

Tarea No. 2

Luis Gómez, Mauricio Olguín, Fátima Zarazúa, Arturo Mariscal, Gabriel López, Francisco Moreno

1 de septiembre de 2022

Resumen

La mano humana es un instrumento capaz de realizar innumerables movimientos debido al movimiento de agarre que es la capacidad del pulgar para enganchar los otros dedos. A lo largo de los años, se han desarrollado diversos dispositivos y prótesis para satisfacer la necesidad de brazos sin extremidades superiores. Ejecución del modo funcional. Relacionar esas unidades constructivas con el complejo biomecánico de cada unidad permite comprender que la función prensora de la mano depende de la integridad de las cadenas cinéticas esqueléticas y articulares que se extienden desde la muñeca hasta la falange distal y de su compromiso con la formación de un arco longitudinal o lateral, cambia la forma de la mano y se asocia con una interrupción de la coordinación de los componentes necesarios para poder agarrar con precisión.

1. Introducción

La integridad de la macroestructura y la microestructura de la mano, combinada con un abundante tejido cerebral, le han conferido al hombre el desarrollo de habilidades y ventajas especiales frente a otras especies. La disposición anatómica de la mano es lo que le ha otorgado gran variedad de adaptaciones funcionales en un momento determinado de acuerdo con la necesidad de su ejecutante. Constantemente la mano debe adoptar formas diversas que permiten al ser humano interactuar con su medio externo; posiciones como la concavidad palmar que permite tomar y soltar objetos, movimientos de oposición que proporcionan la pinza y facilitan la manipulación de instrumentos de precisión, y actividades de destreza manual fina.

La comunicación mediante el lenguaje corporal también involucra la mano. La mano es determinante de la independencia humana, es el “instrumento de los instrumentos” decía Aristóteles y tal como lo expresa Kapandji: “La mano es la extensión del cerebro”.

Cuando se estudia la anatomía y se comprende la kinesiólogía de la mano es cuando se puede entender la versatilidad instantánea con la que está dotada esta estructura compleja compuesta por 27 huesos, más de 20 articulaciones y más de 30 músculos, lo que hace que en un área tan pequeña converjan tejidos blandos y duros al mismo tiempo.

2. Desarrollo

2.1. Arquitectura de la Mano

El esqueleto óseo de la mano consiste en 8 huesos carpianos divididos en dos filas: la fila proximal articulada con las porciones distales del radio y el cúbito, a excepción del pisiforme que se encuentra en disposición palmar y se articula con el triquetrum; los cuatro huesos carpales distales están articulados con los cinco metacarpianos. Los 8 huesos carpales interpuestos entre el antebrazo y los huesos metacarpianos forman la compleja articulación de la muñeca (Figura No. 1).

Las unidades arquitectónicas de la mano se dividen funcionalmente en unidades fijas y unidades móviles. La unidad fija de la mano está constituida por el segundo y el tercer metacarpianos y la fila distal del carpo, su movimiento es muy limitado en las articulaciones intermetacarpianas y en la segunda y tercera articulaciones carpometacarpianas. Los huesos de la fila distal del carpo (trapezium, trapezoide, hamate y capitate) forman un arco transversal estable

fijado en virtud de fuertes ligamentos intercarpianos, y el capitate como piedra angular de la configuración del arco de los huesos carpianos. El ligamento volar carpal fija el hamate a las crestas palmares del trapecio para impedir el colapso del arco palmar transverso.

Articulando con la fila distal del carpo se proyectan distalmente los cinco metacarpianos. El segundo y el tercer metacarpianos son fijados íntimamente a la fila distal del carpo y juntos forman la unidad fija del esqueleto de la mano. La unidad fija central es la base de soporte de las unidades móviles de la mano y se proyecta distalmente, bajo la influencia de los principales extensores de muñeca (extensor carpi radialis longus y el extensor carpi radialis brevis) y el primer flexor de muñeca, el flexor carpi radialis. Alrededor de esta unidad central se posicionan los elementos adaptativos de movimiento.

