



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

CAMPUS D'ALCOI

# *Diseño de manos biónicas de bajo coste*

---

**MEMORIA PRESENTADA POR:**

*Sergio Pérez Montoya*

GRADO DE INGENIERÍA EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DESARROLLO DE PRODUCTOS

Convocatoria de defensa *Noviembre de 2017*

# Resumen y palabras clave

Este proyecto presenta el diseño y construcción de una prótesis mioeléctrica de mano con 4 grados de libertad.

Se muestran una serie de consideraciones de diseño desde una perspectiva multidisciplinar. El desarrollo de la prótesis dependerá de la simbiosis entre las distintas ramas para ejecutar el producto con una gran armonía biomecánica.

Es fundamental conocer la antropometría humana y la biomecánica de la mano para replicarla mecánicamente.

El correcto diseño de la prótesis está sujeto a varios factores que cabe mencionar y son: Diseño, fabricación y costes.

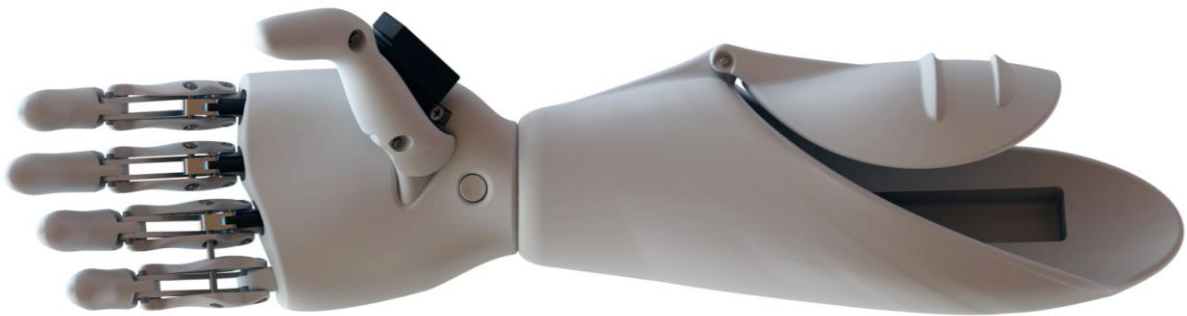
Con todo lo mencionado se puede diseñar y fabricar una prótesis mioeléctrica de miembro superior totalmente funcional y operativa.

**Palabras clave:** Mano, biónica, biomecánica, mioeléctrica, prótesis.



**Sergio Pérez Montoya**

# **Diseño de manos biónicas de bajo coste**



**Noviembre de 2017**

**Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo del Producto**



**UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA**

**CAMPUS D'ALCOI**





# Agradecimientos

Todo el agradecimiento a la gente que me ha apoyado en todo momento y en especial a mis padres.

# Índice

## Contenido

<b>1- Introducción.....</b>	<b>10</b>
<b>1.1- Antecedente. ....</b>	<b>10</b>
<b>1.2- Objeto de estudio.....</b>	<b>11</b>
<b>1.3- Justificación. ....</b>	<b>11</b>
<b>1.4- Planteamiento del problema. ....</b>	<b>12</b>
<b>2- Estado de la tecnología o estudio de mercado.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1- Prótesis mioeléctricas. ....</b>	<b>13</b>
<b>2.2- Manos robóticas.....</b>	<b>31</b>
<b>2.1- Conclusión del estudio de mercado.....</b>	<b>36</b>
<b>3- Biomecánica de la mano humana. ....</b>	<b>37</b>
<b>3.1- Huesos de la mano ....</b>	<b>37</b>
<b>3.2- Articulaciones de la mano.....</b>	<b>40</b>
<b>3.3- Músculos flexores y extensores de la mano.....</b>	<b>42</b>
<b>3.4- Tendones de la mano. ....</b>	<b>54</b>
<b>4- Antropometría de la mano humana. ....</b>	<b>57</b>
<b>Medidas antropométricas del brazo para el socket .....</b>	<b>67</b>
<b>Niveles de amputación .....</b>	<b>68</b>
<b>5- Diseño de la mano biónica. ....</b>	<b>69</b>
<b>5.1- Modelo geométrico de la mano.....</b>	<b>69</b>
<b>5.2- Modelo dinámico de la mano. ....</b>	<b>71</b>
<b>5.3- Diseños propuestos. ....</b>	<b>77</b>
<b>5.4- Dedos. ....</b>	<b>82</b>
<b>5.5- Palma de la mano. ....</b>	<b>88</b>
<b>5.6- Antebrazo. ....</b>	<b>94</b>
<b>5.7- Materiales.....</b>	<b>102</b>
<b>5.8- Peso.....</b>	<b>105</b>
<b>6- Software y Hardware.....</b>	<b>108</b>
<b>6.1- Actuadores.....</b>	<b>108</b>
<b>6.2- Sensores.....</b>	<b>110</b>
<b>6.3- Electrónica y microcontrolador.....</b>	<b>114</b>
<b>6.4- Alimentación.....</b>	<b>117</b>

6.5- Regulador de tensión. ....	118
6.6- Algoritmo de programación. ....	119
7- Proceso de fabricación y montaje del prototipo. ....	122
7.1- Fabricación:.....	122
7.2- Montaje.....	138
8- Simulación CAD y render de la prótesis. ....	150
9- Presupuesto. ....	154
10- Conclusiones. ....	157
11- Referencias. ....	158
12- Anexos.....	159
12.1- Planos.....	159
12.2- Hojas de datos de componentes.....	160



## 1- Introducción.

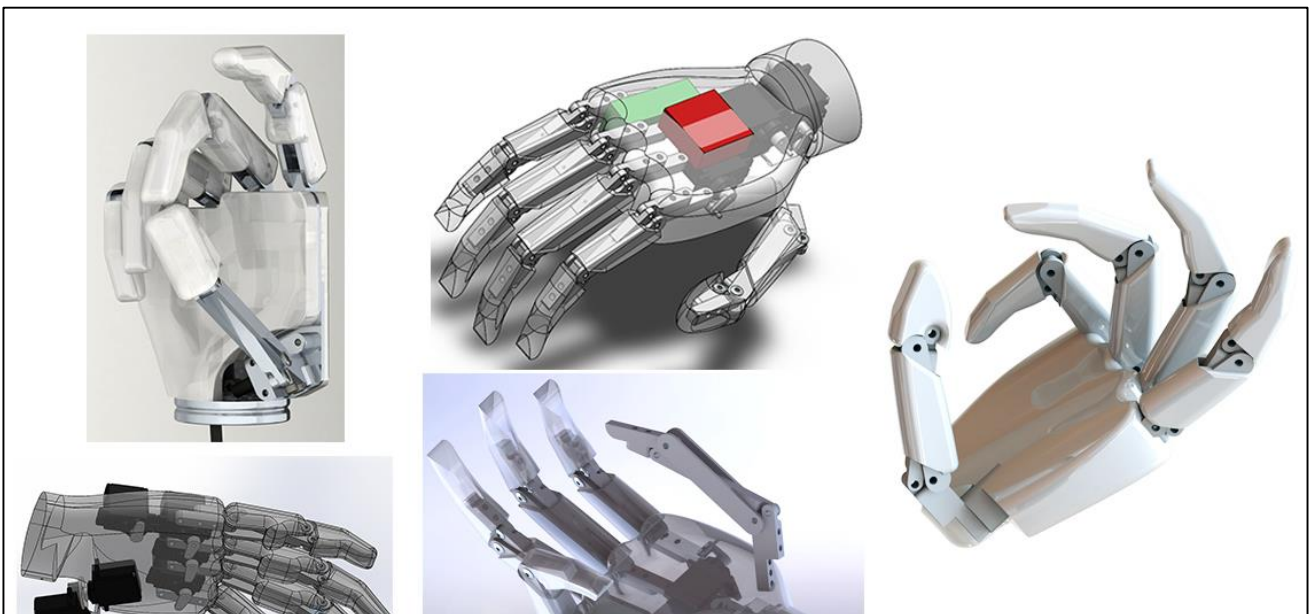
### 1.1- Antecedente.

Tras años de investigación de forma autodidacta en el área de la robótica y su aplicación a la biónica, se dispone a simular el comportamiento humano con ayuda de sistemas mecánicos y electrónicos. Todo ello sin olvidar la estética, un tema muy importante en constante evolución.

La conclusión a la que se llega, es la de desarrollar aplicaciones tecnológicas con el objetivo de aportar utilidades para el ser humano y así hacer la vida más cómoda, todo ello es la forma más humana con que utilizar la ingeniería. Así se llega a las prótesis de alta tecnología de miembros superiores.

La mano, la herramienta más importante del ser humano. El órgano principal para la manipulación física del medio, ella nos hace estar en contacto con el mundo. Al mismo tiempo el sistema más complejo y preciso del cuerpo humano, la interacción perfecta de los nervios, los tendones, un total de 27 huesos, 39 músculos y 36 articulaciones, permite realizar tareas cotidianas de forma natural.

Todo esto son motivos más que suficientes para querer replicar tal obra maestra de la naturaleza.



## **1.2- Objeto de estudio.**

El presente estudio tiene por objeto comprobar una serie de necesidades de las cuales se realizará una propuesta eficiente para solventarlas.

Entender, explicar, analizar y comprobar que se llega a una conclusión acertada son las principales intenciones del proyecto.

Se estudiará desde el punto de vista científico para que la elección sea lo más objetiva posible y así abordarla de la manera óptima.

## **1.3- Justificación.**

El siguiente estudio precisa de unas especificaciones de diseño desde las necesidades vistas a través de la experiencia y el estudio de la sociedad.

**Estética.**

**Dimensiones (Antropometría humana)**

**Materiales**

**Peso**

**Acabado**

**Técnicas**

**Mantenimiento**

**Precio**

**Duración**

**Seguridad**

### **1.4- Planteamiento del problema.**

Requisitos del diseño:

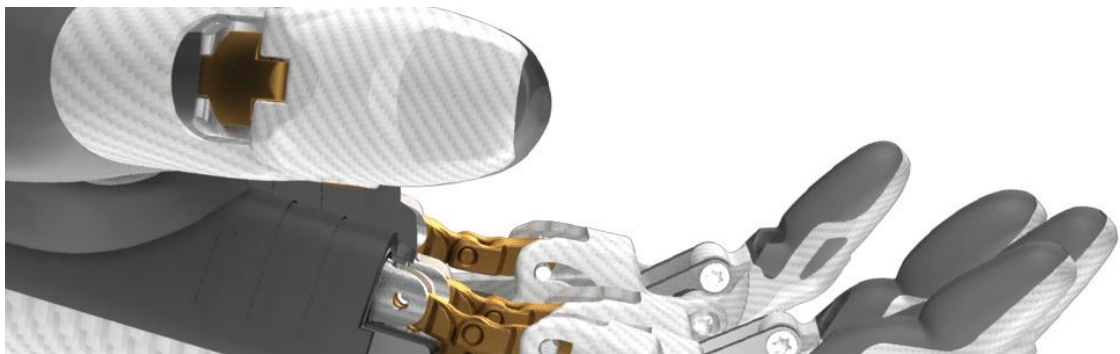
- Estética atractiva a la venta.
- Formas simples.
- Dimensiones establecidas por la antropometría humana.
- Materiales ligeros y de fácil fabricación.
- Acabado suave al tacto humano.
- Precio entre 1000 y 2000 euros.
- Material no tóxico.
- Técnicas de fabricación en serie y lo más simplificadas posible.
- Resistente en ciertas condiciones.
- Electrónica duradera.
- Duración media de 3 a 4 años.
- Buen agarre de elementos.
- Diseño esencial, sin elementos superfluos añadidos.
- Sin elementos cortantes ni que presenten algún peligro para el usuario y resto de personas.



## 2- Estado de la tecnología o estudio de mercado.

### 2.1- Prótesis mioeléctricas.

#### Bebionic 3



**Empresa:**

RSLSteeper

**Ubicación:**

Reino Unido

## Características:

Prótesis de alta tecnología, en este momento es el modelo más admirado en las prótesis mioeléctricas.

El usuario puede mover los cinco dedos de forma independiente a través de sus cinco actuadores.

Control proporcional de la velocidad sobre los actuadores según el nivel de precisión necesaria a la hora de ejecutar tareas delicadas.

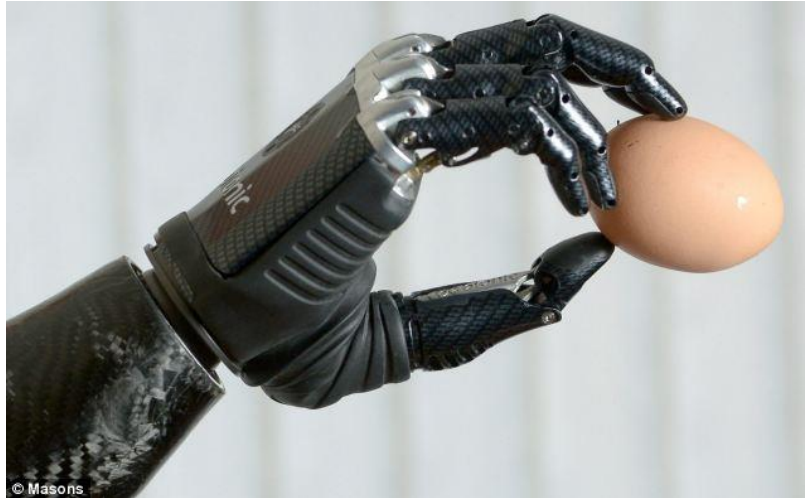
En su memoria se pueden guardar hasta 14 patrones de movimiento.

La mano puede ser calibrada de forma inalámbrica desde un software instalado en cualquier ordenador. Se ha desarrollado una aplicación para teléfonos móviles con el fin de controlarla de la misma forma que desde el PC.

Los electrodos conectados al brazo del usuario detectan la electricidad emitida por los músculos y envían la señal a un microprocesador. El microprocesador es el encargado de interpretar las señales y controlar los movimientos de los motores.

Los sensores ubicados en la yema de los dedos detectan si el objeto que sostiene está resbalando y así ajustar la sujeción del mismo para asegurar su correcto agarre.

Duración de la batería de unas 40 horas.



## Medidas:

A continuación se muestra una tabla de medidas proporcionadas por la empresa con los dos tamaños existentes, Medio y Largo.



Principal Dimensions	Large	Medium
A Middle Finger Tip to Hand Base	7 7/8" (200mm)	7 1/2" (190mm)
B Thumb Tip to Hand Base	4 7/8" (125mm)	4 3/4" (121mm)
C Max Chassis Width (no glove)	3 5/8" (92mm)	3 1/4" (84mm)
D Diameter of Chassis at Wrist	2" (50mm)	2" (50mm)
Palm Circumference (no glove)	8 5/8" (220mm)	8" (204mm)
Maximum Opening Width - Tripod Grip	4 1/8" (105mm - with glove)	4 1/8" (105mm - with glove)
Thumb Swing Through Angle	68°	68°
X EQD Only	1/4" (5mm)	1/4" (5mm)

En el modelo "Largo" las medidas son de 92mm del ancho de la palma y un largo total de la mano de 200mm. En el modelo "Medio" las medidas son de 84mm del ancho de la palma y 190mm de largo total de la mano.

En ambos casos el grosor de la mano es de 50mm.

**Peso:**

Aproximadamente su peso es de 598 gramos. (Sin contar el socket)

**Precio:**

Alrededor de 30.000 \$

Recientemente, la empresa desarrolló un modelo de tamaño reducido pensado para sexo femenino con el mismo tipo de características y funcionalidades que su antecesora.



## The Hand



**I-Limb Ultra Revolution**

- 1 Rótula
- 2 Dedo motorizado
- 3 Pulgar motorizado
- 4 Desconexión rápida de la muñeca\*
- 5 Cubierta
- 6 Interruptor de encendido/apagado



**Empresa:**

Touchbionics

**Ubicación:**

Reino Unido

**Características:**

Los cinco dedos se mueven de forma independiente gracias a sus 5 motores.

La rotación del pulgar esta motorizado de manera independiente ayudando al usuario a controlar la posición del pulgar. Al activar un patrón de agarre el pulgar se dirige automáticamente a la posición seleccionada.



Los patrones de agarre se pueden cambiar mediante la aplicación de móvil App de la mano, de esta manera puede acceder a cualquier patrón de agarre de manera inmediata.

Conexión Bluetooth con la App del móvil o PC.



El tiempo desde la posición abierta hasta la sujeción es de 1,2 segundos.

Carga máxima

Ofrece dos tipos de muñeca, muñeca flexible y muñeca Multi-flex.

- Muñeca flexible: ofrece tres posiciones de muñeca: dorsiflexión 30°, neutra 0° y flexión palmar 30°.
- Muñeca Multi-flex: puede usarse en modo pasivo o bloqueado. El modo pasivo permite la flexión, extensión y desviación lateral mediante resorte. Las opciones de posiciones bloqueadas son dorsiflexión hasta 30°, neutro a 0° y flexión palmar a 30°.

El límite estático de la carga máxima de la mano es de 90 Kg y de 32 Kg de la carga de sujeción máxima del dedo.

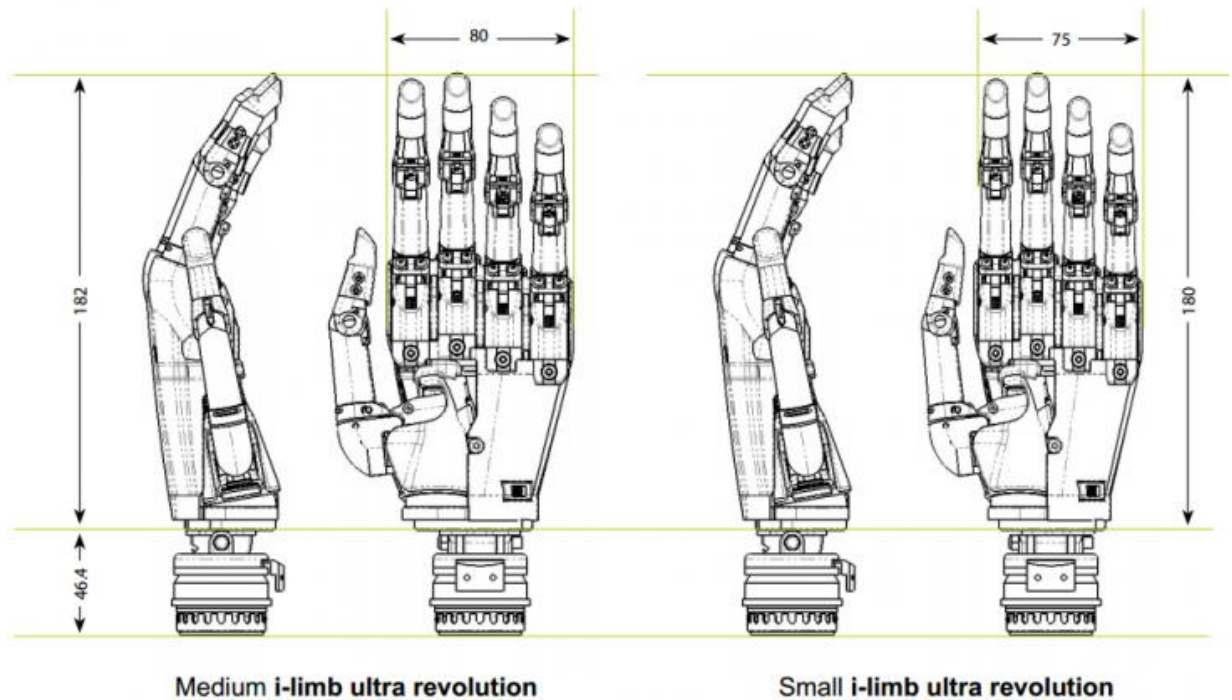
Disponible en colores negro o neutro.





## Medidas:

En el modelo "Medio" las medidas son de 80mm del ancho de la palma y un largo total de la mano de 182mm. En el modelo "Pequeño" las medidas son de 75mm del ancho de la palma y 180mm de largo total de la mano.



## Peso:

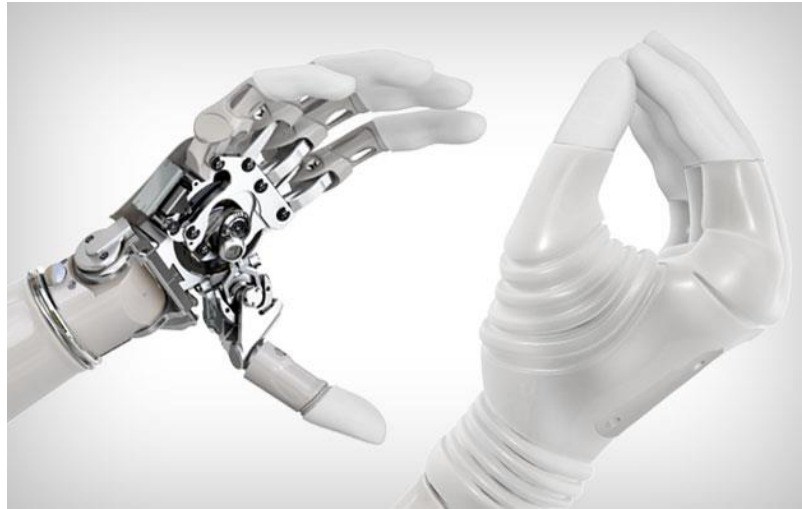
Peso mediano de 515 gramos.

Peso pequeño de 507 gramos.

## Precio:

Entorno a los 20.000 \$.

## Michelangelo hand



### **Empresa:**

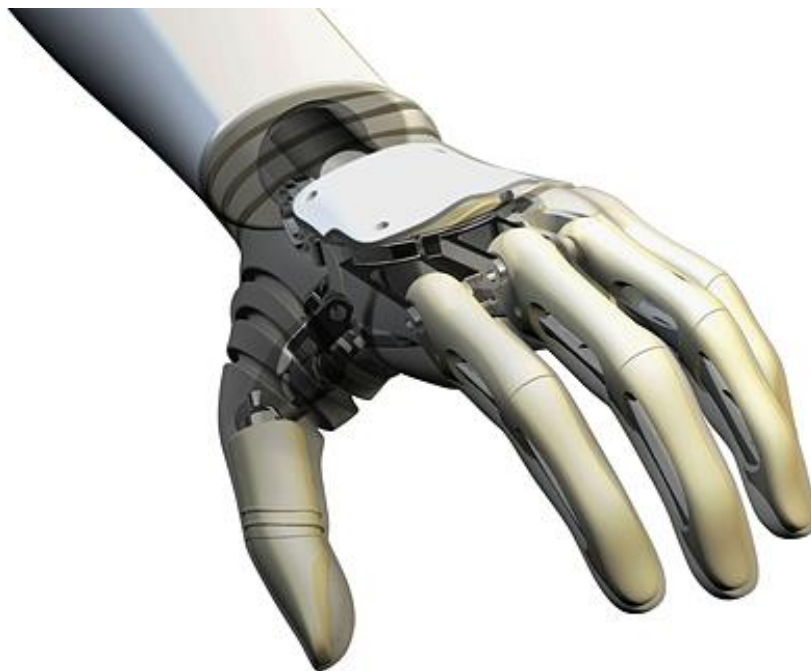
Ottobock.

### **Ubicación:**

Alemania.

### **Características:**

Los dedos pulgar, índice y corazón son elementos accionados de forma activa, mientras que los dedos anular y meñique se mueven de forma pasiva.





El motor del pulgar permite posicionarlo electrónicamente. La rotación exterior del pulgar hace posible que la palma de la mano esté completamente abierta, obteniendo así posibilidades adicionales de movimiento.

El usuario puede adaptar el modo de muñeca con la tecla de fijación. Los movimientos de flexión y extensión emulan una muñeca relajada (modo flexible). El usuario puede realizar los movimientos de pronación y supinación (giro de fuera a dentro y viceversa) de forma pasiva.



La tecnología Bluetooth permite elegir entre los 5 programas estándar que se adecuen a cada situación. Mediante el software de configuración se puede evaluar las señales musculares para el ajuste óptimo de los electrodos y configurar los parámetros de la prótesis según el usuario.

