óseo-humeral y cobertura y almohadillado con masas musculares de bíceps y tríceps. Cierre de fascia muscular, tejido celular subcutáneo y piel.

6 días después cumplirá 24 años.

3/10/07 Resultado TAC columna lumbosacra: fractura aplastamiento de platillo superior de L1 sin componentes de partes blandas ni afectación del muro posterior.

Traslado de U.C.I. a planta hospitalaria.

5/10/2007 Comienzo tratamiento agudo con fisioterapia respiratoria por derrame pleural en ambos pulmones y posibles complicaciones respiratorias, así como tonificación de miembros inferiores, miembro superior izquierdo y tratamiento postural del muñón. Este tratamiento continuará en los meses posteriores.

8/10/2007 Hoja interconsulta a psiquiatría.

A nuestro criterio hubiera sido conveniente ayuda psicológica^{5,6,7} para el paciente y su familia durante todo el proceso para afrontar la pérdida, crear adherencia al tratamiento, mejorar la autoestima y así poder adaptarse a la nueva situación.

9/10/07 Intervención quirúrgica: artrodesis posterior T12-L1-L2 no requiriendo ingreso en U.C.I. (Efisioterapia, 2012)

Caso #4

Juan, tiene 45 años, vive con su esposa y sus dos hijos de 17 y 20 años en un pueblo a pocos kilómetros de la ciudad. Trabaja desde hace 15 años en la empresa recolectora de residuos realizando la tarea de recolector.

Juan hace 6 meses sufrió un accidente laboral lo que le produjo la pérdida parcial de su miembro superior derecho. Nos cuenta que un día mientras trabajaba descendió del camión, como lo hacía habitualmente, pero este continuó circulando, y se le engancho un sweater de lana que llevaba puesto en una manija rota de la cual él se sostenía, esto trajo como consecuencia que Juan sea arrastrado y luego el camión le pisara el brazo produciéndole un daño irreparable. Ante esta situación los médicos del Hospital decidieron realizarle una cirugía de urgencia donde le realizaron una amputación larga por encima del codo en el brazo derecho (miembro no dominante). Juan decide no utilizar prótesis. Es derivado a Terapia Ocupacional para adiestrar el miembro sano y lograr la máxima independencia en AVDB y AVDI, así como también es importante lograr la máxima funcionalidad del muñón y lograr la máxima estabilidad estática y dinámica que se pierde con la falta de una parte de cuerpo. Así como también será importante trabajar la imagen corporal. (Sofi, 2013).

Resultados

Durante la investigación de varias fuentes de información acerca de prótesis de manos robóticas y funcionalidades de las extremidades superiores, se identificó que eran muy pesadas y además de costosas lo cual no le permitía a personas de bajos recursos poder adquirirla, otro punto negativo es que no le brinda al usuario la facilidad de poder interactuar con ella

Sin embargo, **ProMaTec** será una mano diseñada a base de ácido poliláctico (PLA) y ninjaflex (TPE) en la mayor parte de su estructura ya que este material además de proporcionarle mucha flexibilidad, resistencia química y térmica, también aportan gran resistencia a las abrasiones por lo que la hace segura y de larga duración de vida útil, tomando en cuenta que gracias a los materiales de construcción no será dañino para el medio ambiente ya que el ácido poliláctico es un polímero biodegradable derivado del ácido láctico el cual es fabricado a partir de recursos renovables al 100% partiendo de productos ricos en almidón. Este termo plástico cuenta con características que lo igualan o superan a muchos plásticos derivados del petróleo.

En la parte posterior del antebrazo se encuentra insertado un pequeño panel solar o modulo que capta la luz sol para abastecer de energía la batería que se encuentra en el interior, de este modo la prótesis puede realizar una serie de movimientos coordinados como abrir y cerrar la mano (apretar y soltar), la

misma aplicara la fuerza necesaria según la requiera y sabrá en que momento ejercer su función, según la proximidad del objeto, el tamaño y la consistencia, todo esto gracias a una pequeña cámara ubicada en la palma de la mano recubierta por una membrana para evitar daños y pequeños sensores en la yema de los dedos los cuales enviaran señales a una pequeña computadora la cual está situada en la parte interior del antebrazo debajo del módulo solar, esta recibirá la información subministrada por la cámara y los sensores, analizando la información y enviando una señal de reacción como respuesta.

Tomando en cuenta el uso prolongado en horas de la noche, la **ProMaTec** cuenta con una batería de larga duración, que si esta no es suficiente optamos por proporcionarle una entrada de energía alterna, quiere decir, que podemos conectarla a un toma corriente ya sea en horas de descanso o a la hora de dormir, de este modo podemos asegurar que tendrá disponible su **ProMaTec** para cualquier actividad a cualquier hora del día.

Si bien una ventaja que tenemos a la hora de ahorrar energía la **ProMaTec** entrará en modo de ahorro energético automáticamente tras 10 minutos de inactividad de la misma y activándose con un ligero movimiento del brazo hacia delante, esto será posible gracias a sensores de movimiento.

Referencias Bibliográficas

Burgos, C. A. (s.f.). *tesis mano robotica*. Recuperado el 26 de Octubre de 2017, de <http://www.unicauca.edu.co/deic/Documentos/Tesis%20Quinay%E1s.pdf>

Efisioterapia. (2012). diario de una amputacion a proposito de un caso .
Efisioterapia .

LOAIZA, J. L. (2011). *EVOLUCIÓN Y TENDENCIAS EN EL DESARROLLO DE PRÓTESIS*. Recuperado el 26 de Octubre de 2017, de [file:///C:/Users/pc/Downloads/19354-91567-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/pc/Downloads/19354-91567-1-PB%20(1).pdf)

salud, A. (2014). Un brazo bionico permite a un amputado volver a su vida normal. *ABC salud* .

Salud, B. (2011). Paciente elige amputacion a cambio de una mano bionica .
Mundo .

Sofi. (03 de Octubre de 2013). *Prezi*. Recuperado el 01 de Noviembre de 2017, de https://prezi.com/bfxb_lwmhefb/juan-45-anos-amputado-de-miembro-superior-derecho/