Las unidades adaptativas de la mano que se mueven alrededor de la unidad central son tres elementos que en orden de importancia constituyen: el rayo del pulgar, el rayo del índice y la unión del tercero, cuarto, y quinto rayos juntos con el cuarto y el quinto metacarpianos[2].

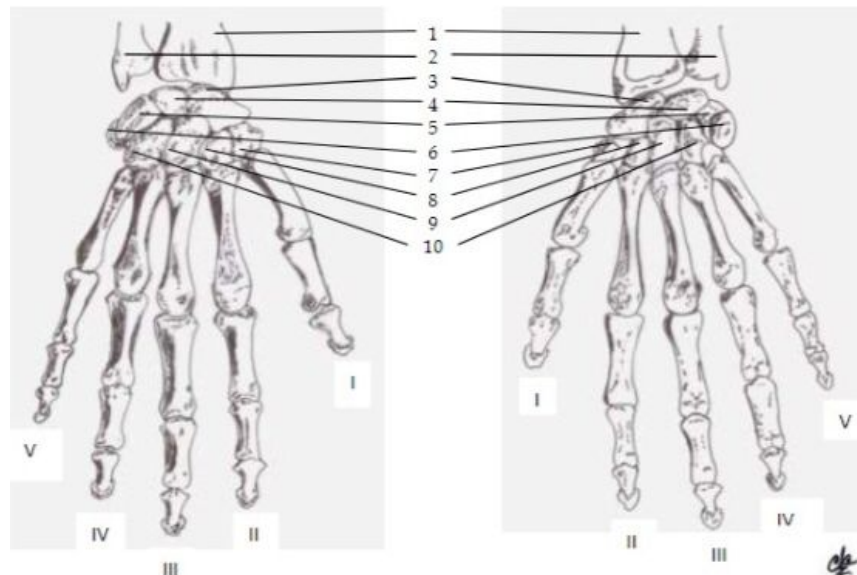


Figura 1: Huesos de la Mano. 1.Radio; 2.Cúbico; 3.Escafoides; 4.Semilunar(Lunate); 5.Pramidal(Triquetrum); 6.Pi-siforme; 7.Trapezio; 8.Trapezoide; 9.Grande(Capitate); 10.Gachoso(Hamate). I.Pulgar; II.Índice; III.Dedo medio; IV.Anular; V.Meñique

2.2. Movimientos de la Mano

Los movimientos de aducción y abducción permiten al pulgar moverse hacia dentro y fuera de la palma de la mano. Los músculos y articulaciones de la mano permiten una gran variedad de configuraciones de sujeción que pueden ser clasificadas en tres grandes grupos: prensiones o pinzas digitales, las prensiones palmares, las prensiones centradas, las prensiones con gravedad, y las prensiones con acción.

Las prensiones digitales se dividen a su vez en dos subgrupos: las pinzas bidigitales y las pinzas pluridigitales. Las prensiones bidigitales constituyen la clásica pinza pulgodigital, generalmente pulgar - índice. Las prensiones pluridigitales hacen intervenir, además del pulgar, otros dos, tres o cuatro dedos, permitiendo una prensión mucho más firme que la bidigital. A su vez, se dividen en tridigital, tetradigital y pentadigital, de acuerdo al número de dedos involucrados.

Las palmares hacen intervenir, además de los dedos, la palma de la mano. Son de dos tipos según se utilice o no el pulgar: la prensión dígito palmar y la prensión palmar con la totalidad de la palma.

La prensión centrada realiza una simetría en torno al eje longitudinal que, en general, se confunde con el eje del antebrazo. Esto es evidente en el caso de la batuta del director de orquesta que no hace más que prolongar la mano

y representa una extrapolación del dedo índice en cuanto a su función de señalar.

En la prensión con gravedad la mano sirve de soporte, como cuando se sujeta una bandeja. Gracias a la gravedad, la mano también puede comportarse como una cuchara que contiene granos, harina o un líquido.