La fuerza de agarre se sitúa entre 6 y 7 kilogramos.

La velocidad de cierre es de aproximadamente 325mm/s.

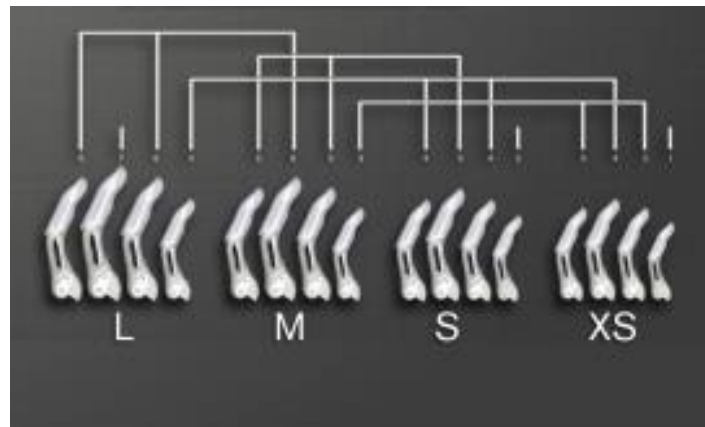
Fuerza de agarre en oposición de 70 N, fuerza de agarre lateral de 60 N y fuerza de agarre neutral de 15 N.



## Medidas:

Ancho de apertura aproximado 120mm.

No se proporcionan medidas de la palma de la mano. Únicamente se sabe que existen varios tamaños de dedos según el percentil del usuario.



## Peso:

El peso aproximado es de 420 gramos.

## Precio:

Entorno a los 45.000 Euros.

## Ada V1.1 Hand



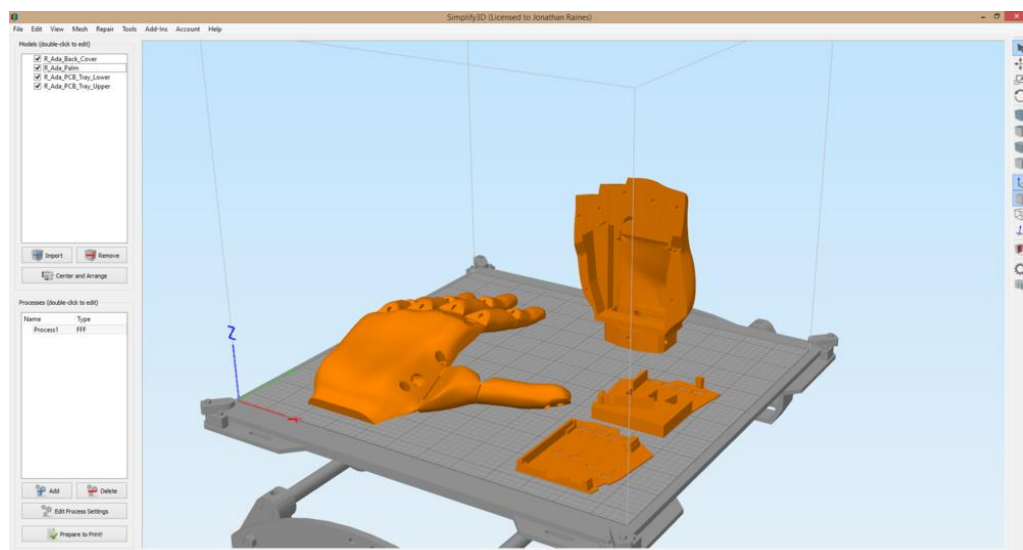
**Empresa:**  
Openbionics

**Ubicación:**  
Reino Unido

### **Características:**

Prótesis mioeléctrica de bajo costo, desarrollada para personas que no pueden costearse prótesis médicas, ya que sus precios son desorbitados.

Todas las piezas de la palma están impresas mediante la técnica de modelado por deposición fundida o MDF, más conocida como impresión 3D. El material utilizado en la impresión es el ABS.



La prótesis es de código abierto, esto quiere decir que todos los archivos de las piezas están disponibles de manera que cualquier usuario con una impresora podría imprimirla en su casa.

Se proporcionan instrucciones de montaje detalladas para cualquier usuario.



El usuario puede mover los cinco dedos de forma independiente a través de sus cinco actuadores.

Programación mediante IDE de Arduino ("Integrated Development Environment").

El PCB se basa en el microcontrolador Atmega2560.

Programable mediante USB desde PC o Mac.





**Medidas:**

Las dimensiones principales son 215 x 178 x 58 mm

**Peso:**

El peso es de unos 380 gramos.

**Precio:**

El precio del kit es de 569 libras sin impuestos.



## Youbionic



### **Empresa:**

Youbionic, a manos del ingeniero Federico Ciccarese.

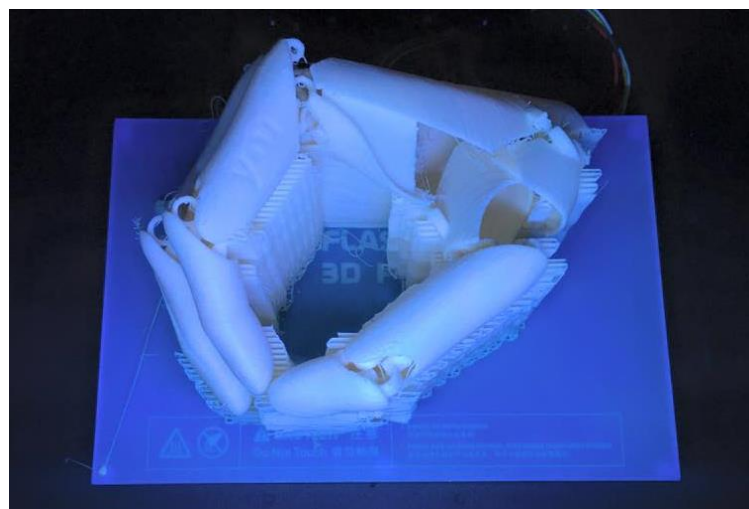
### **Ubicación:**

Italia

### **Características:**

Prótesis mioeléctrica de bajo costo, desarrollada para personas que no pueden costearse prótesis médicas, ya que sus precios son desorbitados.

La palma está fabricada es una sola pieza y el pulgar en otra a parte mediante la técnica de modelado por deposición fundida o MDF, más conocida como impresión 3D. El material utilizado en la impresión es el ABS.

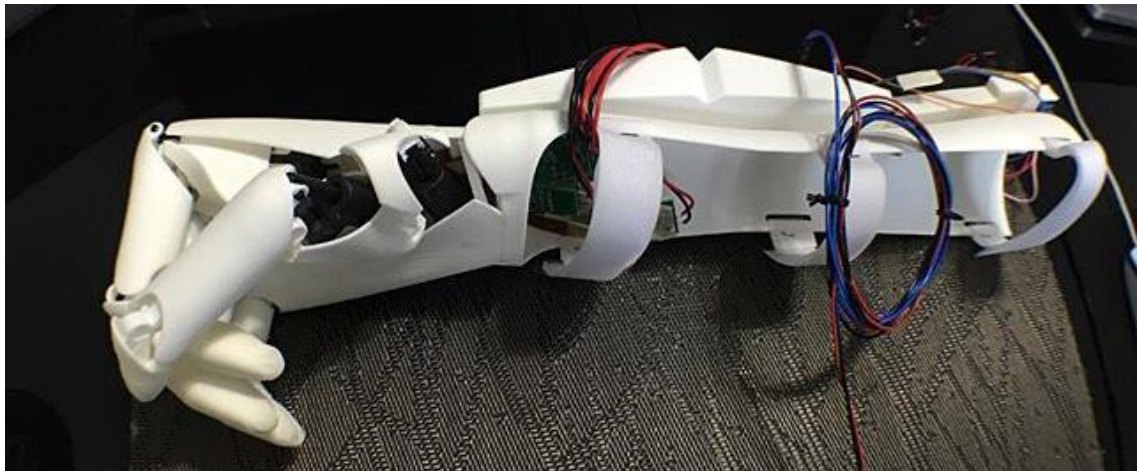


El usuario puede mover los cinco dedos de forma independiente a través de sus cinco actuadores.

El pulgar cuenta con un sexto motor para moverlo de forma independiente a la posición deseada.

El mecanismo de los dedos se caracteriza por ser flexible para que el movimiento sea más natural.

La electrónica se controla mediante Arduino y su IDE de programación.



**Medidas:**

No se especifican.

**Peso:**

No se especifica.

**Precio:**

El kit completo tiene un precio de 1.200 Euros.



## Handiii - Hackberry



**handiii**  
Accessible myoelectric hand

**HACKberry**  
Join our community here!!



### Empresa:

Exiii.

### Ubicación:

Japón.

### Características:

En primer lugar, desarrollaron la mano biónica Handiii, era más pesada, con un tamaño mayor y mecanismos más complejos.





Actualmente han desarrollado una mano biónica sucesora a la Handiii, la Hackberry, en la cual se centra este estudio de mercado.

Prótesis mioeléctricas de bajo coste y de código abierto (opensource). Cualquier usuario puede bajarse los archivos necesarios para su desarrollo. Han creado así una comunidad para aportar ideas al concepto. Los usuarios pueden colaborar en la mejora de la prótesis a través de la web <http://exiii-hackberry.com/>.



Permite sujetar objetos muy delgados gracias a la poca separación entre los dedos.

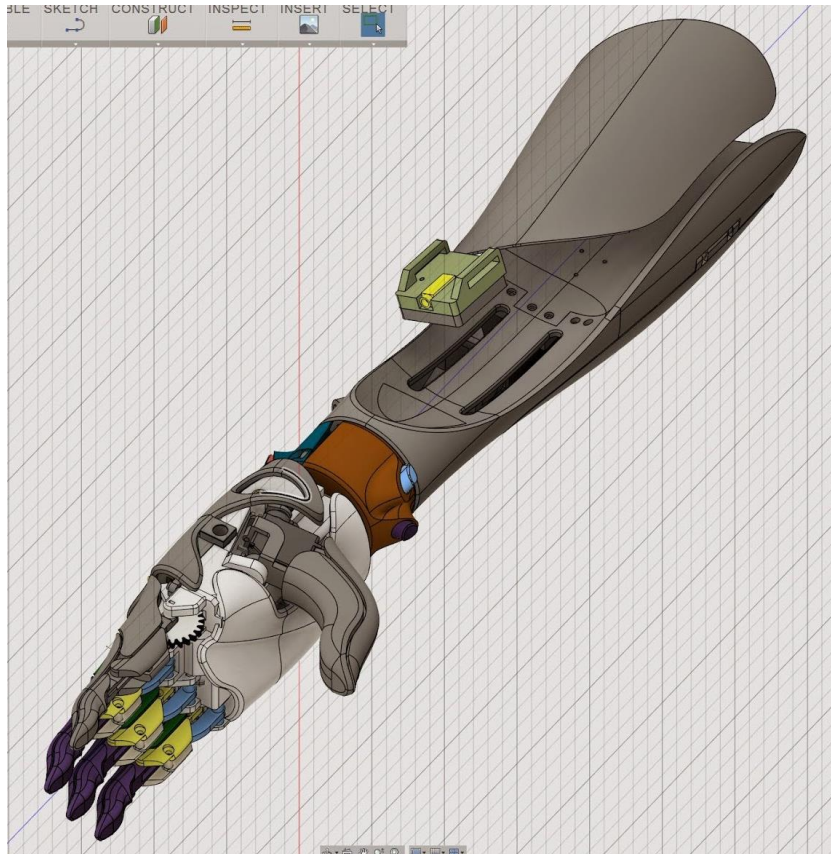
Movilidad en los 5 dedos.

El pulgar cuenta con un sexto motor para moverlo de forma independiente a la posición deseada.

Muñeca flexible con bloqueo consiguiendo posiciones más naturales.

Posibilidad de sensores táctiles u otros tipos.





## 2.2- Manos robóticas.

### Mano robótica Schunk SVH



**Empresa:**  
Schunk.

**Ubicación:**  
Alemania.

## **Características:**

20 grados de libertad.

Sus nueve drivers permiten replicar muchos gestos humanos, aumentando la aceptación de su uso en el entorno doméstico además del entorno industrial.

Mediante el uso de sensores táctiles en los dedos, tiene la sensibilidad necesaria para gestionar todas las tareas de agarre y la manipulación, incluso en situaciones no estructuradas e imprevisibles.

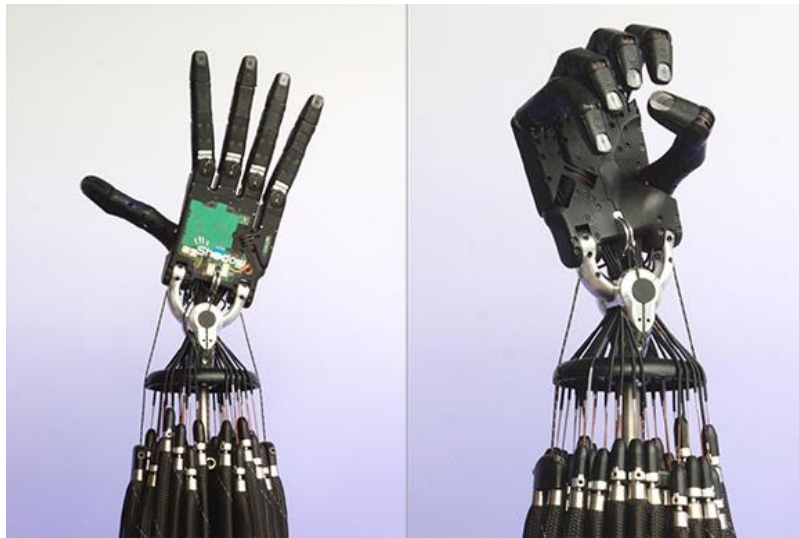
La superficie elástica de agarre garantiza una sujeción fiable de los objetos agarrados.

La mano se puede conectar con brazos ligeros.

Peso: 1,3 kilogramos. Longitud: 242,5mm. Grosor de la palma: 0,90mm.



## Mano robótica Dexterous



### Empresa:

Shadow robot company.

### Ubicación:

Reino Unido.

### Características:

24 movimientos y 20 Grados de Libertad.

129 sensores en toda la mano (posición, fuerza, presión, tacto, etc).

EtherCAT (100Mbps bus basado en Ethernet).

Plataforma ideal para integración e investigación. Diseño flexible que permite su integración en otros sistemas robóticos.

Tamaño: 448mm.

Peso: 4.3 Kg.

Capacidad de carga: 4 Kg.





## Mano robótica antropomórfica



### Empresa:

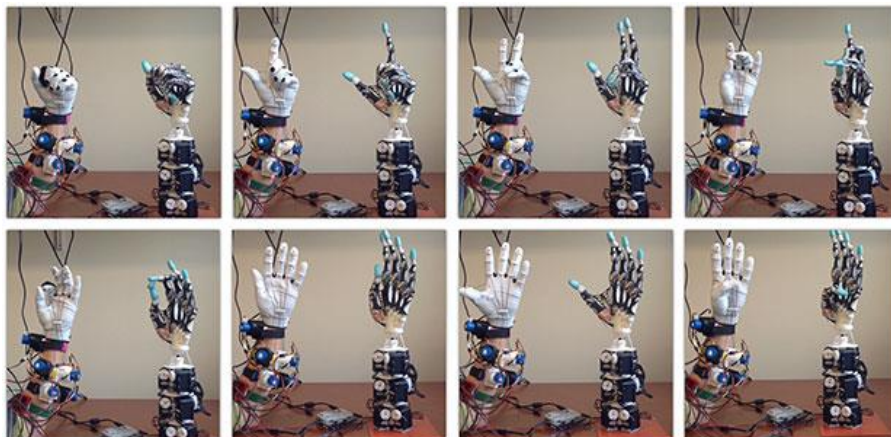
Construida por investigadores de la Universidad de Washington.

### Ubicación:

Estados Unidos.

### Características:

Se trata de una réplica casi exacta a la mano humana real. El esqueleto se basa en la estructura ósea real de una mano, realizada mediante impresión 3D. Los tendones también han sido replicados mediante cuerdas y látex. Unos servomotores Dynamixel se encargan de hacer la función muscular para dar movilidad a cada uno de los dedos.



## - Otras versiones conceptuales.

Las versiones puramente conceptuales aportan a este proyecto una mayor visión de diseño estético y mecánico.

## Brazo experimental impreso en 3D



### **Empresa:**

Universidad e Nottingham.

### **Ubicación:**

Reino Unido. Se usó en una exhibición en el Museo de Ciencias de Londres.

### **Características:**

Construida íntegramente en impresión 3D. Es totalmente pasiva. Creada para demostrar que en un futuro, con ayuda de la impresión 3D, se podrán realizar geometrías entrelazadas e imprimir con diversos materiales el producto en una sola pieza. Esto quiere decir que se fabricarán electrónica, carcasa, elementos estructurales y elementos activos en una sola impresión.



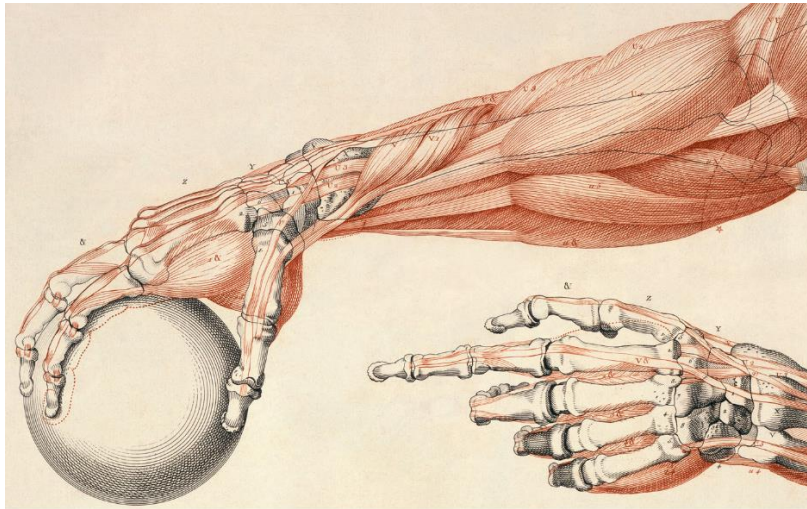
## **2.1- Conclusión del estudio de mercado.**

Se llega a una serie de premisas para desarrollar la prótesis de miembro superior relacionadas con las especificaciones de diseño.

- Estética: Blanco, y aspecto robótico-antropomorfo
- Dimensiones (Antropometría humana): Percentil humano del 50%
- Materiales: ABS, aluminio y acero inoxidable.
- Peso: un peso máximo de 500 gramos.
- Acabado: acabado mate o brillo.
- Técnicas: impresión 3D en casi toda su fabricación.
- Mantenimiento: fácil de mantener y con pocas horas de mantenimiento.
- Precio: que no sobrepase los 2000 euros.
- Duración: entre 3 y 4 años de durabilidad del producto.
- Seguridad: que no presente una amenaza para el usuario y el resto de personas.



### 3- Biomecánica de la mano humana.

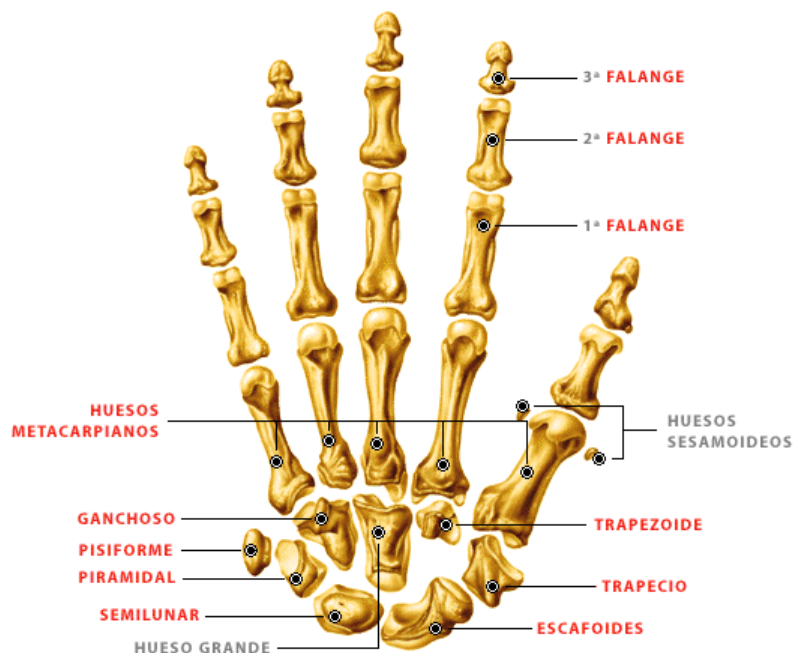


Para replicar una mano humana real se deben tener en cuenta los aspectos *biomecánicos*, es decir, los mecanismos biológicos que la hacen actuar. Y los aspectos *antropométricos*.

#### 3.1- Huesos de la mano

La mano humana tiene al menos 27 huesos divididos en tres grupos:

- El carpo o muñeca tiene 8 huesos.
- El metacarpo o palma tiene 5 huesos.
- Y los 14 huesos restantes son digitales.

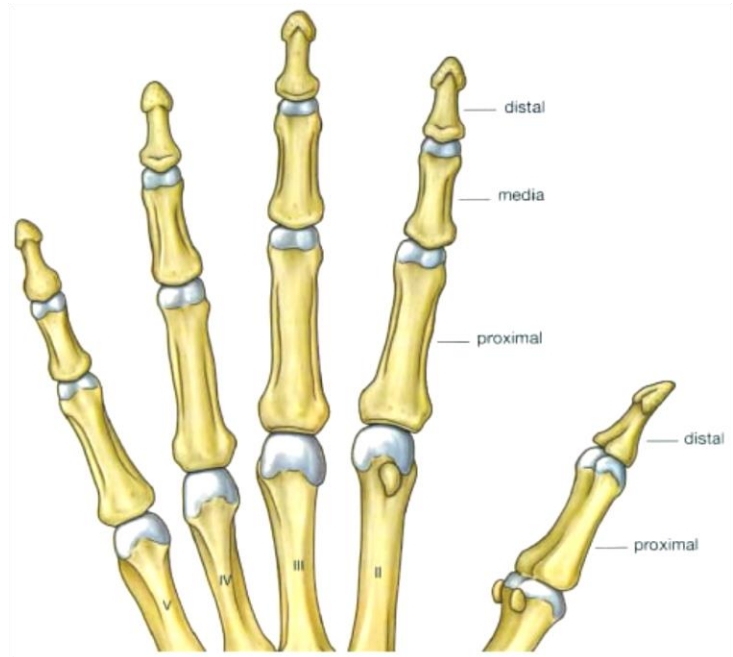


- **Huesos digitales:**

La mano contiene catorce huesos digitales, también llamados falanges. Dos en el pulgar y tres en cada uno de los otros cuatro dedos. El pulgar no tiene falange media.

Estos son:

- Falange distal
- Falange media
- Falange proximal.

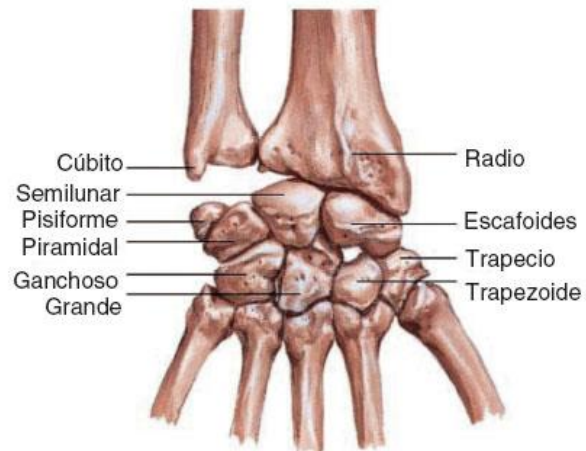


- **Huesos de la palma:**

En la palma de la mano se encuentran 5 huesos llamados metacarpianos. Son ligeramente alargados y ocupan toda la palma de la mano.

Se articulan por el extremo superior unos con otros y con los huesos de la segunda fila del carpo.