La mano también es capaz de actuar sujetando, teniendo lo que se denomina prensión con acción (PCA) o prensión acción. Algunas de estas acciones son elementales como por ejemplo: lanzar una pirinola, mediante una prensión pulgar - índice tangencial, o también lanzar una canica. Estas prensiones con acción en donde la mano actúa sobre sí misma son innumerables; se pueden tomar como ejemplo: la acción de encender un encendedor o la acción de cortar con tijeras[4].

2.3. Patrones funcionales

Esta compleja organización anatómica y funcional de la mano converge en la prensión. La función prensil de la mano depende de la integridad de la cadena cinética de huesos y articulaciones extendida desde la muñeca hasta las falanges distales. La interrupción en los sistemas de arcos transversales y longitudinales resulta en inestabilidad, deformidad y pérdida de función.

Los patrones de función prensil son movimientos en los que se agarra un objeto y éste se mantiene en parte o de forma completa dentro de la superficie de la mano. La eficiencia de la función prensil depende de:

- La eficacia de la primera articulación carpometacarpiana y, en menor grado, de la cuarta y quinta MCF.
- La rigidez relativa de la segunda y tercera articulaciones carpometacarpianas.
- El sinergismo y antagonismo equilibrio entre los músculos extrínsecos e intrínsecos de la mano.
- La aferencia sensorial adecuada de las áreas de la mano.
- Las precisas relaciones entre la longitud, movilidad y posición de cada hilera de dedos[2] .

2.4. Prótesis de una Mano (Concepto y Tipos)

Una prótesis de extremidad superior se refiere a un dispositivo fabricado artificialmente que sirve como sustituto de una mano parcial o totalmente perdido debido a un accidente, lesión, enfermedad o defecto congénito. Vienen en diferentes formas, tamaños y diseños. Una prótesis para amputación de mano comprende típicamente ejes, encajes y componentes para imitar la unión del miembro a una articulación o rótula. Se puede fijar al cuerpo mediante el uso de cables.

Al momento de hacer o diseñar una prótesis, aparecen dificultades que por ende crean retos para mejorar y optimizar los diseños, los cuales pueden ser:

- 1.- Tamaño y Masa
- 2.- Velocidad y Torque
- 3.- Baterías

-----Prótesis Estéticas-----

Denominadas "prótesis pasivas", dado que solo cubren el aspecto estético. Para fabricarlas se emplean tres tipos de materiales: PVC rígido, látex flexible o silicona, los cuales se caracterizan por ser más livianos y requerir menos mantenimiento [1].

-----Prótesis Funcionales-----

Proveen cierta movilidad, intentando suplir las funciones del miembro natural amputado. Se pueden clasificar en mecánicas o mioeléctricas, siendo estas últimas las que ofrecen una mejor solución en cuanto al número y fuerza de los agarres [1].

-----Prótesis Mecánicas-----

Son dispositivos que se usan con la función de cierre o apertura de la mano a voluntad, su control es por medio de

un arnés que se encuentra sujeto alrededor de los hombros, parte del pecho y del brazo. Su sistema de agarre es para objetos relativamente grandes y redondos debido a la poca precisión del mecanismo [7].

----- -Prótesis Eléctricas- -----

Usan motores eléctricos en el dispositivo terminal, muñeca o codo con una batería recargable. Se controlan de varias formas, ya sea con un servocontrol, control con botón pulsador, etc. Su adquisición y reparación son costosas, existiendo desventajas como el cuidado a la exposición de un medio húmedo y el peso de la prótesis [8].

----- -Prótesis Neumáticas- -----

Su función depende de ácido carbónico comprimido, que proporciona una gran cantidad de energía. Aunque, presenta como inconveniente las complicaciones de sus aparatos y accesorios, y el riesgo en el uso del ácido carbónico. Su desarrollo fue interrumpido debido a las dificultades técnicas presentadas [8].

----- -Prótesis Híbridas- -----

Es la combinación con la acción del cuerpo y el accionamiento por electricidad. Este concepto es ampliamente utilizado en las prótesis transhumerales (amputación por encima del codo), donde por lo general el codo es accionado por el cuerpo y el dispositivo terminal (gancho o mano) es de accionamiento mioeléctrico [8].