El 1 con el trapecio, el 2 con el trapecio y trapezoide, el 3 con el grande, el 4 con el grande y el ganchoso y el 5 con el ganchoso, y por el extremo interior con las falanges de los dedos.



- **Huesos de la muñeca:**

La muñeca tiene ocho huesos llamados carpianos. El carpo se encuentra en la extremidad superior de la muñeca. Bajo la cara inferior del cúbito se encuentra el ligamento triangular de la muñeca, que se articula con los huesos. Estos huesos encajan en la cavidad formada por los huesos del antebrazo el radio y el cúbito.

Los huesos del carpo se disponen en dos filas:

- La fila proximal son, de fuera hacia adentro: el escafoides, el semilunar, el piramidal y el pisiforme
- La fila distal son, de fuera hacia adentro: el trapecio, el trapezoide, el grande y el ganchoso.



### 3.2- Articulaciones de la mano.

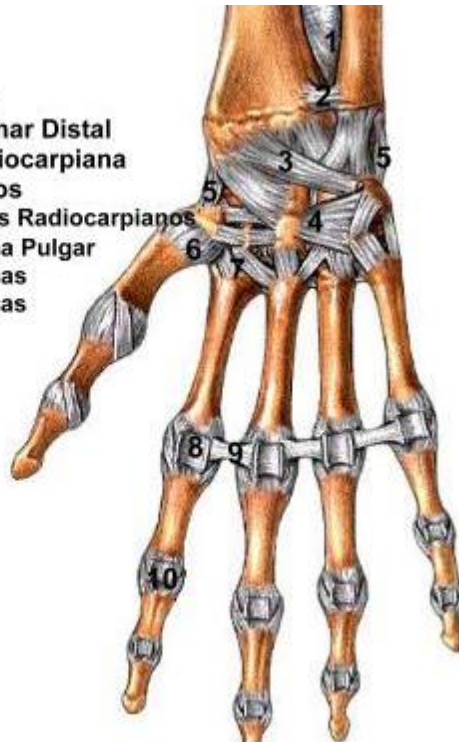
La mano de los seres humanos tiene un total de 25 articulaciones y permiten la realización de 58 movimientos diferentes.

Las articulaciones se distribuyen en:

- Radio-carpia y medio-carpiana (las propias de la muñeca).
- Carpometafalángicas.  
Los movimientos que permite esta articulación son los de flexión de 85° a 90° y extensión 85° a 90°. Permite también la aproximación o inclinación cubital de 40° a 45° y separación o inclinación radial de 15°.
- Metacarpofalángica (los nudillos).  
Estas articulaciones metacarpo-falángicas realizan movimientos en el eje transversal, de flexión de 80° a 90°, de extensión de 30° a 40°, y en el eje sagital, de separación de 60° y aproximación de 0°.
- Interfalángicas. (entre falanges media, distal y proximal)  
Sus movimientos articulares son flexión de 80° a 90° y extensión 0°.

Articulaciones de la mano vista anterior:

- 1.- Membrana Interósea
- 2.- Articulación Radioulnar Distal
- 3.- Ligamentos Art. Radiocarpiana
- 4.- Ligamentos Carpianos
- 5.- Ligamentos Colaterales Radiocarpianos
- 6.- Art. Carpometacarpiana Pulgar
- 7.- Art. Carpometacarpianas
- 8.- Art. Metacarpofalángicas
- 9.- Lig. Transverso
- 10.- Art. Interfalángicas

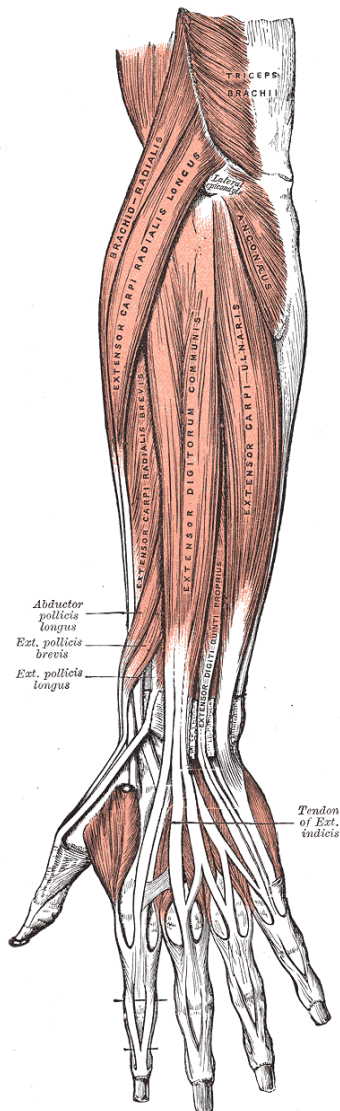


Articulaciones de la mano vista posterior:

- 1.- Membrana Interósea
- 2.- Ligamento Posterior Radiocarpiano
- 3.- Ligamentos Colaterales Radiocarpianos
- 4.- Ligamentos carpianos
- 5.- Art. Carpometacarpianas
- 6.- Art. Intermetacarpianas
- 7.- Art. Metacarpofalángicas
- 8.- Art. Interfalángicas



### 3.3- Músculos flexores y extensores de la mano.



En la mano humana, ninguno de los 10 dedos tiene músculos propiamente dicho sino que se componen de huesos, ligamentos y tendones. La musculatura insertada en la mano únicamente proporciona precisión a los movimientos, toda la fuerza se realiza con los músculos del antebrazo.

Los músculos que mueven los dedos se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- **Músculos cortos de la mano:** se insertan y originan en la mano y son los encargados de proporcionar la precisión a los movimientos de los dedos. También se refieren a ellos como “músculos intrínsecos de la mano”. Por ejemplo, en la mano tenemos el músculo oponente del meñique, músculo flexor corto del meñique, el músculo oponente del pulgar o el músculo palmar cutáneo.





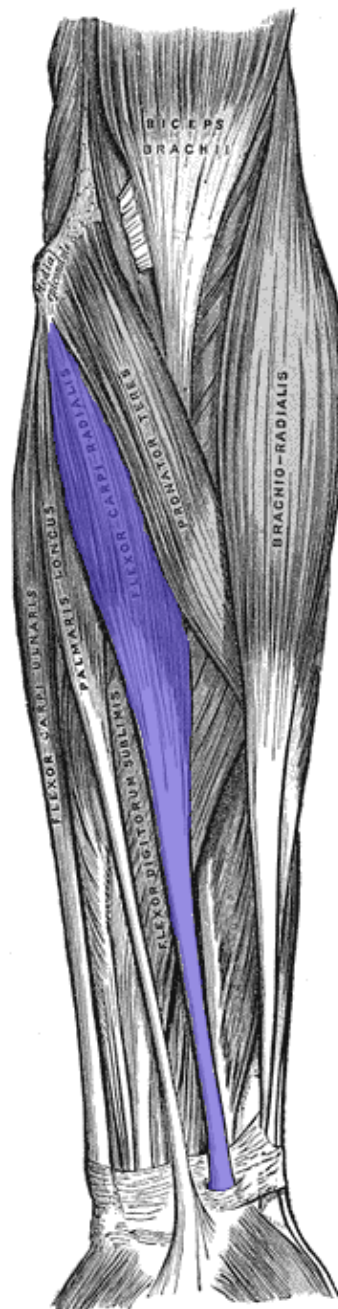
## Región anterior o ventral del antebrazo:

Contiene cuatro planos musculares.

### Primer plano:

Todos ellos actúan sobre los movimientos de la muñeca.

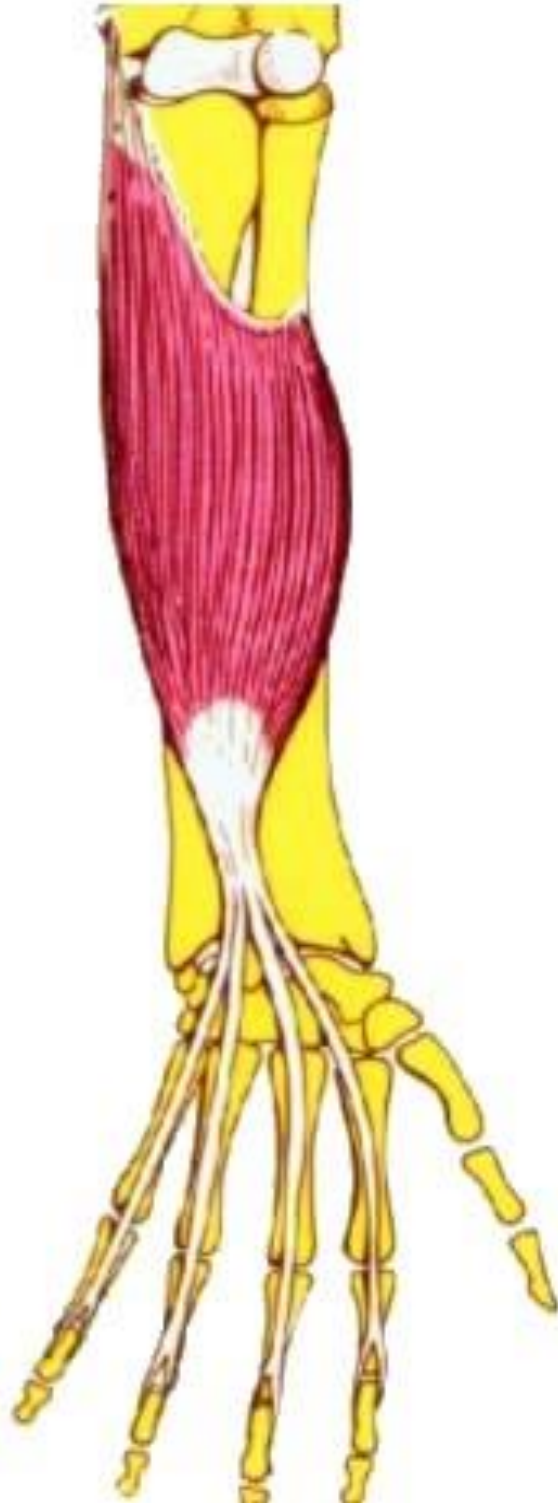
- Pronador redondo.  
Para pronación del antebrazo, flexión del codo
- Palmar mayor, o flexor radial del carpo.
- Palmar menor, o palmar largo.
- Palmar anterior, o flexor ulnar del carpo.





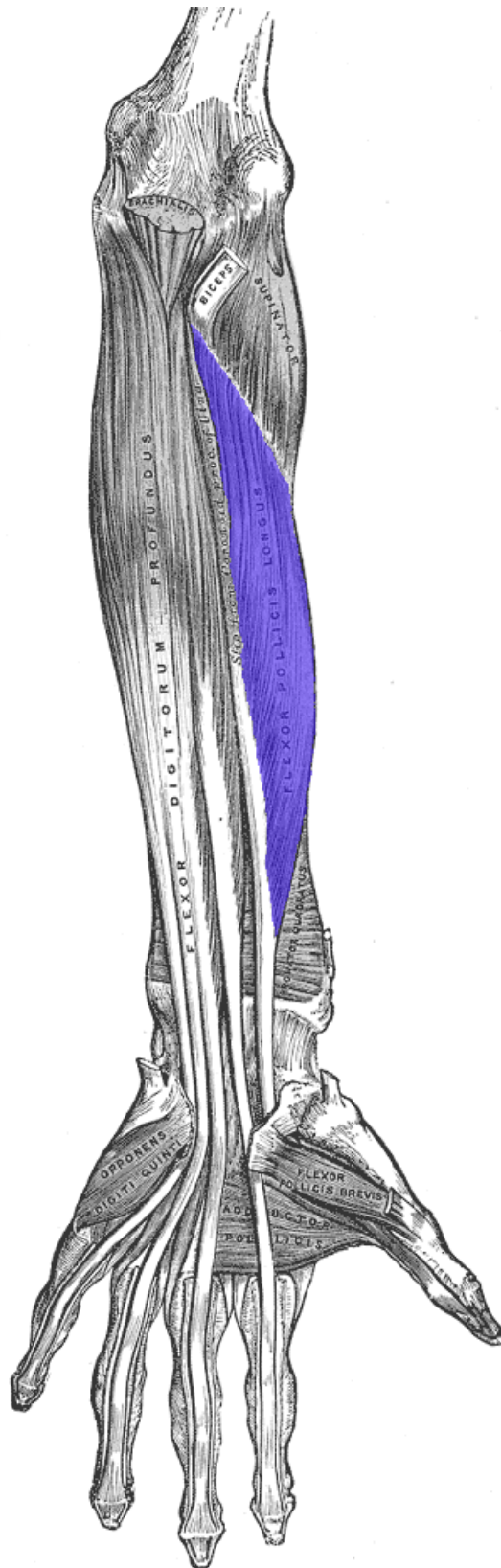
**Segundo plano:**

Para la extensión de la muñeca y de las falanges de los dedos 2, 3, 4 y 5. Frente a la primera falange, cada tendón se abre en 2 bandas que van a insertarse en los lados de la base de la segunda falange





- Flexor largo del pulgar.  
Flexiona la falange distal sobre la proximal y esta sobre el primer hueso metacarpiano del pulgar.



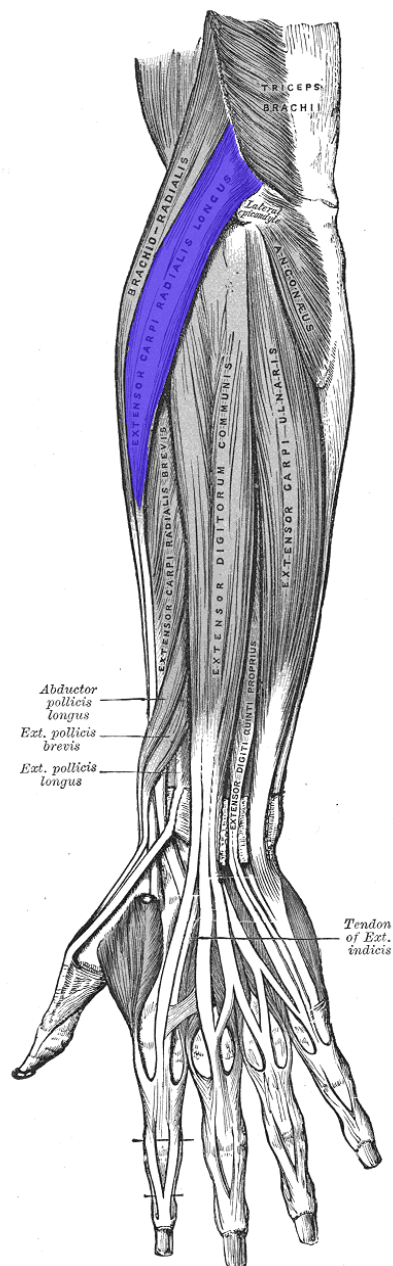
#### Cuarto plano:

- Pronador cuadrado.  
Pronación del antebrazo.

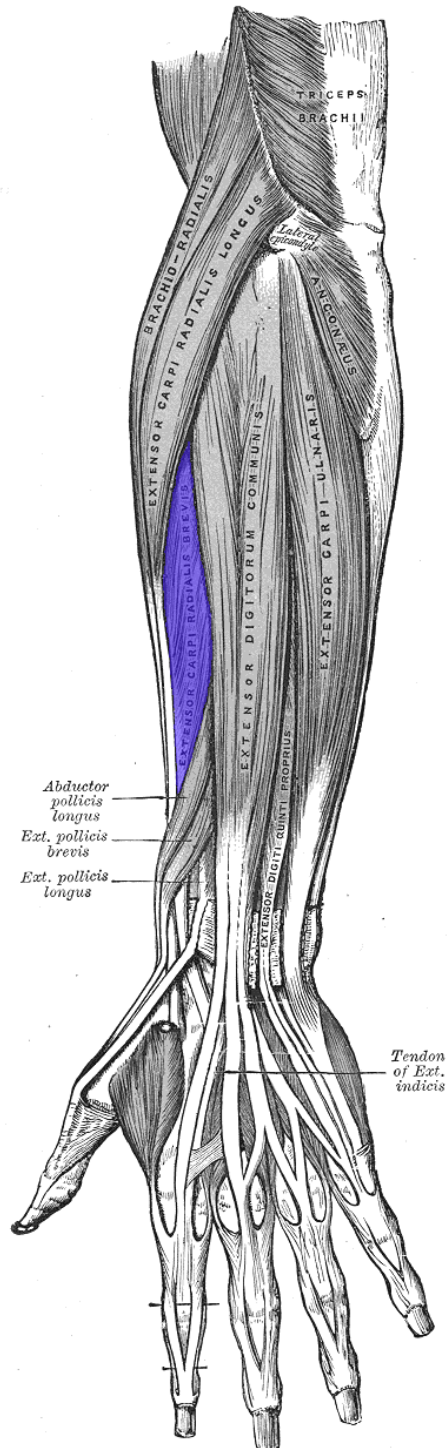
#### Región postero-lateral del antebrazo.

Contiene cuatro músculos que son, del más superficial al más profundo:

- Supinador largo, o braquiorradial.  
Para la flexión del codo.
- Extensor radial largo del carpo, o primer radial.  
Para la flexión radial del carpo.



- Extensor radial corto del carpo, o segundo radial.  
Para extensión y abducción de la mano.



- Supinador corto, o supinador.  
Es supinador, gira el radio de medial a lateral.

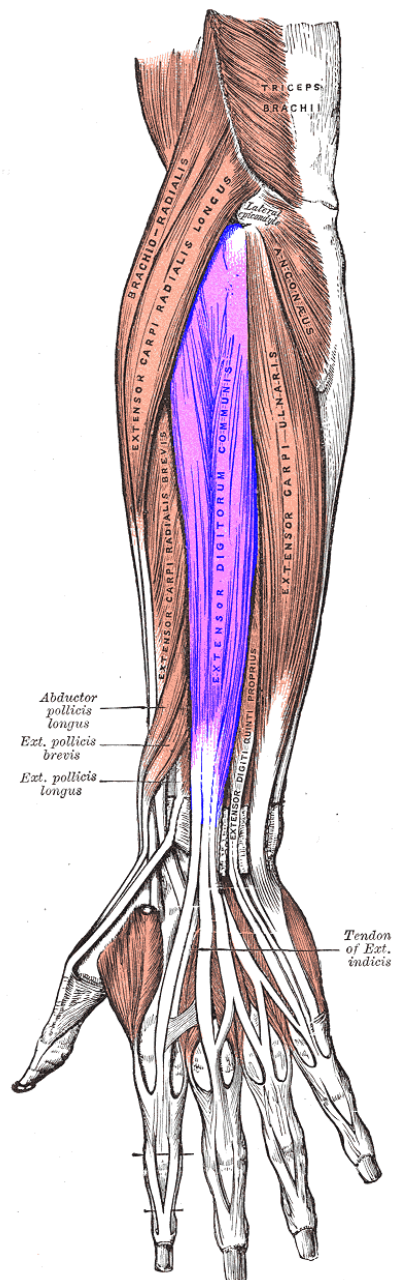
## Región posterior o dorsal del antebrazo.

Contiene dos planos musculares.

### Plano superficial.

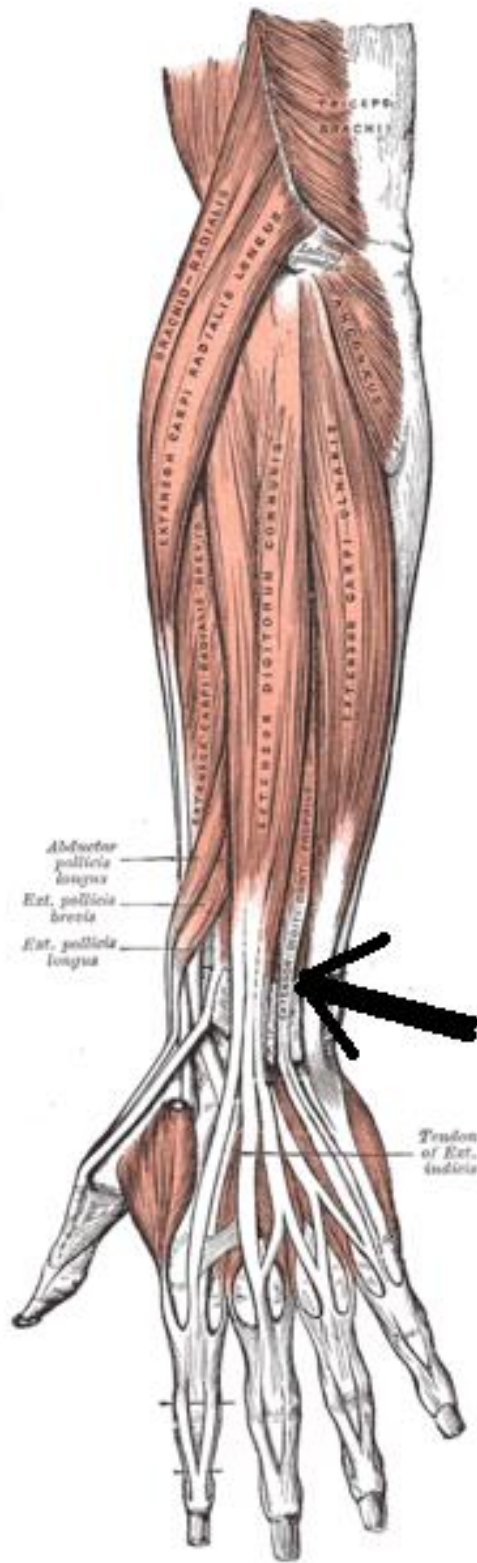
Contiene cuatro músculos.

- Ancóneo (se encuentra únicamente en 3 de cada 10 personas).  
Para la extensión del antebrazo.
- Extensor común de los dedos, dividido en tres fascículos.  
Para la extensión de la muñeca y de las falanges de los dedos 2, 3, 4 y 5.





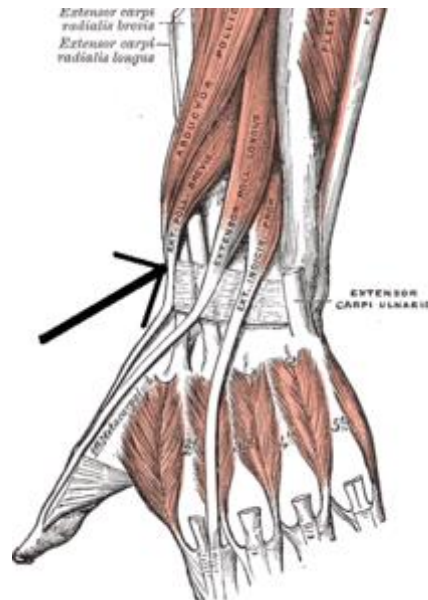
- Extensor propio del meñique.  
Para la extensión del meñique, extensión de la muñeca.



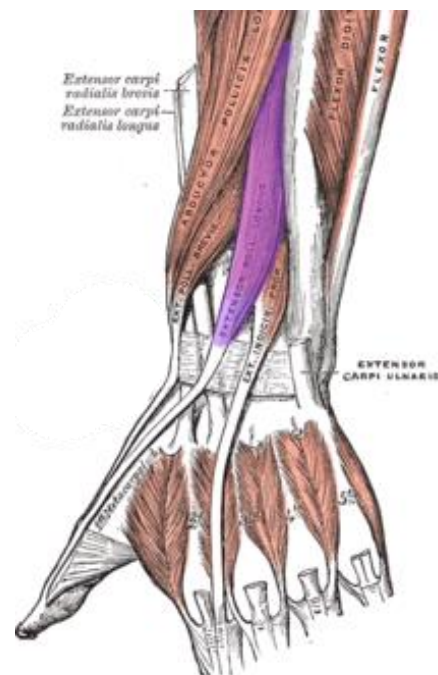
### Plano profundo.

Contiene cuatro músculos.

- Músculo extensor corto del pulgar.  
Para extender la primera falange del pulgar.