Prótesis Estéticas	Prótesis Funcionales	Prótesis Mecánicas
		
Prótesis Eléctricas	Prótesis Neumáticas	Prótesis Híbridas
		

Figura 2: Tabla ilustrativa de los diferentes tipos de prótesis.

----- -Prótesis Mioeléctricas- -----

Son sistemas accionados por servomotores, estos son controlados por señales electromiográficas superficiales (EMGS), las cuales son intramusculares; existen sensores que pueden ser mediante agujas o electrodos colocados en el muñón del paciente, permitiéndoles de este modo capturar la señal superficialmente [6].

El control mioeléctrico es considerablemente el esquema de control más popular. Se desarrolla en el concepto de que siempre que un músculo en el cuerpo se contrae o se flexiona, se produce una pequeña señal eléctrica (EMG) que es creada por la interacción química en el cuerpo. Esta señal es demasiado pequeña (5 a 20 μV) Un micro-voltio es una millonésima parte de un voltio.

Éste tipo de prótesis tiene la ventaja de que sólo requieren que el usuario mueva sus músculos para operarla, a diferencia de las prótesis que son manipuladas por el miembro y que requieren el movimiento general del cuerpo. Por otro lado, tienen como desventaja, el que usan un sistema de batería que necesita mantenimiento para su recarga, descarga, desecharla y reemplazarla eventualmente.

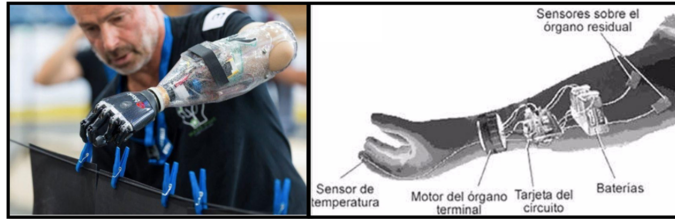


Figura 3: Representacion y estructura de una prótesis mioeléctrica

2.5. Materiales para la fabricación de prótesis de mano

Dentro de la fabricación de prótesis de manos se emplean materiales que tengan una buena resistencia a la ruptura, así mismo que sus características este el ser liviano y presentar bajo coeficiente de fricción al rozar con otras superficies. Los materiales que cumplen con esas características son los metales como el acero inoxidable, cromo-cobalto-molibdeno, aleaciones de titanio, platino), los polímeros plásticos de muy alta densidad (polietileno, elastómeros, polipropileno) y las resinas[5].

-----Aleaciones-----

Se conoce como una aleación a aquella sustancia que es compuesta por dos o más metales, o de uno o más metales con algunos elementos no metálicos. El acero inoxidable es una clase de acero que es resistente a la corrosión, por lo cual dicha característica lo hace ideal para ser empleado en una prótesis, ya que para una mano el contacto con distintos fluidos es cotidiano y es por eso que tener esta característica es fundamental para evitar problemas de oxidación en una prótesis. Se dice que es resistente a la corrosión ya que contiene cromo que posee gran afinidad por el oxígeno y reaccionando con él, forma una capa pasivadora, que evita la corrosión del hierro. Algunos tipos de acero inoxidable contienen además otros elementos aleantes; los principales son el molibdeno y el níquel.



Figura 4: Emplacación del acero inoxidable en una prótesis de mano.

Las aleaciones de titanio son extremadamente fuertes, altamente dúctiles y fácilmente forjadas y maquinadas. La principal limitación del titanio es su reactividad química con otros materiales a elevadas temperaturas. Esto hace necesario el desarrollo de técnicas no convencionales de refinado, fusión y colado. Consecuentemente las aleaciones de titanio son muy costosas.

Otra aleación utilizada es el duraluminio, esta es una aleación de aluminio con una base de magnesio. Es un metal liviano, muy resistente, pero se corroe más que otras aleaciones[5].

-----Plásticos-----

Los plásticos son materiales poliméricos orgánicos (compuestos por moléculas orgánicas gigantes), estos tienen la capacidad de deformarse hasta conseguir una forma deseada por medio de extrusión, moldeo o hilado. Las moléculas pueden ser de origen natural, por ejemplo, la celulosa, la cera y el caucho (hule) natural, o sintéticas, como el polietileno y el nylon. Los materiales empleados en su fabricación son resinas en forma de bolitas o polvo, o en disolución.

Tipos de plástico Polietileno (PE).

Los plásticos polietilenos son muy utilizados en las fabricaciones de prótesis de mano, existen principalmente tres tipos de polietileno.

PE de Alta Densidad: Es un polímero obtenido del etileno en cadenas con moléculas bastantes juntas. Es un plástico incoloro, inodoro, no toxico, fuerte y resistente a golpes y productos químicos. Su temperatura de ablandamiento es de 120° C.

PE de Mediana Densidad: Es un polímero que equilibra las propiedades del PE de alta densidad y el de baja, es menos denso que el de alta pero mas resistente que este y más rígido que el de baja densidad, con estas características su rendimiento es muy bueno al ser empleado en prótesis.

PE de Baja Densidad: Es un polímero con cadenas de moléculas menos ligadas y más dispersas. En las prótesis es comúnmente usado para el recubrimiento de cables.

Polipropileno (PP). Es un plástico muy duro y con gran resistencia al calor pues se ablanda a una temperatura más elevada de 150 °C. Es muy resistente a los golpes, aunque tiene poca densidad y se puede doblar muy fácilmente, resistiendo múltiples doblados por lo que es empleado como material de bisagras. También resiste muy bien los productos corrosivos.

Poliestireno (PS). Es un plástico frágil, tiene una buena resistencia mecánica, ya que resiste muy bien los golpes.

Los elastómeros de la familia de los silanos a diferencia de otros plásticos tienen como base cadenas de silicio en vez de cadenas de carbón, lo que hace que los silanos no se disuelvan en solventes orgánicos convencionales como las acetonas, alcoholes, gasolina, grasa, etc. Además al no contener carbón su estructura es muy resistentes a altas temperaturas. Son materiales con buenas propiedades elásticas y con buena resistencia a la ruptura[5].

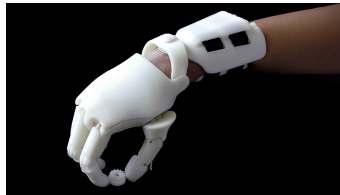


Figura 5: Empleación del plástico en una prótesis de mano.

-----Resinas-----

Las resinas epoxi se usan tanto en la construcción de moldes como de piezas maestras, laminados, extrusiones y otras ayudas a la producción industrial. Los resultados son baratos, resistentes y rápidos de producir. Los compuestos de fibras y epoxi, aunque son más caros que las resinas de poliéster o de éster de vinilo, producen piezas más resistentes. El poliéster (C10H8O4) es una categoría de polímeros que contiene el grupo funcional éster en su cadena principal. El poliéster termoplástico más conocido es el PET, el cual está formado sintéticamente con Etilenglicol más tereftalato de dimetilo, produciendo el polímero o politericoetano. Como resultado del proceso de polimerización, se obtiene la fibra a través de la condensación de dioles (grupo funcional dihidroxilo). Esta resina termoestable obtenida por polimerización del estireno y otros productos químicos, se endurece a la temperatura ordinaria y es muy resistente a la humedad, a los productos químicos y a las fuerzas mecánicas. Por lo cual este material es ideal para su uso en prótesis[5].



Figura 6: Empleación de resina en una prótesis de mano por medio de una impresión 3D.

-----Látex-----

Es el material más utilizado para la restauración estética, ya que es un elemento que se encuentra en estado líquido y se prepara con algunos aditivos como el alginato y algunas tinturas vegetales. Con este material se hacen

generalmente los guantes de prótesis. Este material tiene la ventaja de ser bastante ligero y económico pero se puede desgastar con mucha facilidad, algunos pacientes dicen que carece de realismo estético y sensorial comparado con otros materiales[5].



Figura 7: Emplacación del látex en una prótesis de mano.