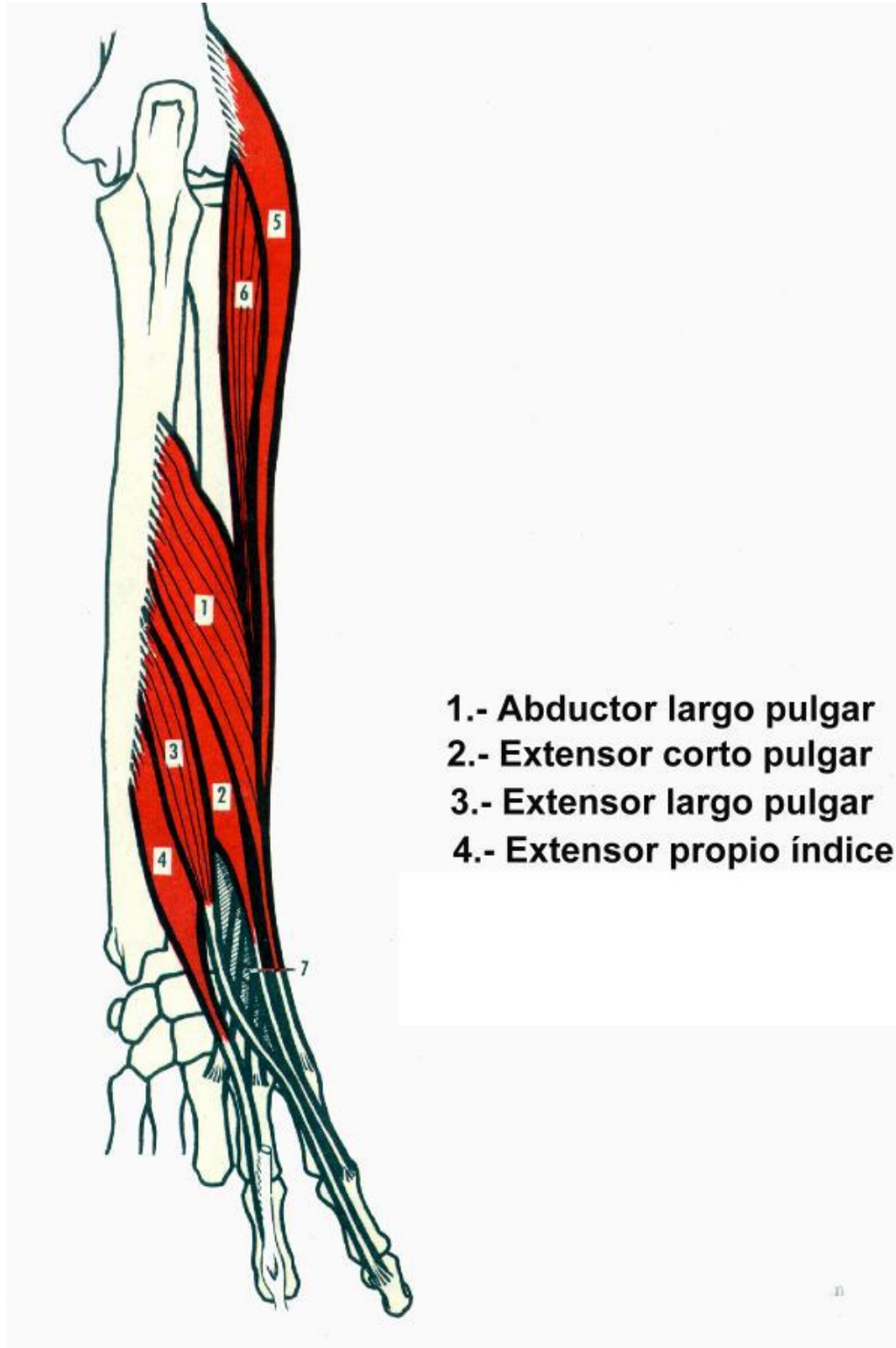


- Músculo abductor largo del pulgar.  
Para la abducción y extensión del pulgar.





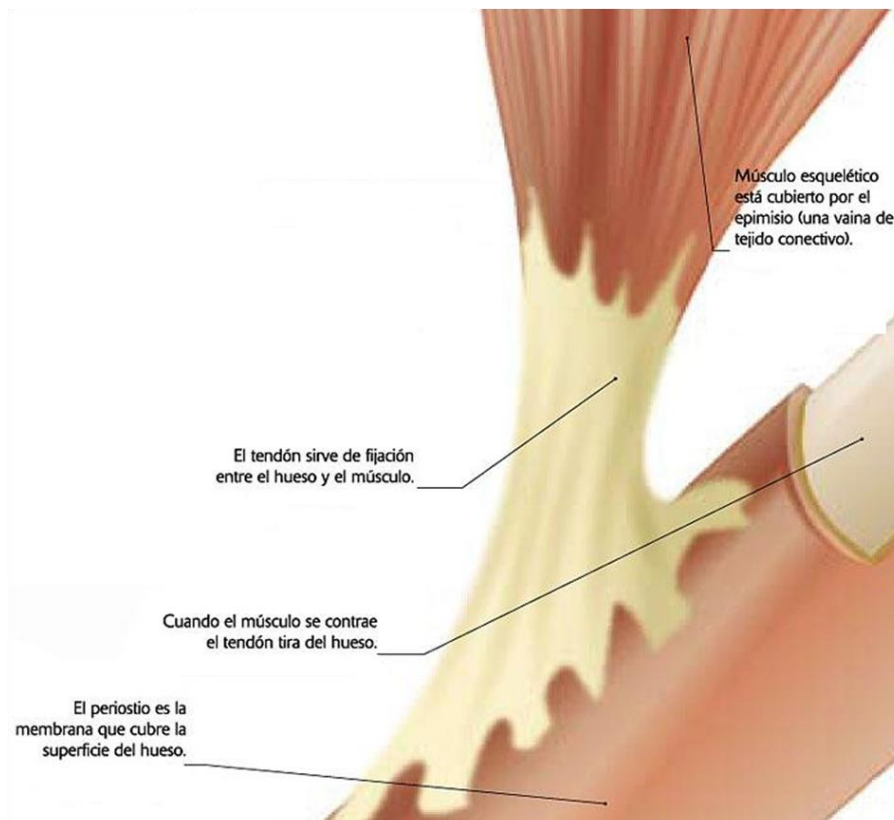
- Músculo extensor largo del pulgar.
- Para la extensión del pulgar.
  
- Músculo extensor propio del índice.
- Para la extensión del dedo índice.



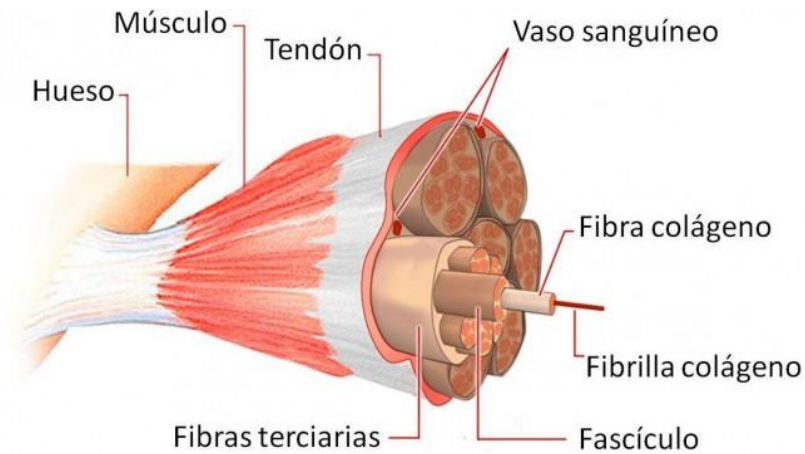
### 3.4- Tendones de la mano.



El tendón es una estructura fibrosa, gruesa, rígida y flexible, de color blanquecino, parte del estriado muscular. Se componen de tejido conectivo (compuesto de colágeno). Su principal función es conectar el músculo al hueso, ayudar al desarrollo de los movimientos y la distribución de las fuerzas en los músculos.

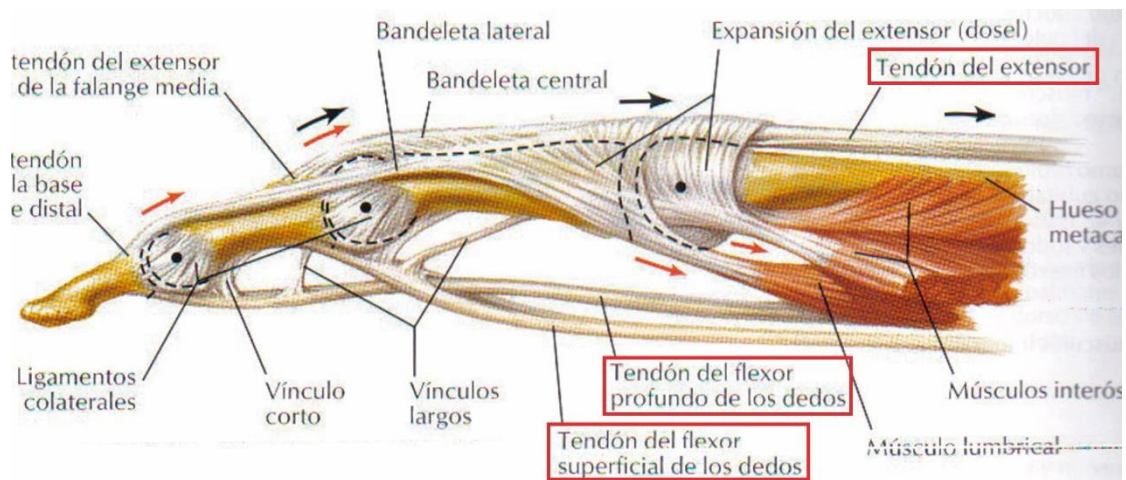


Tirando de la conexión con el músculo del hueso el tendón crea movimiento con el fin de transmitir la fuerza de la contracción hasta el hueso. Además, el tendón ofrece estabilidad a las juntas (encuentro entre dos huesos) de las articulaciones del cuerpo.



Los tendones se pueden diferenciar en dos tipos:

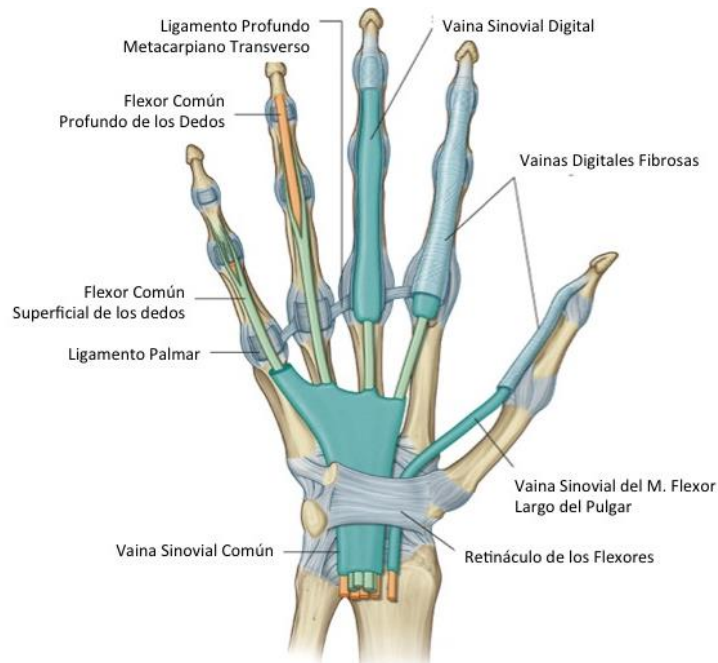
- **Tendón flexor:** involucrado en flexión o contracción de los dedos, su función es la de cerrar los dedos de la mano.
- **Tendón extensor:** implicado en la extensión o ampliación de una parte del cuerpo, por ejemplo, la acción de extender los dedos.



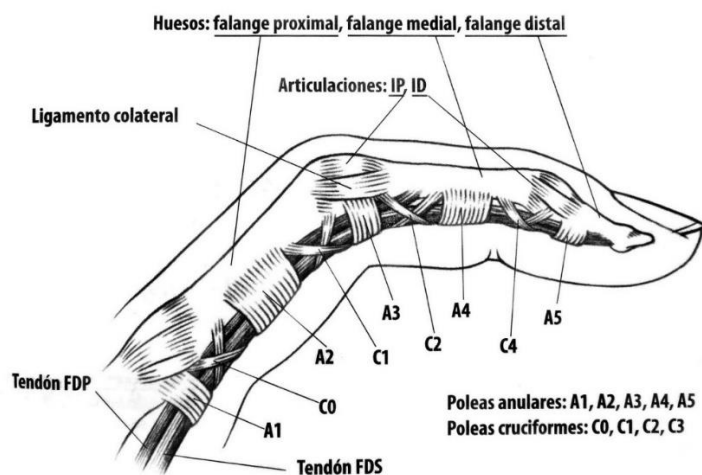
### Inserción de tendones.

Los tendones flexores, permiten la flexión de los dedos. En los dedos largos tenemos un flexor superficial y un flexor profundo, a diferencia de lo que ocurre en el pulgar donde tenemos un flexor largo y un flexor corto del pulgar.

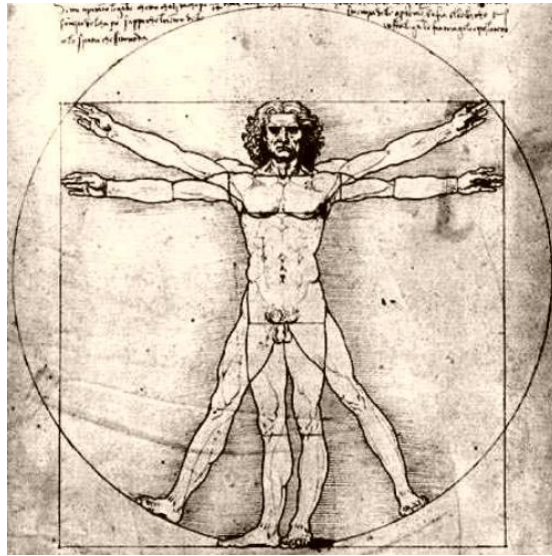
A continuación, se explica cómo se insertan los distintos tipos de tendones de los dedos de la mano:



- **Flexor superficial:** Al llegar a la polea A1 el flexor superficial forma dos bandeletas laterales que rodean el flexor profundo, y dorsal a éste se unen nuevamente constituyendo el quiasma de Camper, para luego insertarse en la falange media como dos bandeletas separadas.
- **Flexor profundo:** A nivel de la falange proximal pasa a través de las dos bandeletas del flexor superficial, para insertarse en la base de la falange distal.
- **Extensor común:** Mediante una aponeurosis triangular, dos bandeletas laterales en la base de la falange distal y su inserción principal es la bandeleta central en la base de la falange media.



## 4- Antropometría de la mano humana.



La antropometría es la ciencia que estudia las proporciones y medidas del cuerpo humano con el propósito de valorar los cambios físicos del hombre y las diferencias entre géneros y razas.

Las medidas del cuerpo humano, ya sea en reposo o en movimiento están determinadas por el largo de los huesos, las capas musculares y la mecánica de las articulaciones.

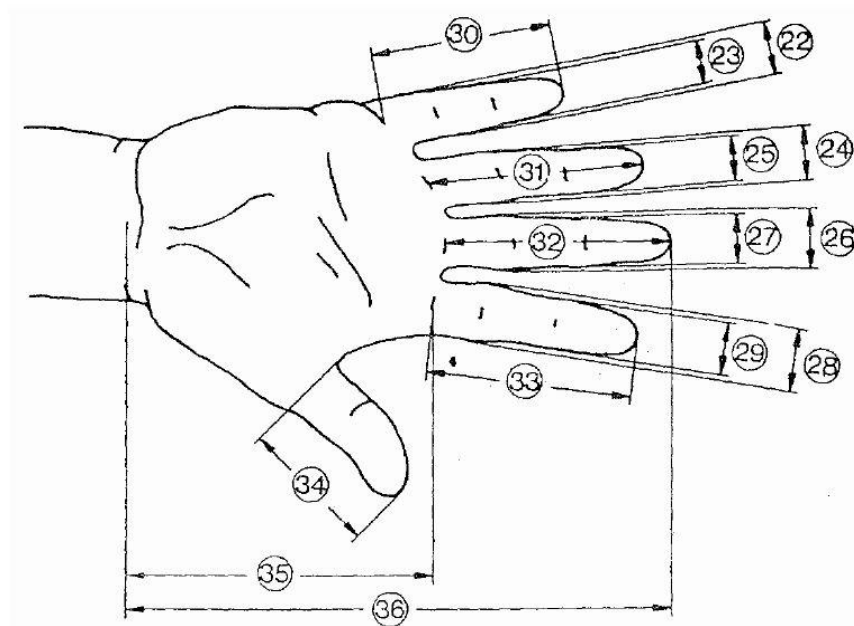
En el presente representa una función muy importante en muchos campos, tales como el diseño industrial, en diseño de indumentaria, en ergonomía, en biomecánica y en la arquitectura, donde se emplean datos estadísticos sobre la distribución de medidas corporales de la población para optimizar los productos.

En este estudio la antropometría se tendrá muy en cuenta para replicar la mano humana de forma precisa con elementos mecánicos y electrónicos.

La robótica, a medida que avanza a lo largo del tiempo, intenta interpretar e imitar la biomecánica de los seres vivos. Para replicar la biomecánica y el cuerpo humano se han de tener muy en cuenta las medidas y proporciones de estos.

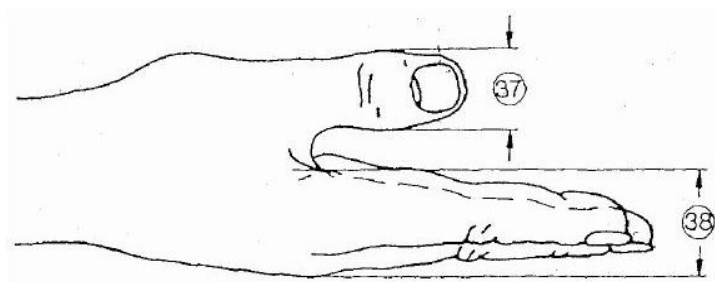


Medidas antropométricas de la mano según estudios de la norma DIN 33.402.



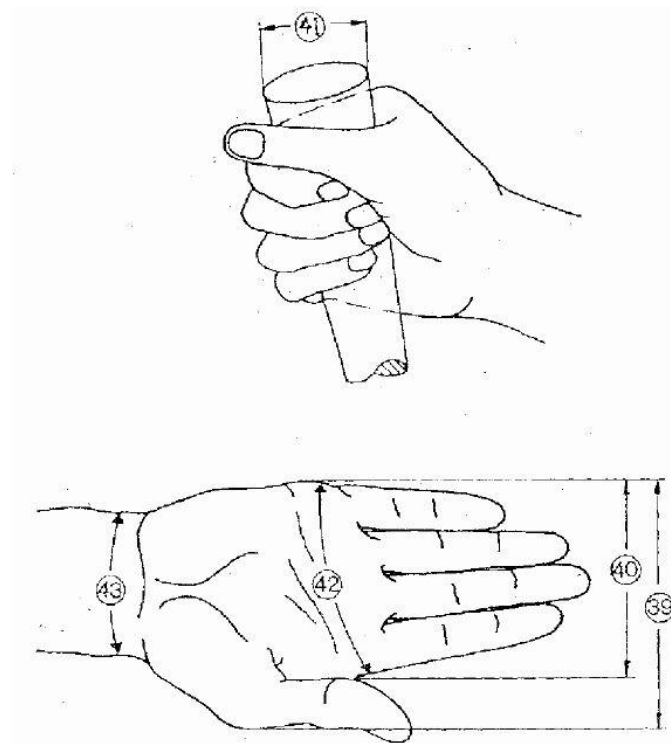
Dimensiones En cm.	PERCENTIL					
	Hombres			Mujeres		
	5 %	50 %	95 %	5 %	50 %	95 %
2 Ancho del meñique en la palma de la mano	1,8	1,7	1,8	1,2	1,5	1,7
2 Ancho del meñique próximo de la yema	1,4	1,5	1,7	1,1	1,3	1,5
2 Ancho del dedo anular en la palma de la mano	1,8	2,0	2,1	1,5	1,6	1,8
2 Ancho del dedo anular próximo a la yema	1,5	1,7	1,9	1,3	1,4	1,6
2 Ancho del dedo mayor en la palma de la mano	1,9	2,1	2,3	1,6	1,8	2,0
2 Ancho del dedo mayor próximo a la yema	1,7	1,8	2,0	1,4	1,5	1,7
2 Ancho del dedo índice en la palma de la mano	1,9	2,1	2,3	1,6	1,8	2,0
2 Ancho del dedo índice próximo a la yema	1,7	1,8	2,0	1,3	1,5	1,7
3 Largo del dedo meñique	5,6	6,2	7,0	5,2	5,8	6,6
3 Largo del dedo anular	7,0	7,7	8,6	6,5	7,3	8,0
3 Largo del dedo mayor	7,5	8,3	9,2	6,9	7,7	8,5
3 Largo del dedo índice	6,8	7,5	8,3	6,2	6,9	7,6
3 Largo del dedo pulgar	6,0	6,7	7,6	5,2	6,0	6,9
3 Largo de la palma de la mano	10,1	10,9	11,7	9,1	10,0	10,8
3 Largo total de la mano	17,0	18,6	20,1	15,9	17,4	19,0

Tabla con las principales medidas de la mano (Según Norma DIN 33.402 segunda parte)



Dimensiones En cm.	PERCENTIL					
	Hombres			Mujeres		
	5 %	50 %	95 %	5 %	50 %	95 %
3 7 Ancho del dedo pulgar	2,0	2,3	2,5	1,6	1,9	2,1
3 8 Grosor de la mano	2,4	2,8	3,2	2,1	2,6	3,1

Tabla con las principales medidas de la mano (Según Norma DIN 33.402 segunda parte)



Dimensiones En cm.	PERCENTIL					
	Hombres			Mujeres		
	5 %	50 %	95 %	5 %	50 %	95 %
3 Ancho de la mano incluyendo dedo 9 pulgar	9,8	10,7	11,6	8,2	9,2	10,1
4 Ancho de la mano excluyendo el 0 dedo pulgar	7,8	8,5	9,3	7,2	8,0	8,5
4 Diámetro de agarre de la mano*	11,9	13,8	15,4	10,8	13,0	15,7
1 4 Perímetro de la mano	19,5	21,0	22,9	17,6	19,2	20,7

2

4 Perímetro de la articulación de la muñeca 16,1 17,6 18,9 14,6 16,0 17,7

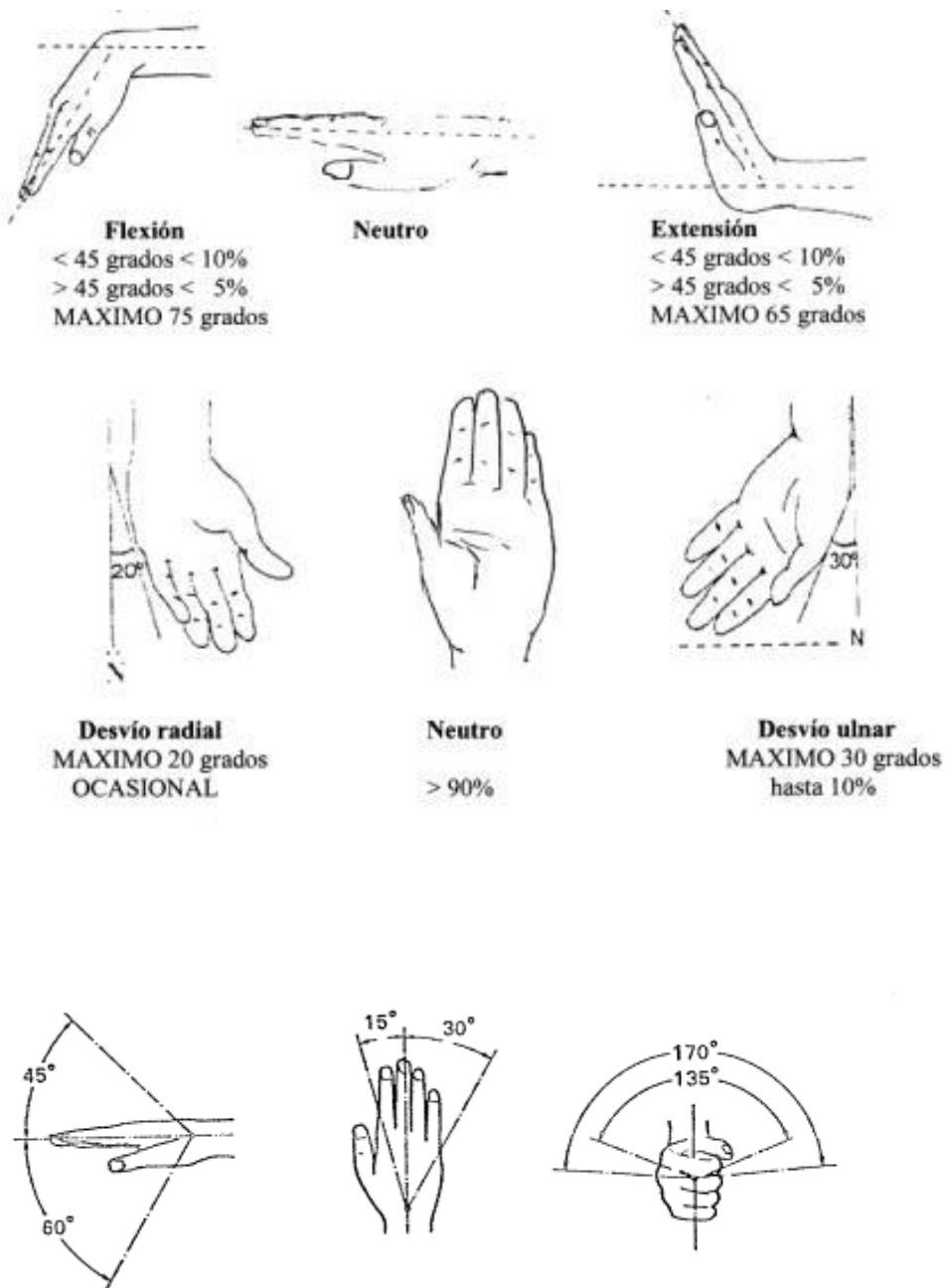
3 muñeca

\* Las medidas corresponden al anillo descrito por los dedos pulgar e índice

*Medidas de la mano (Según Norma DIN 33 402. 2° parte)*

## Movimientos de las manos.

Es muy importante comprender y conocer todos los movimientos de la mano humana para establecer los mecanismos articulados que van a dar movimiento a la mano biónica.