-----PVC rígido-----

El PVC regido es un polímero termoplástico que es utilizado frecuentemente en prótesis para amputaciones de desarticulación de la muñeca. Este material presenta buenos resultados en personas que tienen cortos muñones y que no pueden tolerar una prótesis estándar por el peso[5].

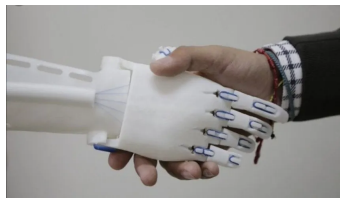


Figura 8: Emplacación del PVC rígido en una prótesis de mano.

-----Silicona-----

Este material es conocido desde hace mucho tiempo, pero recientemente se ha utilizado para la restauración de miembro superior. El proceso de restauración con silicona es más complejo a comparación de realizarlo con latex o PVC, pero da más realismo y genera restauraciones duraderas. Este material no mancha como el látex, por el contrario parte es más pesado, se puede utilizar en cierto tipo de prótesis, es más costoso y tiene procesos de fabricación más largos[5].



Figura 9: Emplacación de la silicona en una prótesis de mano.

2.6. Mecanismos

Para poder realizar la transmisión de movimientos en las articulaciones de las prótesis de manos normalmente se usan mecanismos que permiten flexionar y tensionar las falanges en los dedos, se considera que un mecanismo es un dispositivo que transforma un movimiento y una fuerza de entrada en otra de salida. en estos mecanismos se encuentra el transmisión por barras, motores instalados en cada articulación y transmisión por poleas[5].

-----Mecanismo de barras-----

Este mecanismo es muy usado en las prótesis robóticas, consiste en la transmisión de movimientos a las falanges instalando barras conectadas a los mismos en una configuración adecuada, con este mecanismo se elimina el empleo de motores para dar movimiento a las articulaciones y es fácil de manufacturar[5].

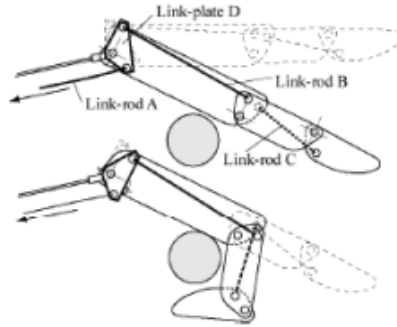


Figura 10: Representación de un mecanismo de barras rígidas.

-----Mecanismo con motor en cada junta-----

Este tipo de mecanismo es muy utilizado en manos de robots. Consiste en ubicar motores pequeños o micromotores en cada una de las articulaciones rotacionales de una cadena cinemática, El utilizar mecanismos de este tipo significa aumentar costos debido al número de motores que se utiliza, además se incrementa el peso del mecanismo[5].



Figura 11: Representación de un mecanismo con motor en cada junta.

-----Transmisión por poleas-----

Para poder utilizar este mecanismo las cuerdas de transmisión de todas las poleas deben ir unidas en un punto fijo a las respectivas poleas para así llegar a evitar deslizamientos y lograr que el movimiento se transmita. Como ventaja, este sistema reduce el peso de la mano, además es fácil implementar. Su funcionamiento empieza cuando el eje de una máquina o motor gira a una velocidad de rotación n , una polea que se encuentra enclavada, al mismo, también gira la misma velocidad de rotación n , y la velocidad tangencial v en la periferia de la polea dependerá del radio de la misma. Esta polea puede transmitir, por fricción o a través de una correa o cuerda, su movimiento a otra polea que esté montada sobre el eje de otro mecanismo receptor del movimiento, el cual según sea la relación de transmisión, adquirirá menor, igual o mayor velocidad de rotación que el primero. la polea que se encarga de transmitir el movimiento se llama motora o conductora, y la que recibe el movimiento se llama conducida [5].

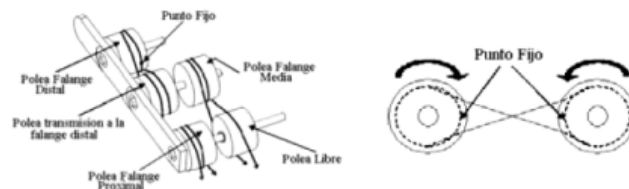


Figura 12: Representación de una transmisión por poleas.