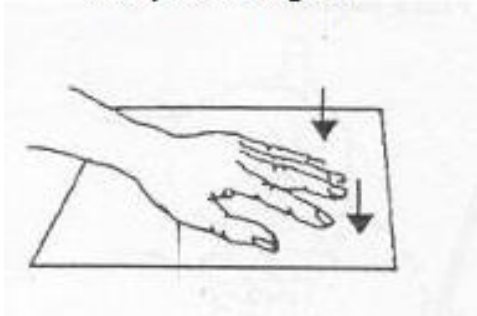
**Aducción de los dedos**



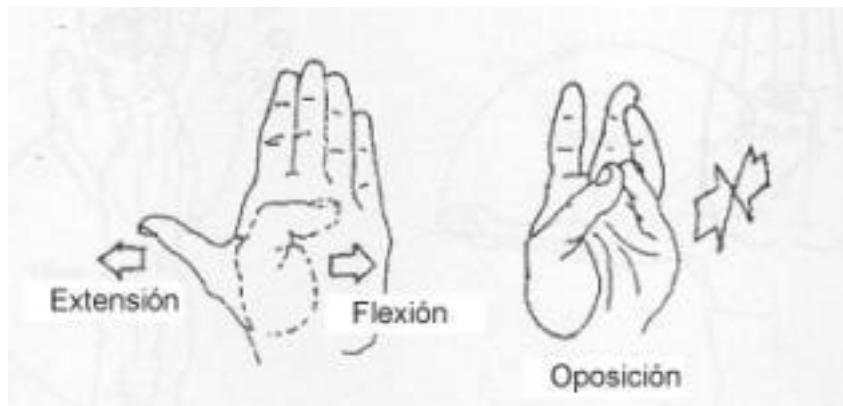
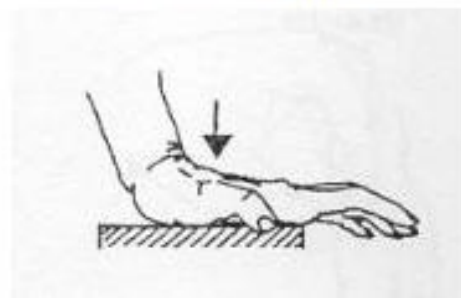
**Abducción de los dedos**



**Compresión digital**



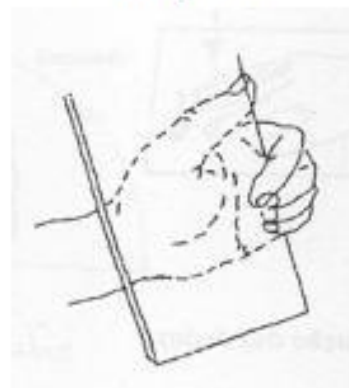
**Compresión palmar**



**Hiperextensión de los dedos**



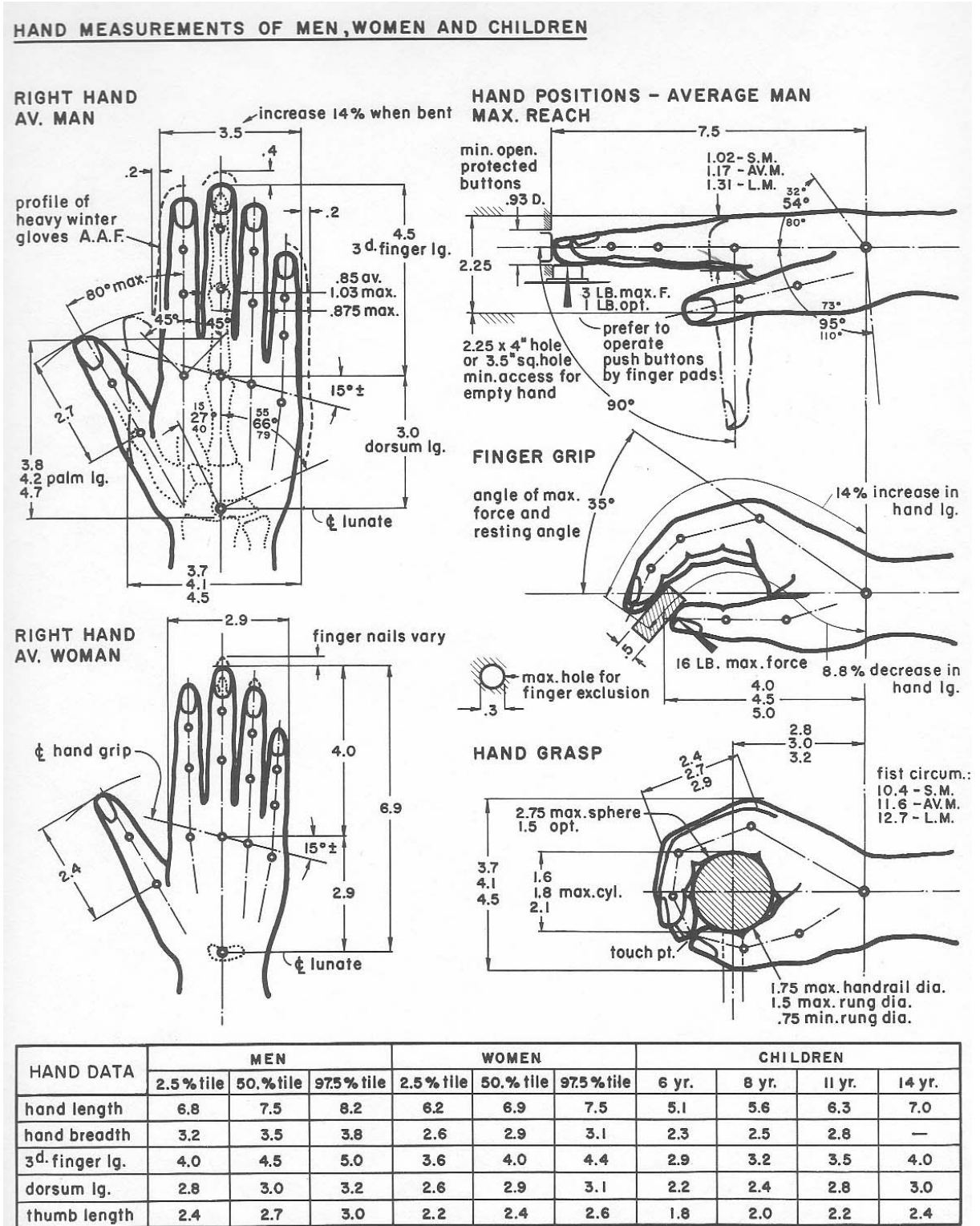
**Pinza palmar**





## Otras medidas antropométricas a tomar en cuenta.

Estudio realizado por Henry Dreyfuss y publicado en el libro "The Measure of Man and Woman: Human Factors in Design" en 1960.

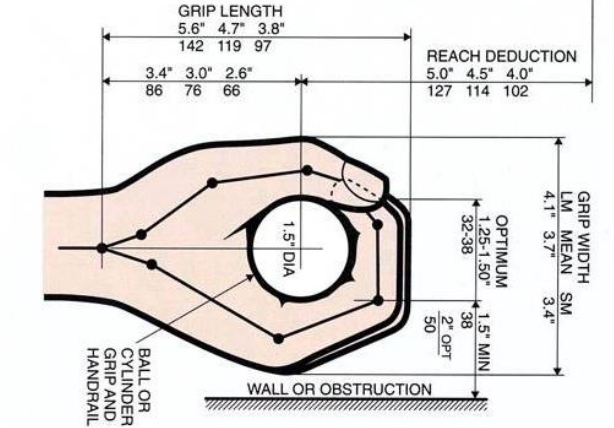
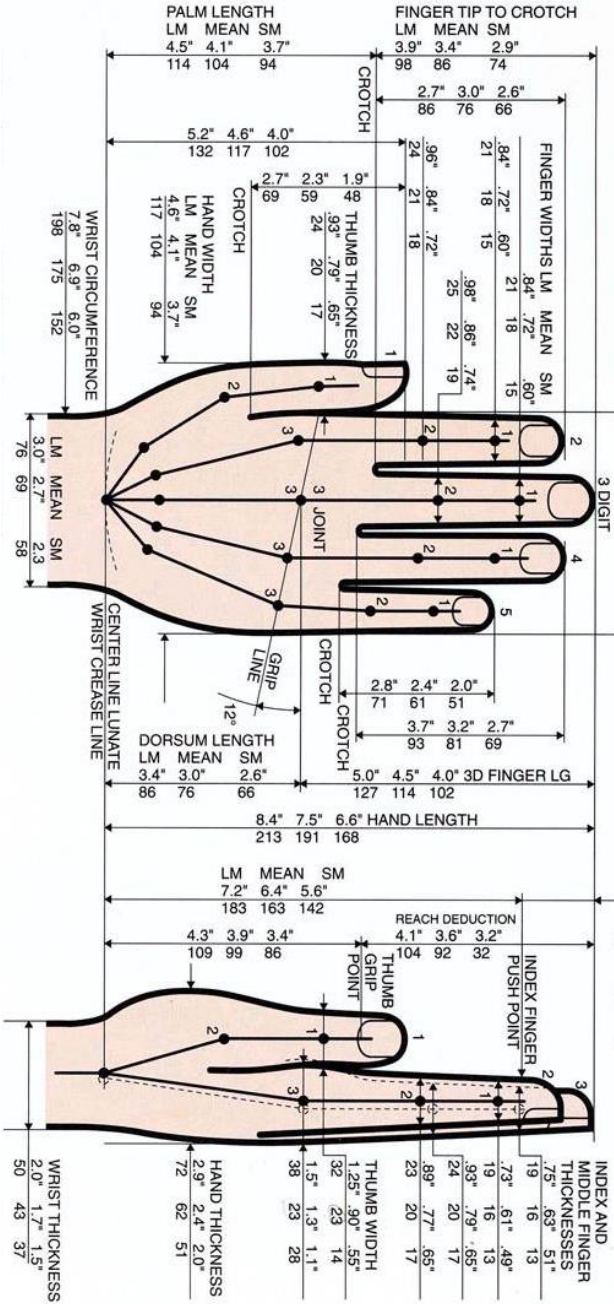


**HAND DATA**

**GRIP CIRCUMFERENCE**  
 LM 9.3" 8.5" 7.7"  
 MEAN 236 216 196  
 SM

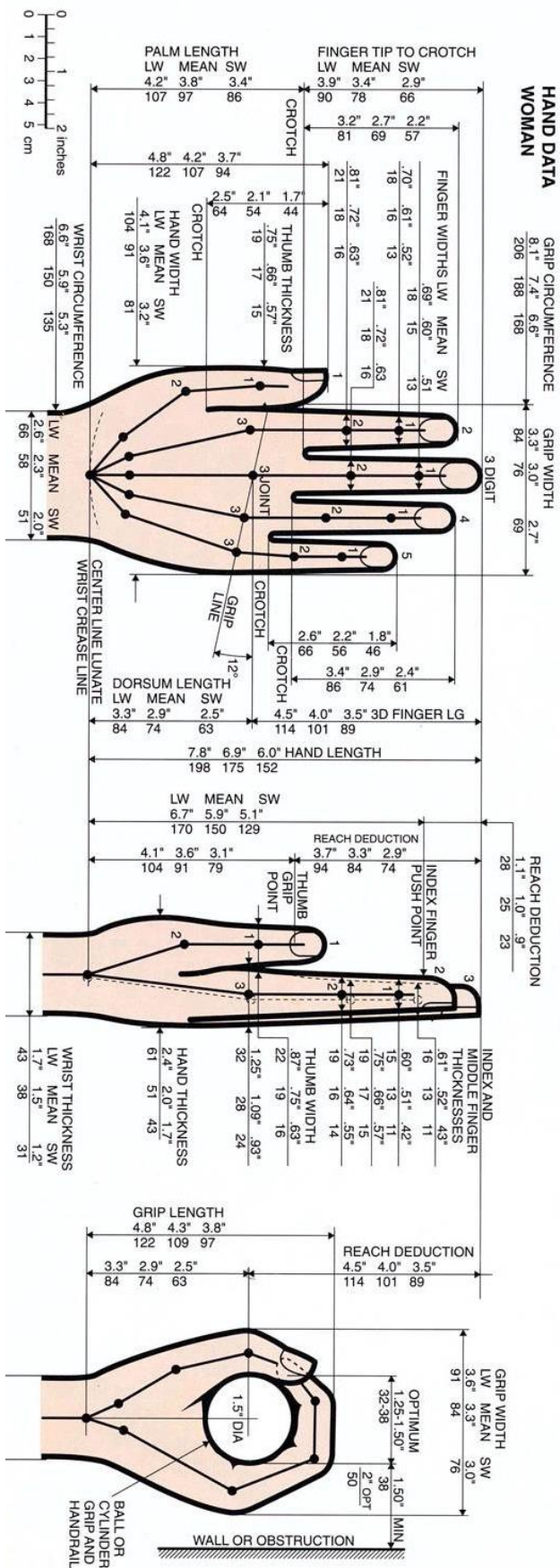
**GRIP WIDTH**  
 LM 3.9" 3.5"  
 MEAN 99 89 79  
 SM 3.1"

**REACH DEDUCTION**  
 LM 1.2" 1.1" 1.0"  
 MEAN 30 28 26  
 SM



**HAND DATA**

**WOMAN**



**LEGEND:**

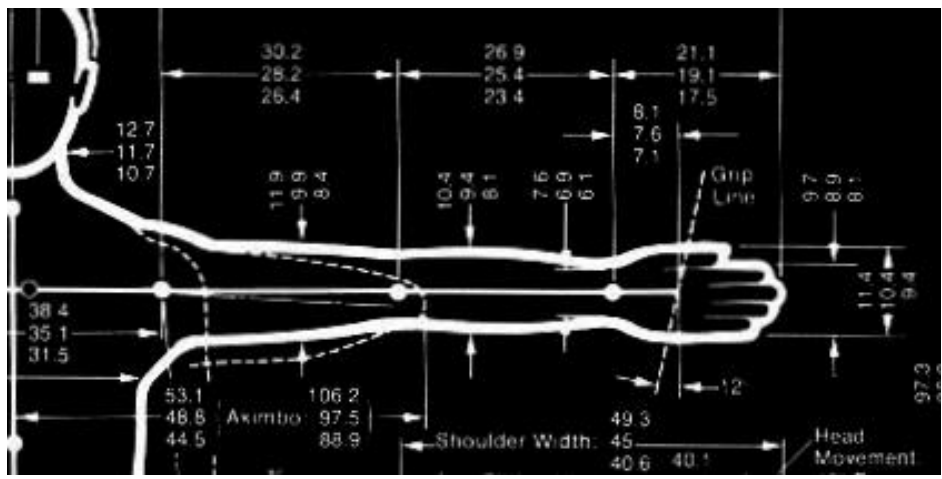
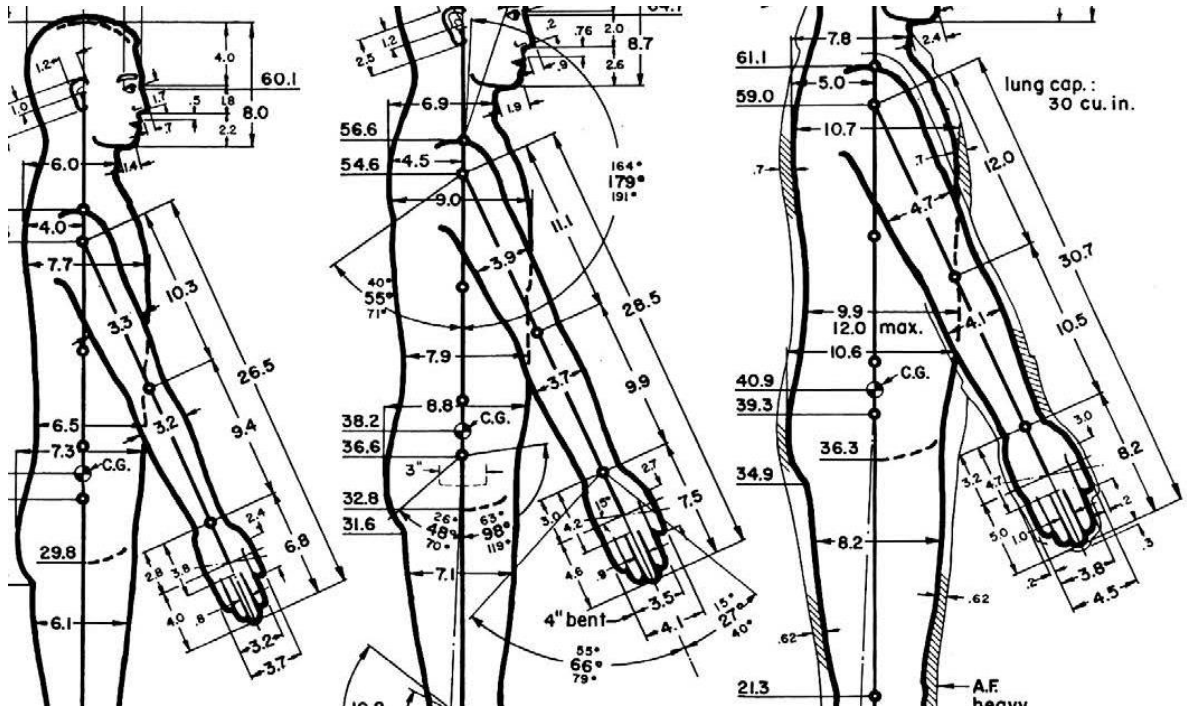
LM \_\_\_\_ 99 PERCENTILE LARGE MAN  
MEAN\_ 50 PERCENTILE AVG MAN  
SM \_\_\_\_ 1 PERCENTILE SMALL MAN

LW \_\_\_\_ 99 PERCENTILE LARGE WOMAN  
MEAN\_ 50 PERCENTILE AVG WOMAN  
SW \_\_\_\_ 1 PERCENTILE SMALL WOMAN

NOTE: BARE HAND DATA SHOWN  
WORK GLOVES CAN BE  
.25" THICK. ADD AS REQUIRED  
6.4mm



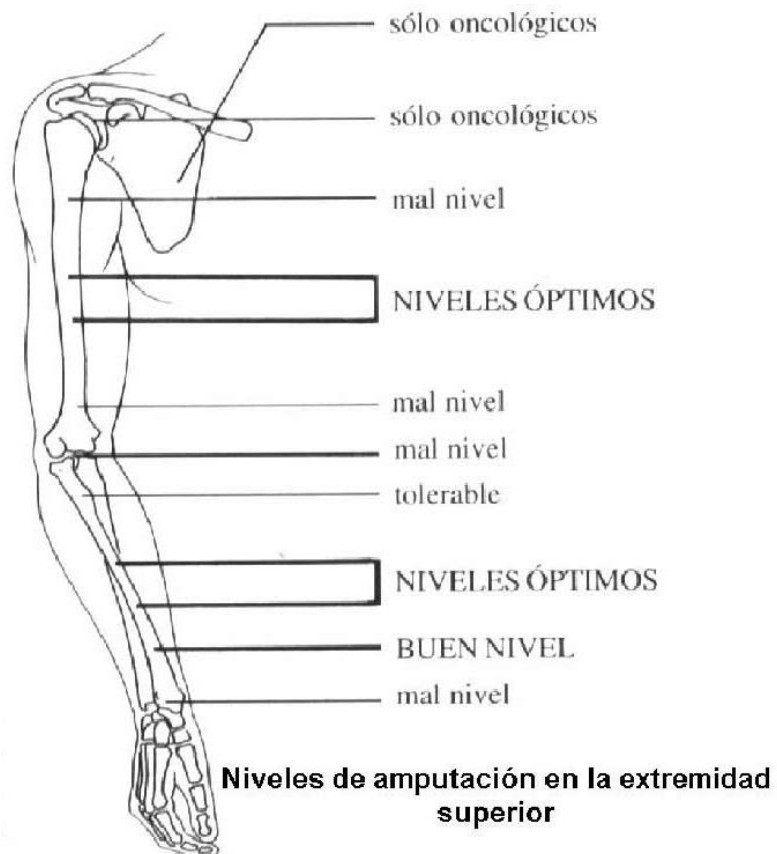
# Medidas antropométricas del brazo para el socket



## Niveles de amputación

Antebrazo:

Longitud ideal 18cm desde el olécranon.





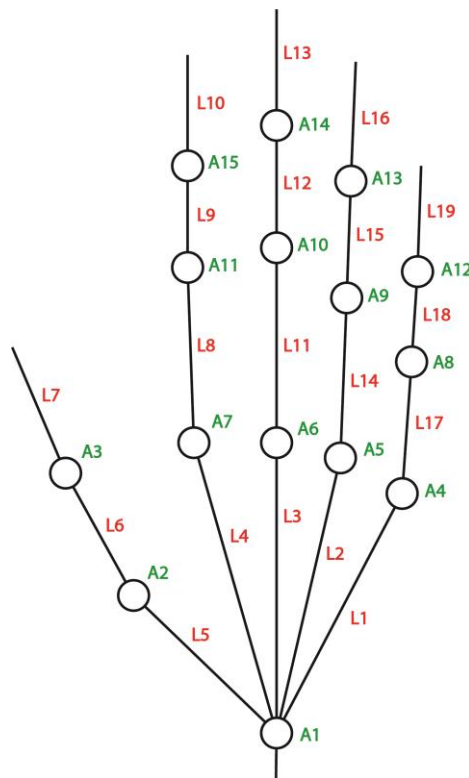
## 5- Diseño de la mano biónica.

### 5.1- Modelo geométrico de la mano.

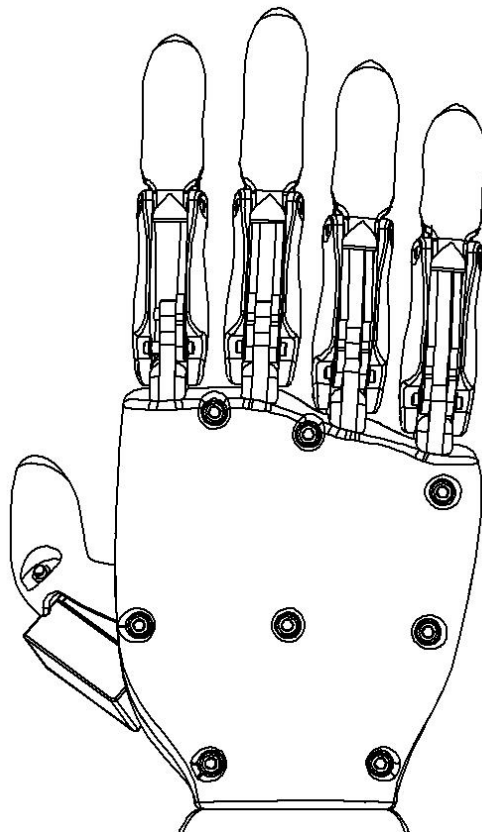
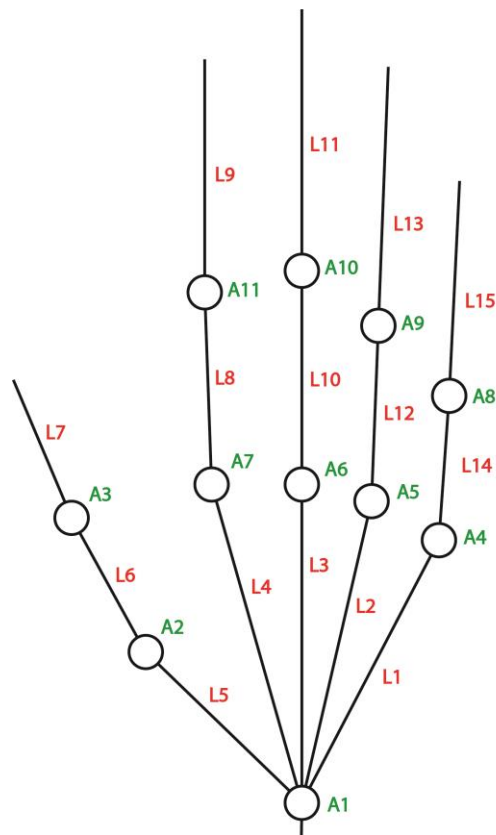
Para realizar el modelo geométrico o cinemático de la mano se siguieron una serie de pautas marcadas por el modelo de Denavit/Hartenberg con la consiguiente metodología:

- Identificar de los ejes de cada articulación.
- Identificar los puntos de intersección entre los ejes de las articulaciones.
- Asignar el eje Zi para que apunte sobre el eje de cada articulación.
- Asignar el eje Xi sobre los ejes que se intersectan.
- Asignar el eje Yi para completar el sistema de coordenadas que cumpla con la regla de la mano derecha.
- Seleccionar la ubicación del origen del sistema de coordenadas

Una vez identificados los miembros de cada articulación se obtiene el modelo geométrico de las articulaciones y falanges de la mano. A continuación, se representa la arquitectura de la mano antropomorfa.

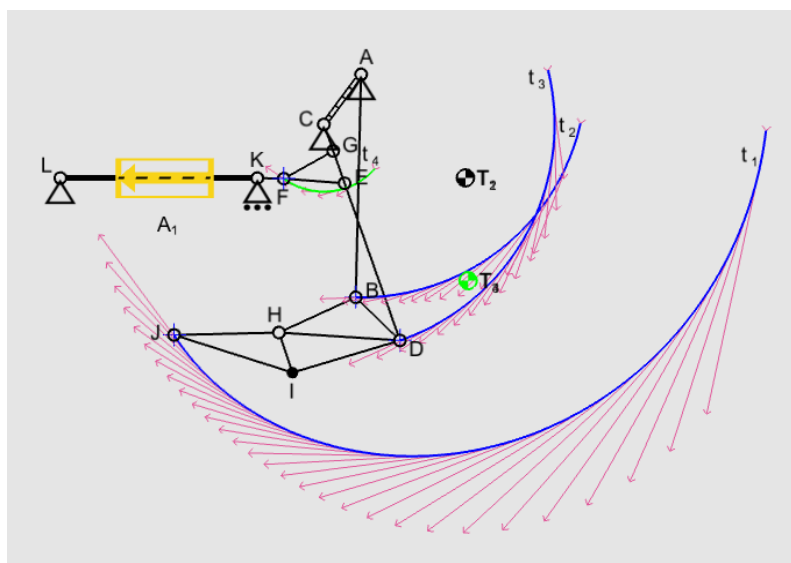
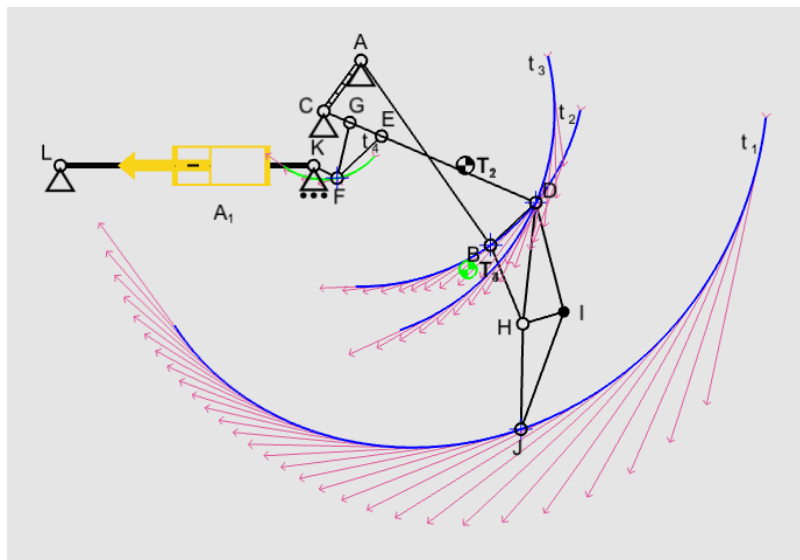
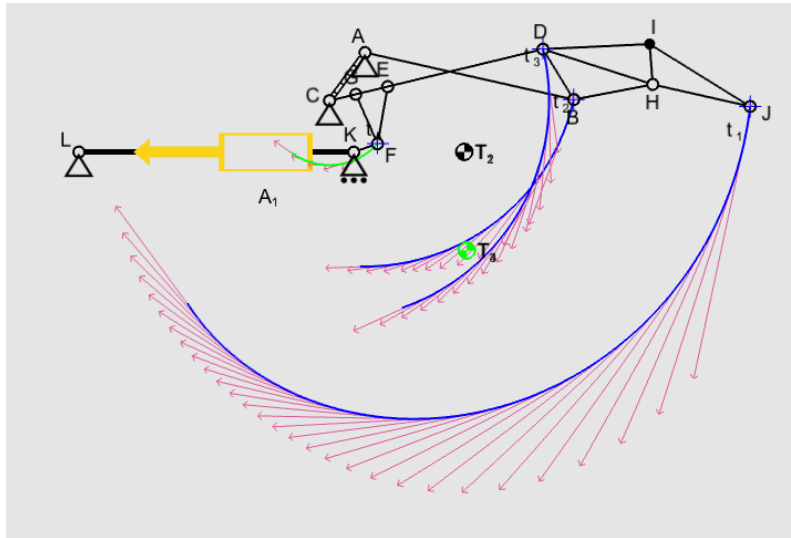


Una vez conseguido el modelo geométrico se vuelve a obtener un modelo geométrico fiel a la mano mecánica que se va a diseñar, simplificando su diseño para adecuarlo a la mecánica del modelo real.

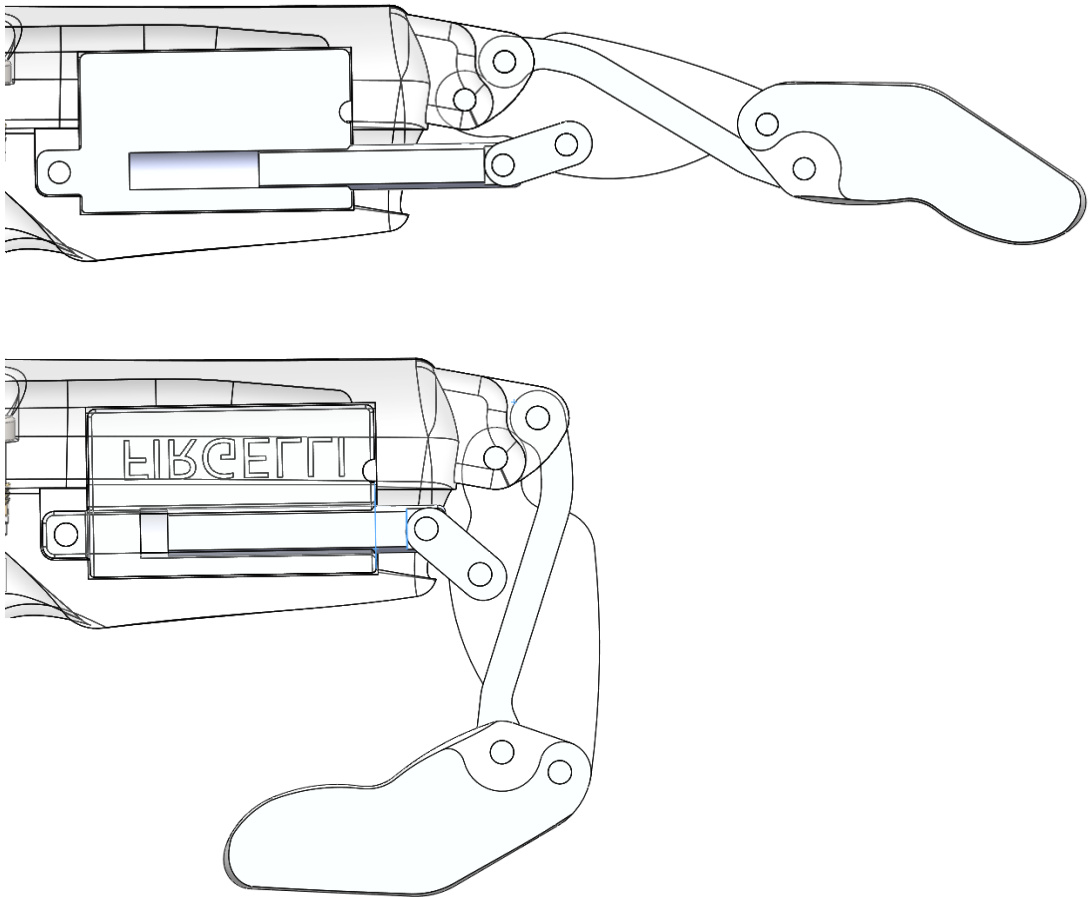




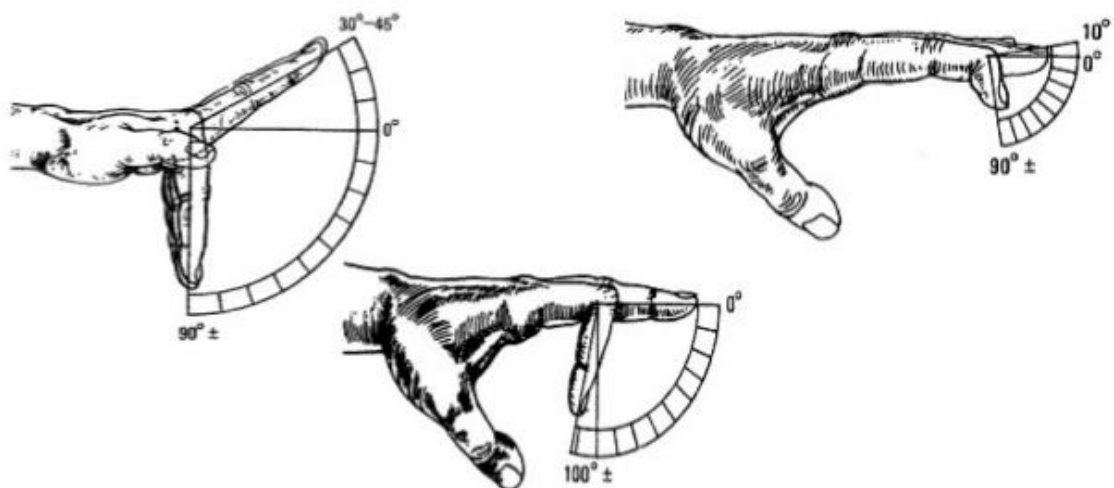
- Geometría del movimiento de los dedos con la dirección de las fuerzas y aceleraciones.



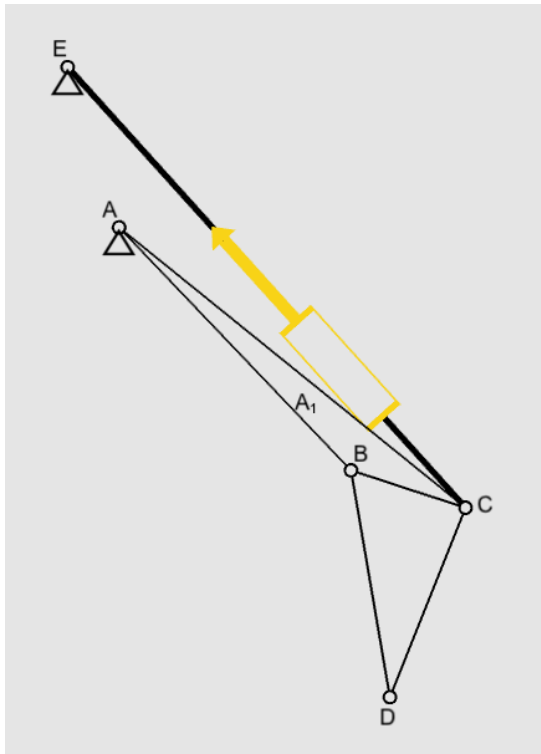
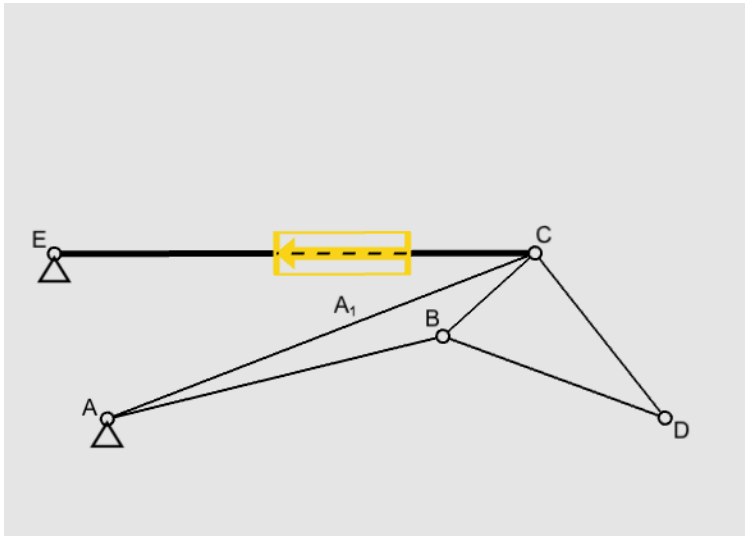
- Muestra del movimiento real del mecanismo en consonancia con los movimientos de los dedos humanos:



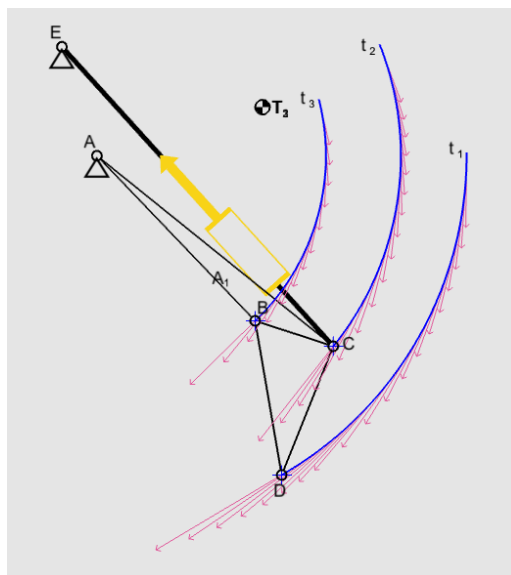
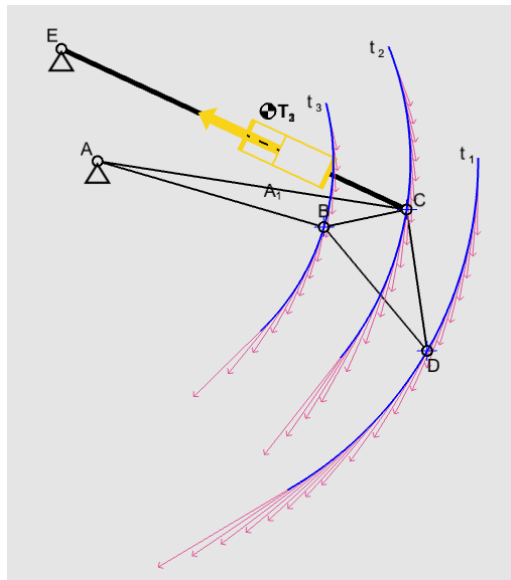
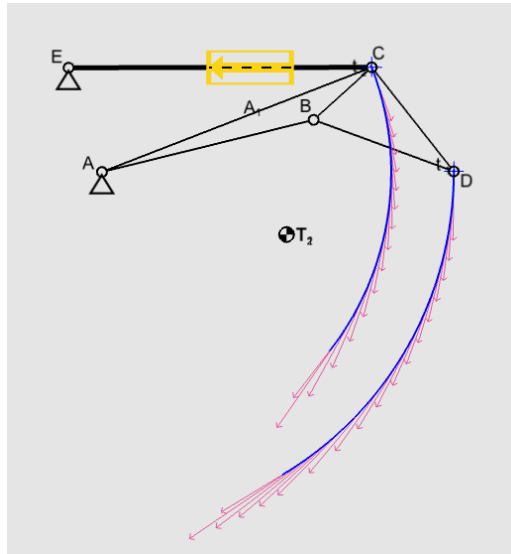
El mecanismo se diseña basandose en los movimientos de flexión y extensión de la mano humana.



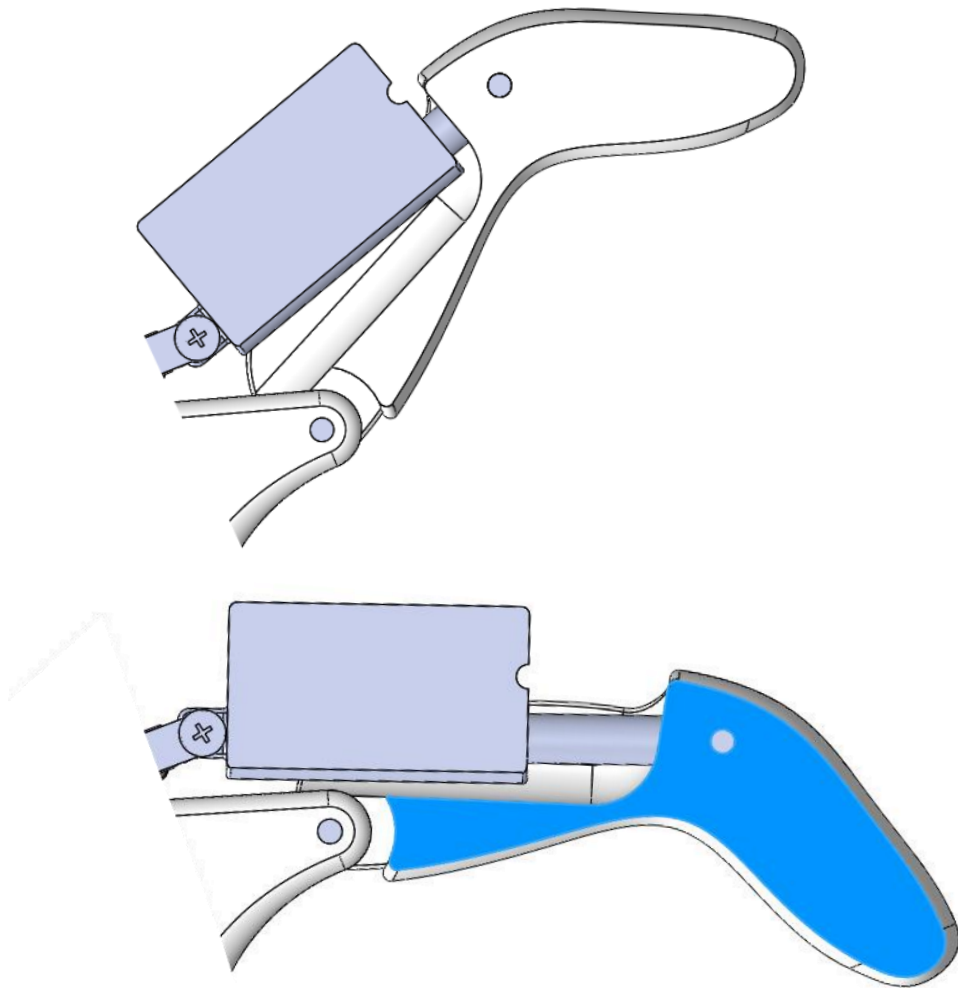
- Geometría del movimiento de extensión y flexión del dedo pulgar en su flexión y extensión máximas.



- Geometría del movimiento del dedo pulgar con la dirección de las fuerzas y aceleraciones.



- Muestra del movimiento real del mecanismo del pulgar:



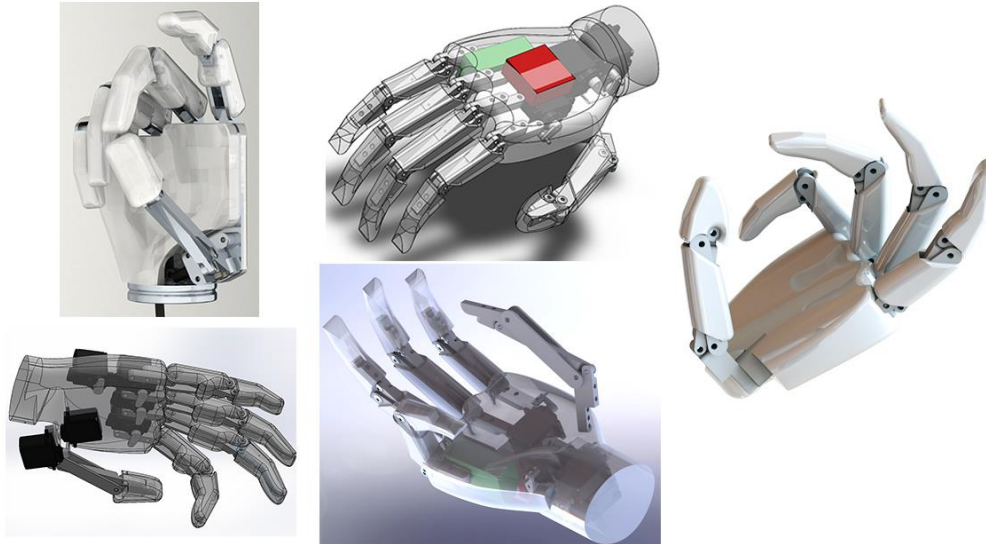
Basado en los movimientos de flexión y extensión de la mano humana.





### 5.3- Diseños propuestos.

Antes de obtener un diseño final se han sucedido una serie de mecanismos tomados como modelo para mejorar el concepto que se solicitaba.