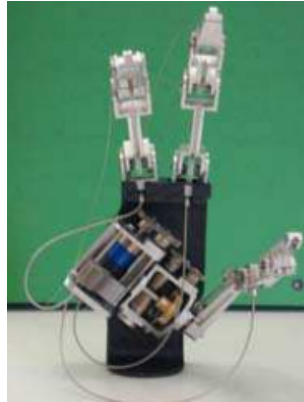


Figura 13: Representación de una transmisión por poleas en una prótesis de mano.

2.7. Sensores en las prótesis

Las prótesis que reemplazan los brazos ausentes en las personas suelen ser las mas complicadas para controlar ya que la calidad de la señal eléctrica que controla el músculo es deficiente y poco confiable, así como las tomas incómodas y mecánicamente inestables determinan las altas tasas de abandono de prótesis reportadas en las personas con amputación de miembros superiores.

El objetivo de este procedimiento es mejorar el control de las prótesis que utilizan señales de electromiograma (EMG), señales eléctricas generadas durante la contracción muscular. La transmisión inalámbrica de ‘bioseñales’ por medio de sensores se empieza a incorporar a las prótesis modernas, gracias a un equipo de investigadores han implantado con éxito el IMEs (sensor mioeléctrico implantable) combinado con la cirugía TMR (Reinervación Muscular Dirigida) en tres pacientes varones después de restablecer la función nerviosa, para transmitir señales biológicas y controlar de manera inalámbrica sus prótesis robóticas.

“Después de más de dos años de observación, los resultados demuestran una transmisión de datos extremadamente confiable y un uso mucho más rápido y seguro en comparación con los sistemas estándar“, dice el investigador principal Assmann. Los sensores mioeléctricos implantables e inalámbricos (IMES) poseen una carcasa de cerámica de forma cilíndrica, de 16 mm de largo y 2,5 mm de diámetro. Estos IMES transmiten de forma inalámbrica los datos de EMG a la prótesis y se alimentan mediante un acoplamiento inductivo utilizando una bobina externa integrada en la prótesis[3].

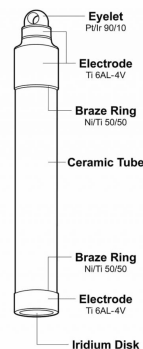


Figura 14: Sensor colocado en la prótesis.

3. Conclusiones

Se aprendió mas detalladamente algunas de las cosas que implican para realizar una prótesis y que ésta tenga una funcionalidad con la persona que la vaya a utilizar, algo importante es que no solo importa el diseño y/o construcción, también es importante que la persona la pueda utilizar la mayor parte del tiempo sin necesidad de que un medico o ingeniero la tenga que intervenir en un periodo corto de tiempo (para recalibrar, ajustar, reprogramar etc) sino que tenga fiabilidad para utilizarla el día a día sin complicaciones.

Referencias

- [1] Anónimo. Arte y discapacidad. obtenido de prótesis de miembros superiores, 2013.
- [2] L.A Aria López. Biomecánica y patrones funcionales de la mano, 2012.
- [3] Assmann. Implante a largo plazo de sensores intramusculares y transferencias nerviosas para el control inalámbri-co de brazos robóticos en amputados por encima del codo, 2017.
- [4] Medellín Castillo H.I Bernal Torres M.G. Análisis, simulación y evaluación biomecánica de un mecanismo para prótesis de mano robótica, 2016.
- [5] Cesar Augusto Quinayás Burgos. Diseño y construcción de una prótesis robótica de mano funcional adaptada a varios agarres, 2010.
- [6] J. Dorado. Robótica y prótesis inteligentes. revista digital universitaria , volumen 6 , número 1., 2004.
- [7] Arzola N. Loaiza, J. Evolución y tendencias en el desarrollo de prótesis de mano, 2011.
- [8] Mediprax. Tipos de protesis para miembro superior, 2021.