A continuación, se observan varios prototipos y pruebas añadidas cronológicamente:

#### Fase 1, primer modelo propuesto.

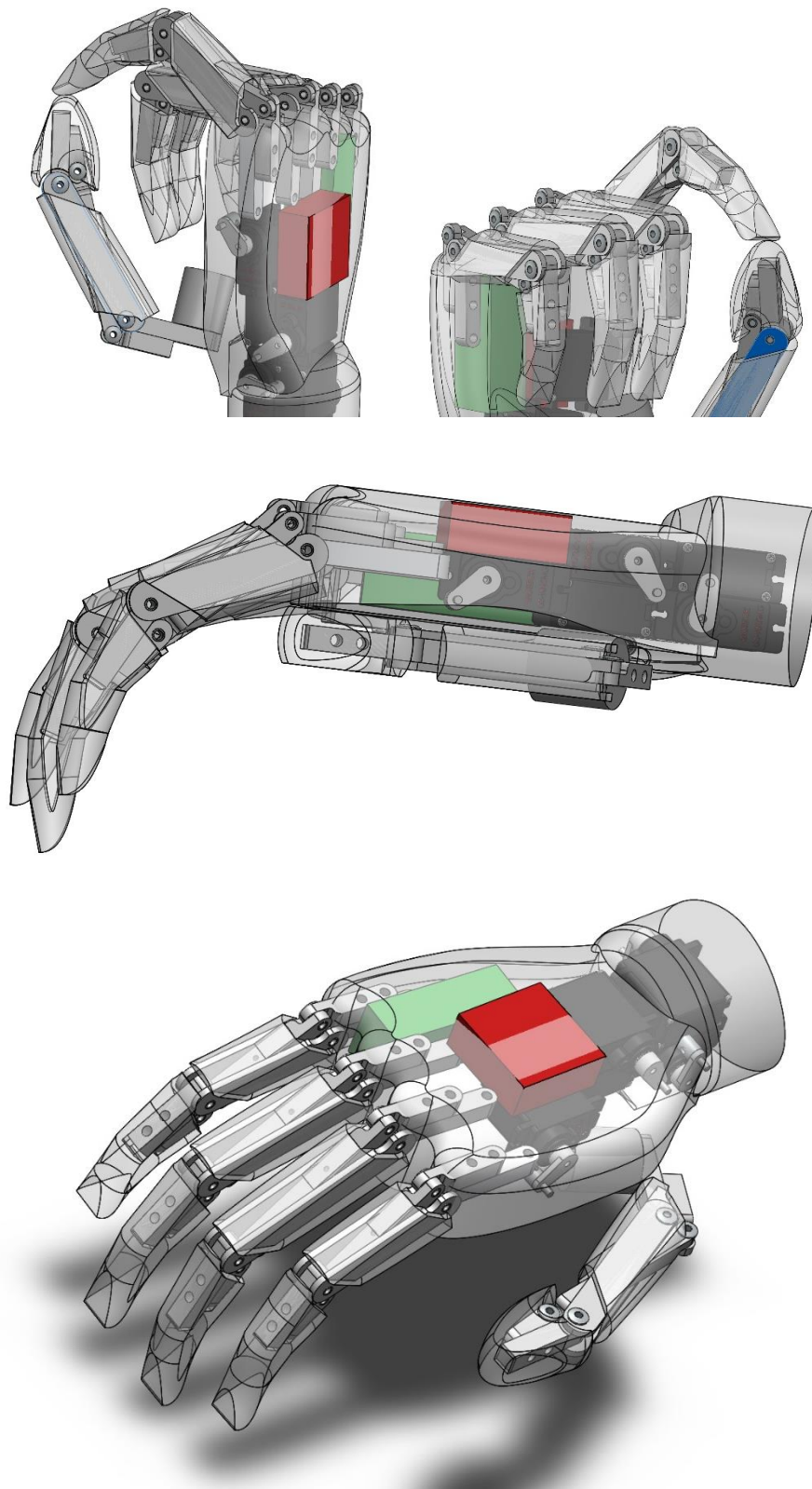
**DISEÑO PRELIMINAR**

**Próximas mejoras para el modelo final:**

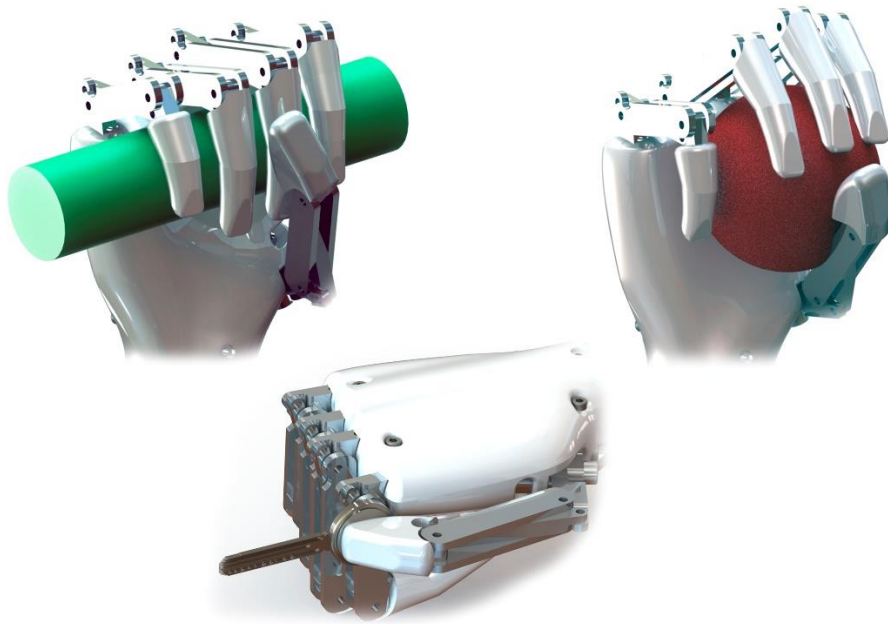
- Mejora del peso
- Mejora volumétrica (diseño más fino en palma y dedos)
- Mejora de la estética (personalizable)
- Posibilidad de adaptación de distintos tipos de actuadores según su uso y precio
- Mejora en la suavidad y precisión de los mecanismos

**Mano biónica de bajo costo**

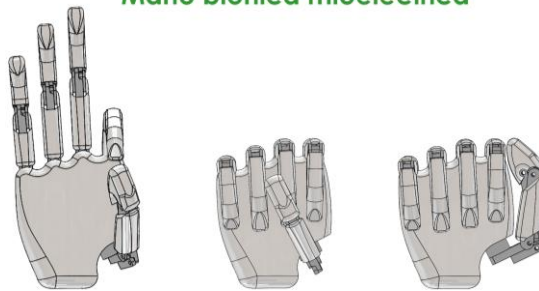
Fase 2, segundo modelo propuesto:



**Fase 3, tercer modelo propuesto y fabricación de prototipo:**



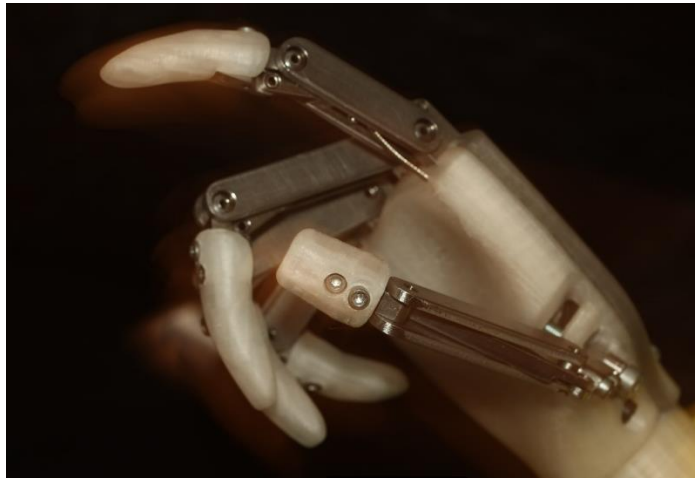
**Mano biónica mioeléctrica**



**3 posiciones del pulgar  
para 3 tipos de agarre**



Vista de la mano biónica, primer prototipo fabricado para pruebas de posturas, volumen e interacción con el entorno:



Interacción de la prótesis biónica con una mano humana:

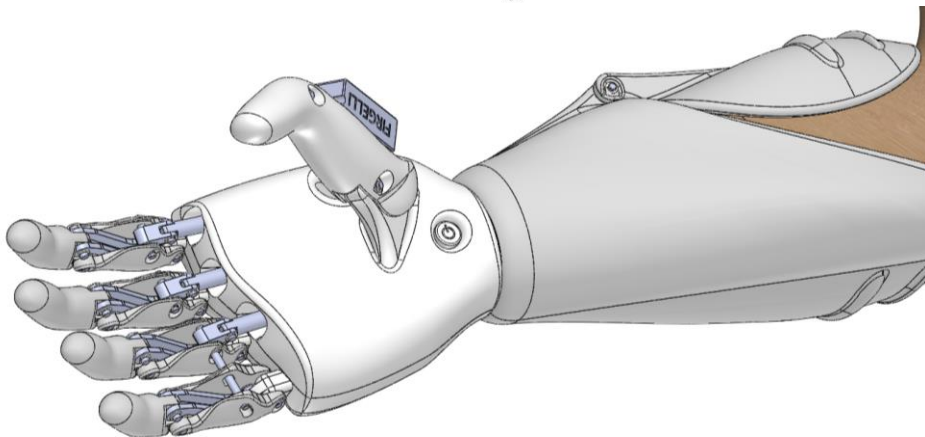
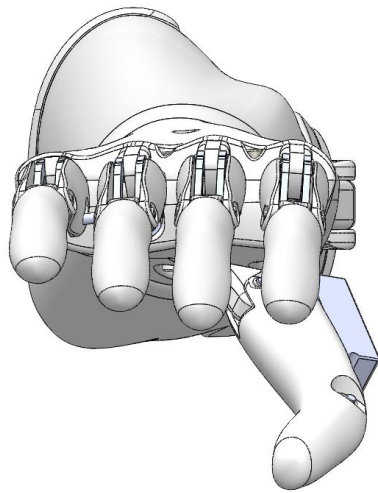
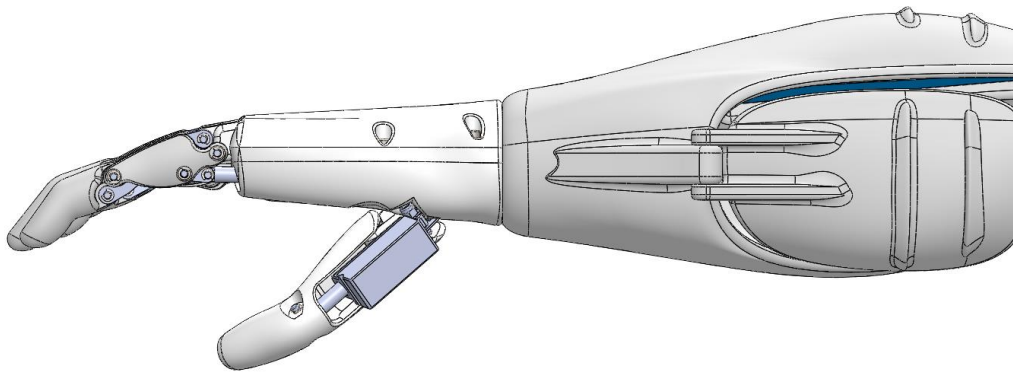
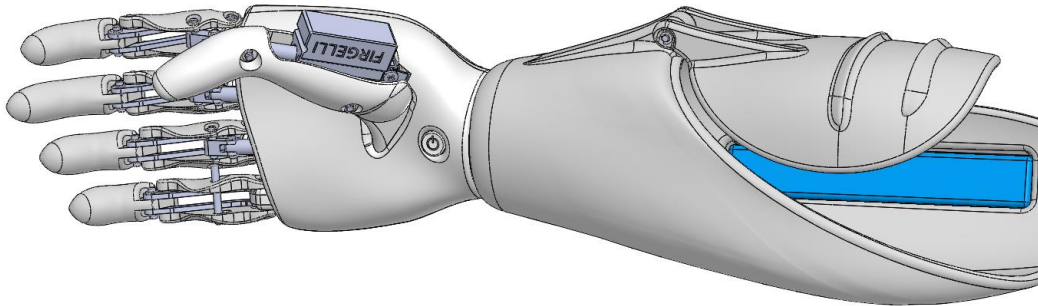


Vista de agarre de un objeto cilíndrico:





**Fase 4 y diseño final:**

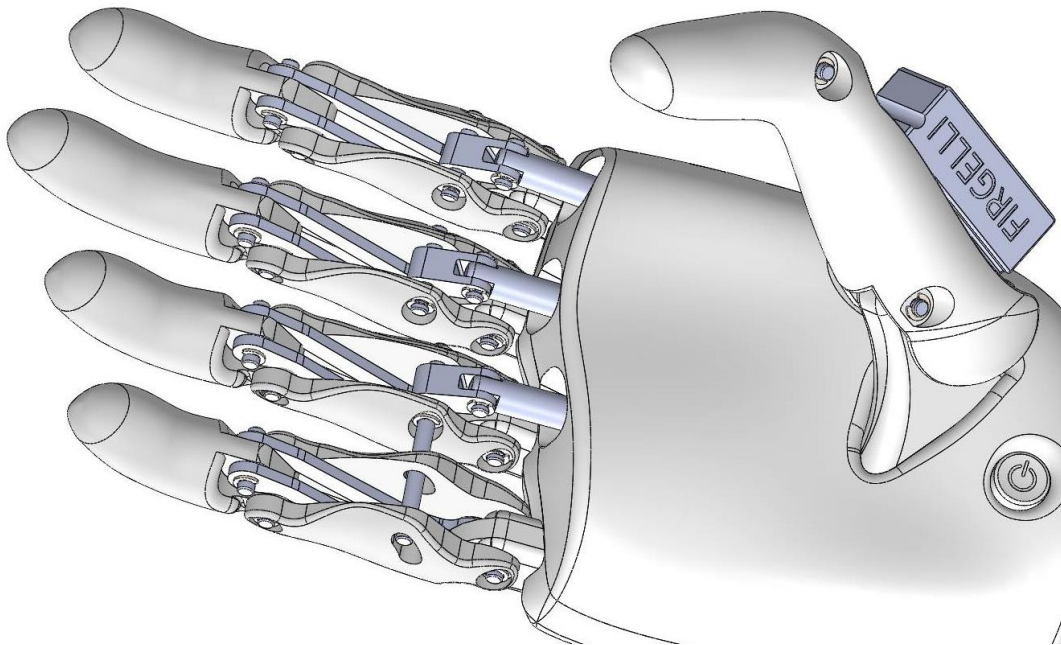


## 5.4- Dedos.

La importancia de los dedos viene dada por su alta complejidad a la hora de ejecutar las distintas tareas de agarre.

Los dedos de la mano humana tienen un intrincado sistema de articulaciones y tendones para poder moverlos de manera controlada y con una gran precisión, algo que se tiene en cuenta cuando se estudia este tipo de elementos para llevarlos a cabo en un sistema mecánico.

En la prótesis se encuentran cuatro motores, de los cuales, tres sirven para mover los dedos: índice, medio anular y meñique. El cuarto motor corresponde al dedo pulgar.

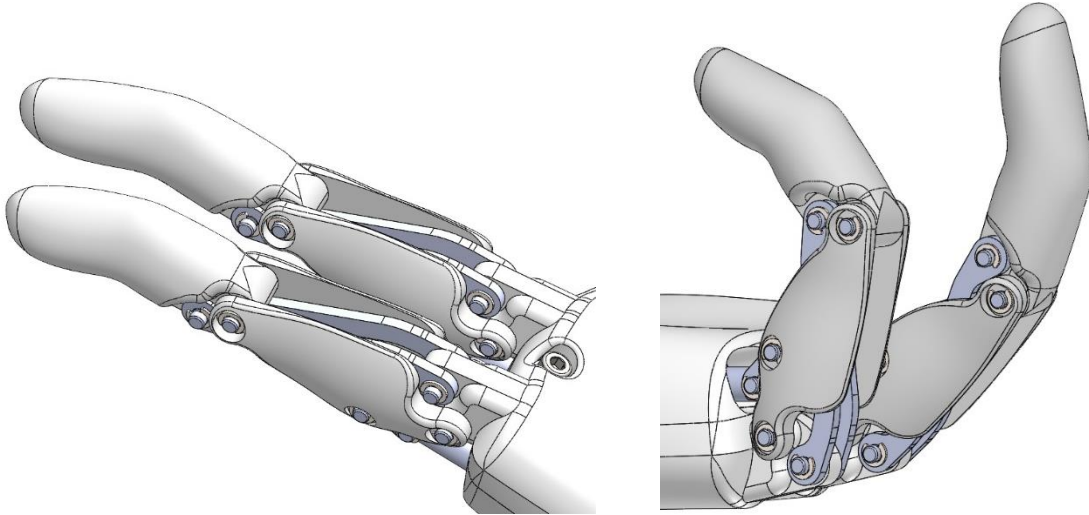


El diseño de los dedos índice, medio anular y meñique es similar, solo cambian las medidas de las piezas que componen las falanges distales-mediales.

Exceptuando el dedo meñique, al no tener motor se comporta de manera pasiva, su movimiento se ejecuta con el movimiento del dedo anular, por ello la pieza correspondiente a la falange proximal es algo diferente en el anclaje del tirante del motor.

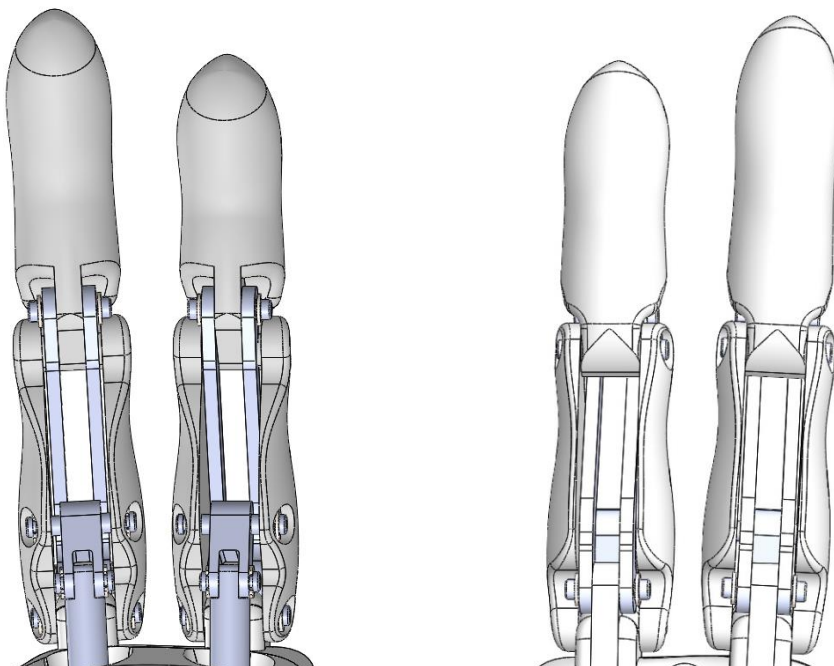
- **Dedos índice y medio.**

Como se puede apreciar en las imágenes los dedos índice y medio se asemejan a los dedos de la mano humana real en cuanto a formas generales. Las líneas curvadas y sinuosas le dan un aspecto delicado y a la vez robótico.



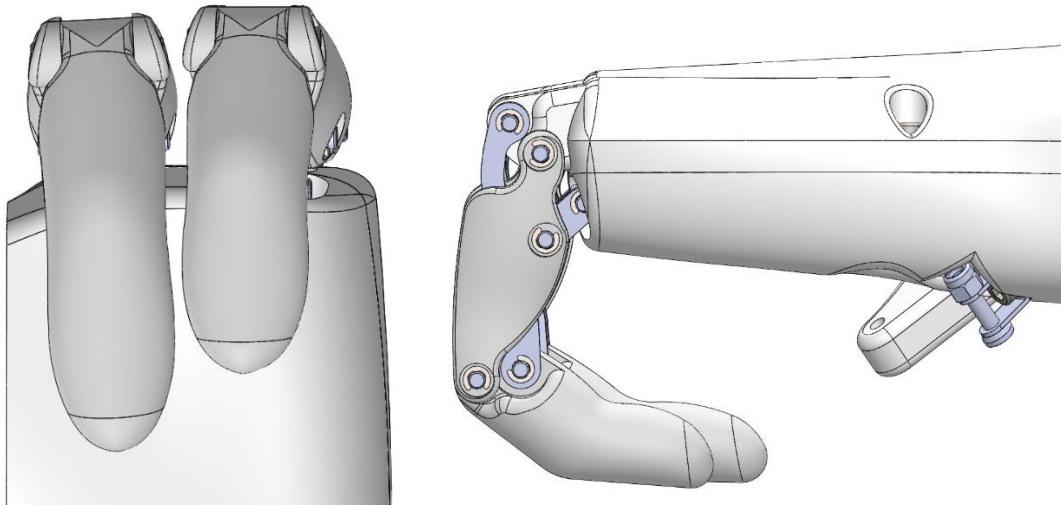
Más adelante en el apartado “Mecanismos” se observará el mecanismo que realiza el movimiento de los dedos.

Básicamente consta de dos bieletas que junto con la falange proximal forman el mecanismo “antiparalelepípedo”, entre el motor y el enganche de la falange proximal hay una tercera bieleta independiente encargada de que el motor esté fijo en la palma y no necesite tener movimiento.



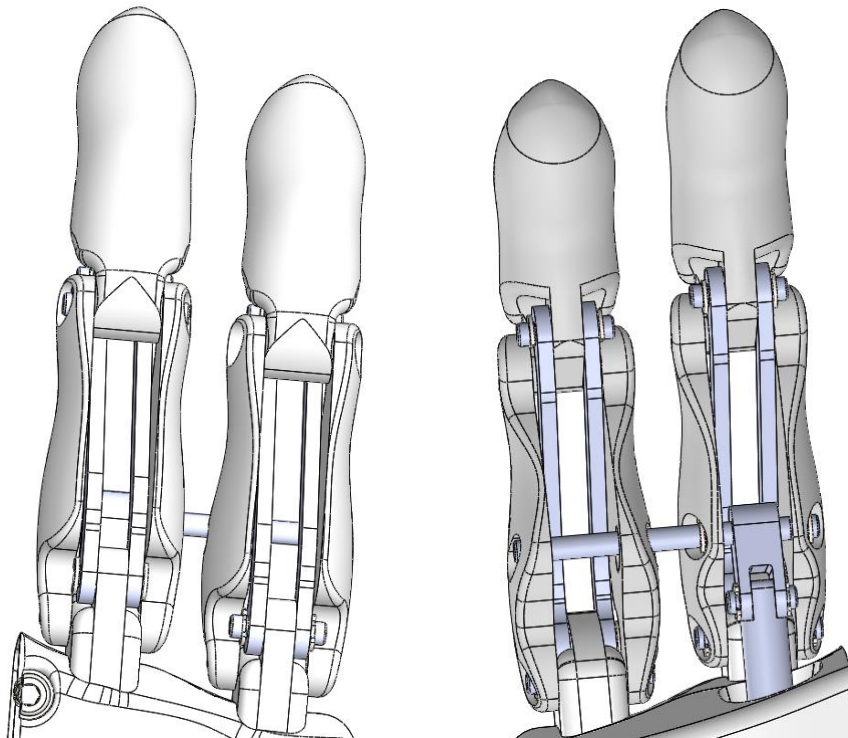


Vistas de los dedos en la posición máxima de agarre.



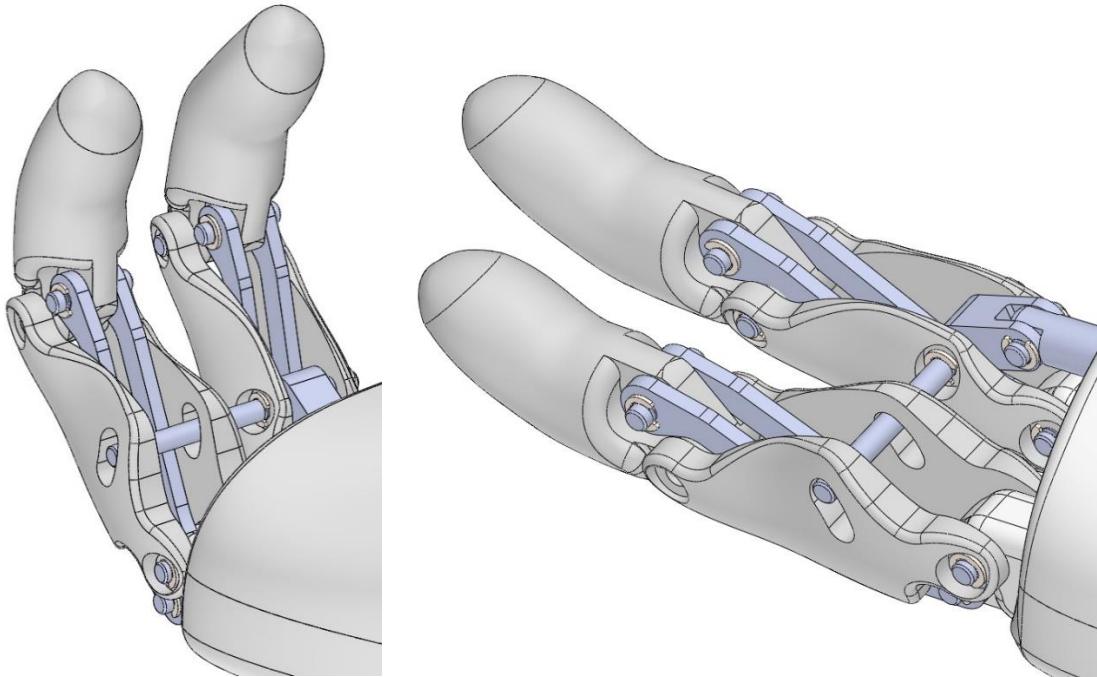
- **Dedos anular y meñique.**

El dedo meñique, como se ha dicho anteriormente es totalmente pasivo, y su movimiento depende del dedo anular. Esto se consigue alargando el eje del tirador de la bieleta del dedo anular e introduciéndolo en la falange proximal del dedo meñique.

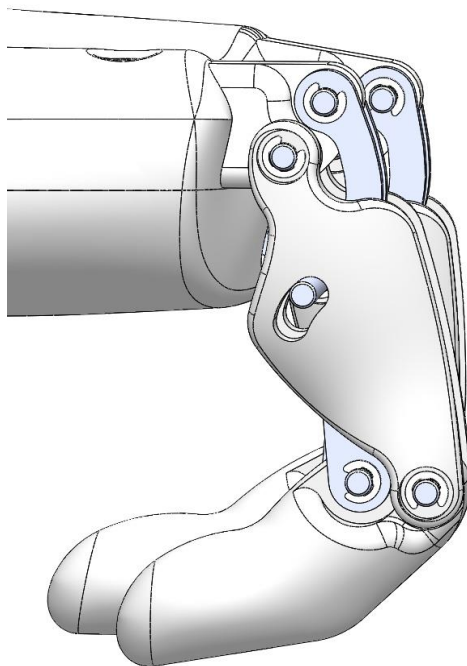


El dedo meñique dispone de una ranura para darle cierta holgura al eje ya que los dos dedos se encuentran en distintos ejes e inclinaciones con respecto al anclaje de la palma de la mano.

En las imágenes siguientes se puede apreciar el detalle de las bieletas y el eje que une los dos dedos.



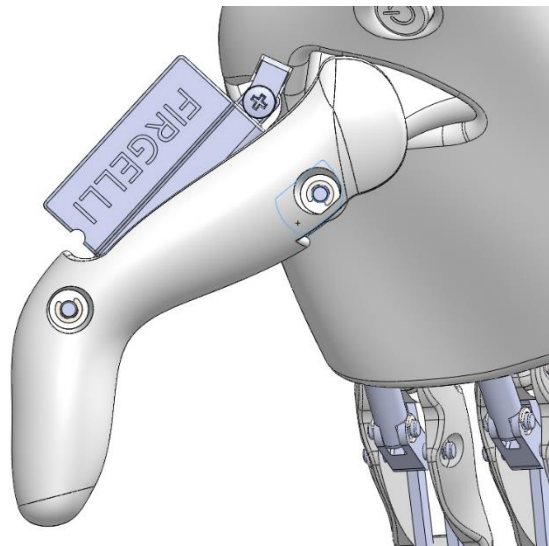
Vista de los dedos en su máxima posición de agarre.



- **Dedo pulgar.**

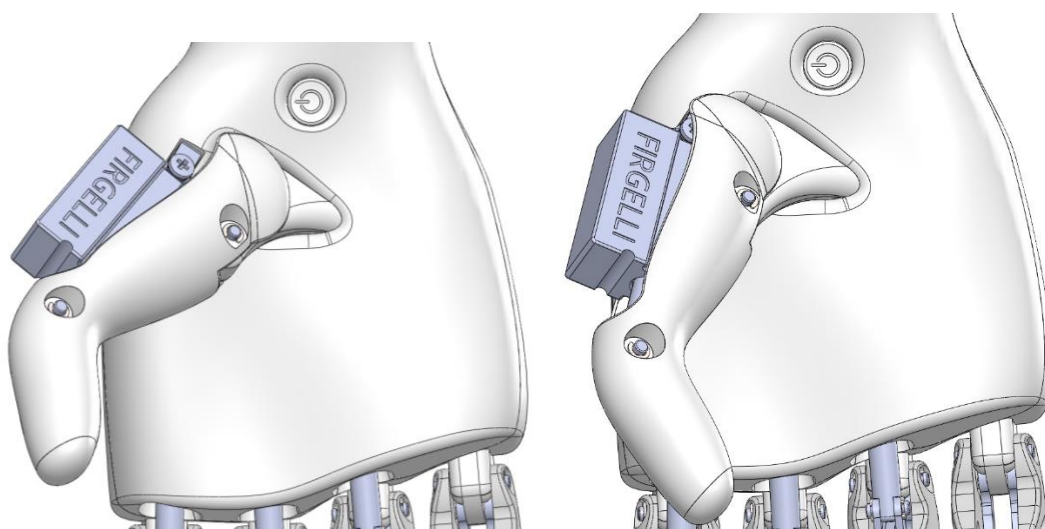
El dedo pulgar tiene un mecanismo diferente al del resto de dedos por tener otro rango de movimientos y estar posicionado encima de la palma.

La estética del pulgar sigue las líneas generales de la prótesis siendo totalmente homogéneo al resto de piezas.



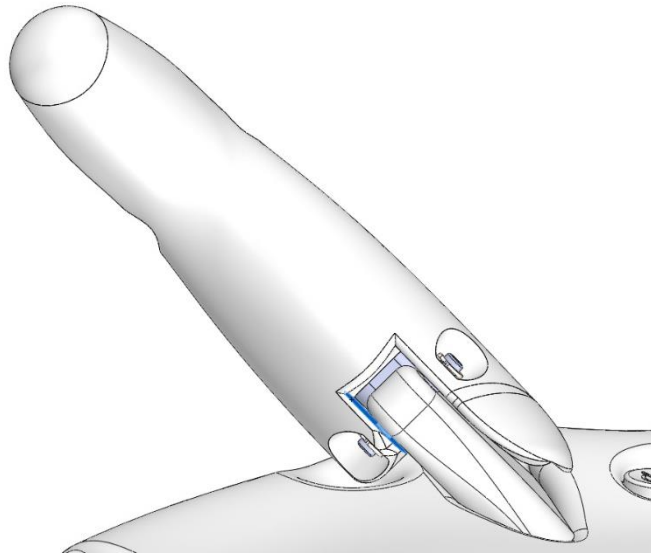
Pero la ejecución del movimiento es similar, de apertura y agarre.

En las siguientes imágenes se muestra desde la vista en planta de las dos posiciones máximas el pulgar.



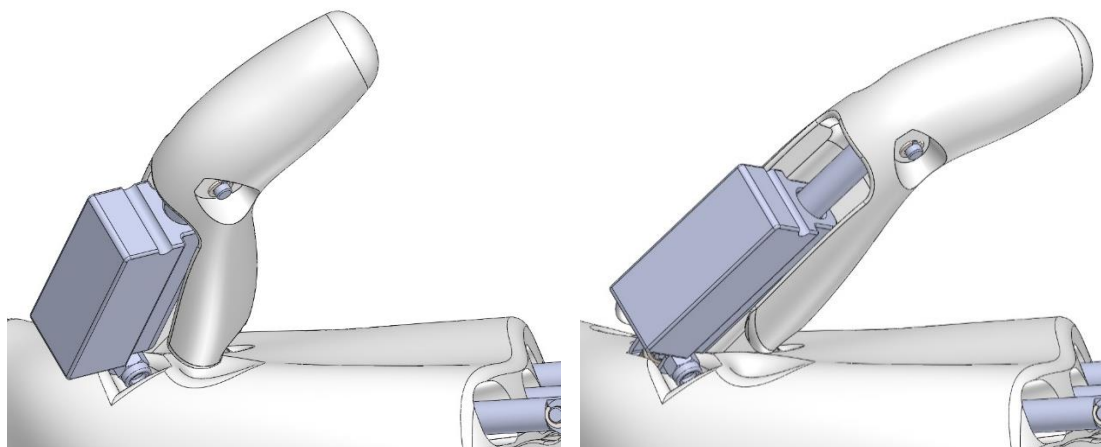
El dedo se compone de una pieza que conforma el cuerpo. Esta pieza se ancla a la pieza de sujeción del pulgar de la base, anclada sobre la pieza inferior de la palma.

Un motor lineal mueve el mecanismo a la posición deseada.



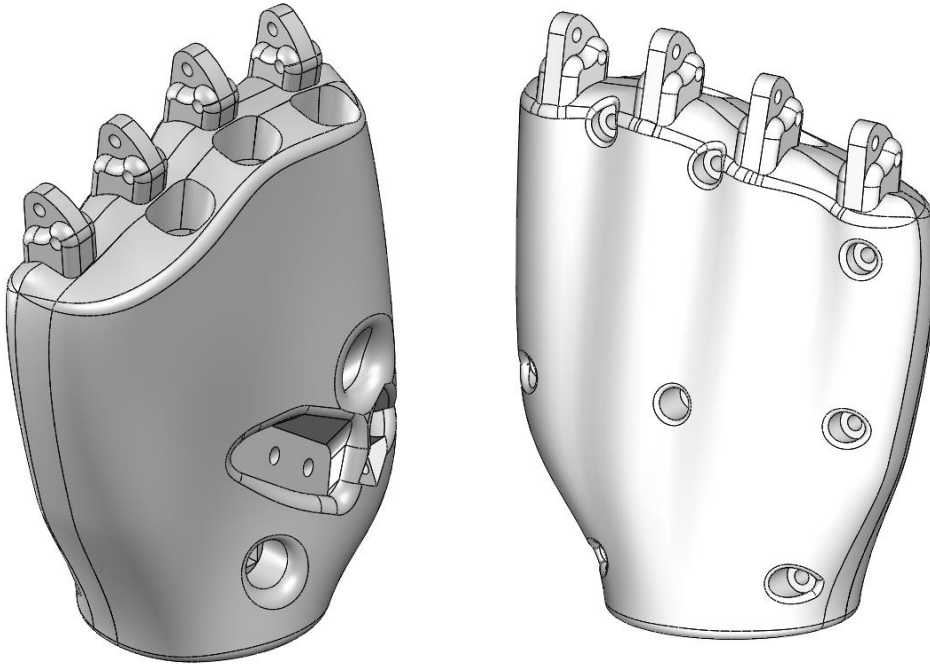
El pulgar es el dedo más importante debido a que, en el agarre, actúa en oposición al resto de dedos de la palma y asegura el agarre total de los objetos de la prótesis.

En las siguientes imágenes se muestra el mecanismo contraído y extendido según la posición del vástago del motor.



## 5.5- Palma de la mano.

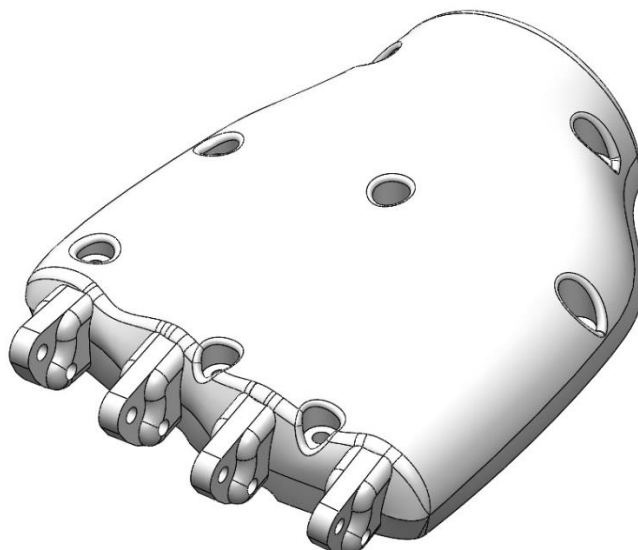
La palma es un elemento muy importante de la prótesis, alberga tres de los cuatro motores, sustenta los cinco dedos y es la base para agarrar los objetos. Sus formas se asemejan a la mano humana real para la óptima interacción con el entorno.



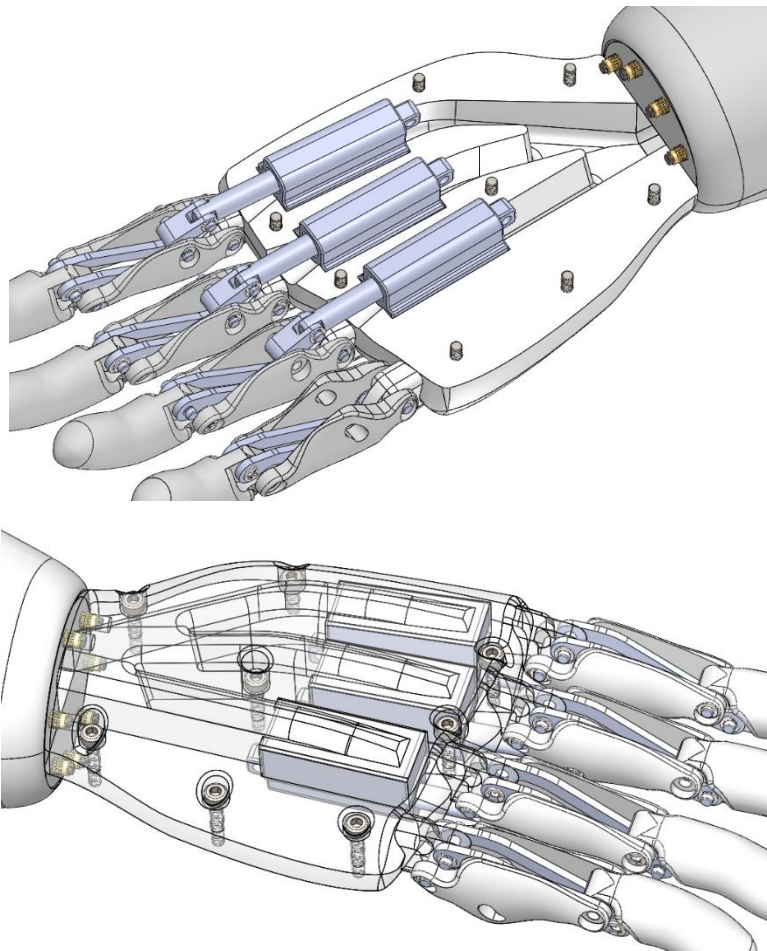
Se compone de dos piezas, la inferior y la superior. A continuación, se muestran las dos piezas y sus diferentes partes.

### - Parte superior.

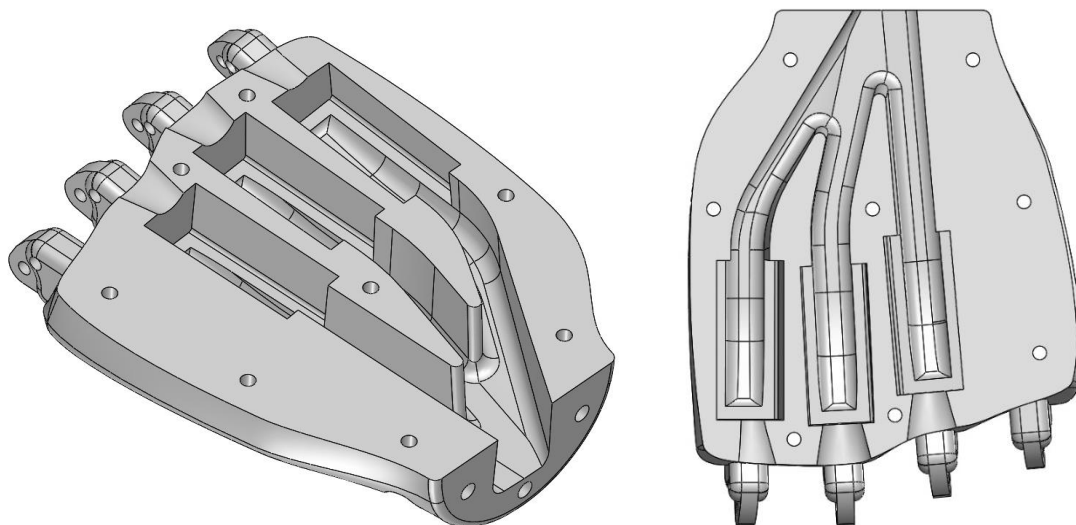
Vista de la parte superior de la palma:



Vistas con los componentes ensamblados en la pieza:

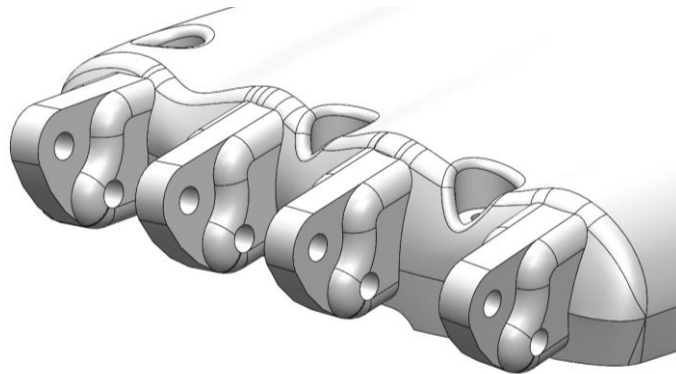


En el plano recto que la une con la parte inferior se pueden visualizar los huecos de los motores y los canales por los que pasan los cables hasta la muñeca, además de los agujeros de sujeción.

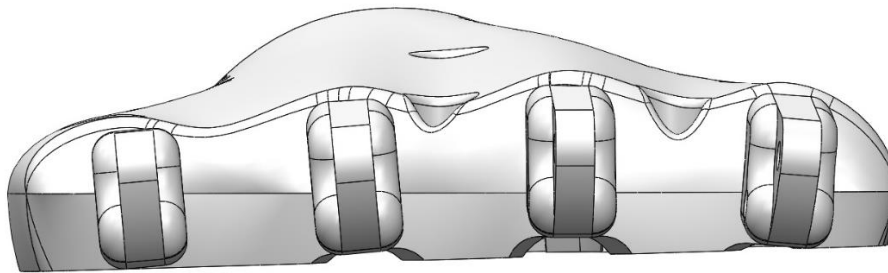




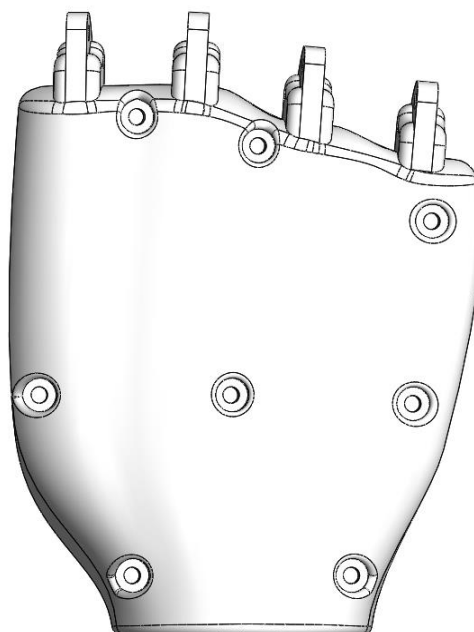
La parte frontal aloja los nudillos, corresponde al anclaje de los dedos en la palma. La inclinación que hay entre ellos es similar a las medidas antropométricas de la mano humana real. En las dos vistas siguientes se muestra con detalle la forma de los nudillos.



En la vista frontal se puede apreciar la pequeña inclinación de los nudillos



La parte superior de la palma deja ver los agujeros para la tornillería que une las dos piezas, en esta pieza se ven los alojamientos para las cabezas de los tornillos de allen.



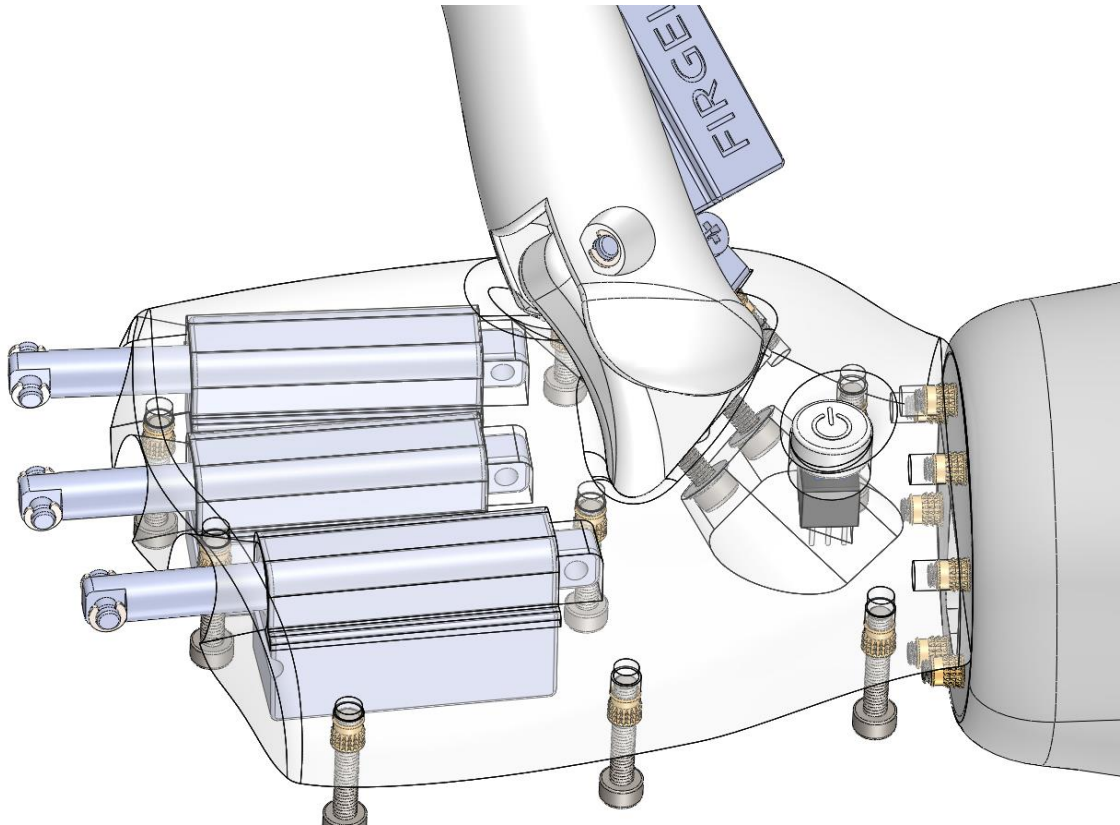


- **Parte inferior.**

Vista de la parte inferior de la palma:



Vista de detalle con los componentes ensamblados en la pieza:

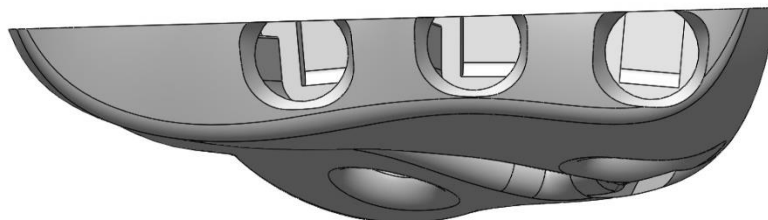


En la parte superior de esta pieza se sitúa el anclaje del pulgar, el anclaje de la horquilla que sujeta el motor y la entrada del cable hacia el interior de la mano, además del alojamiento del pulsador de encendido y apagado.

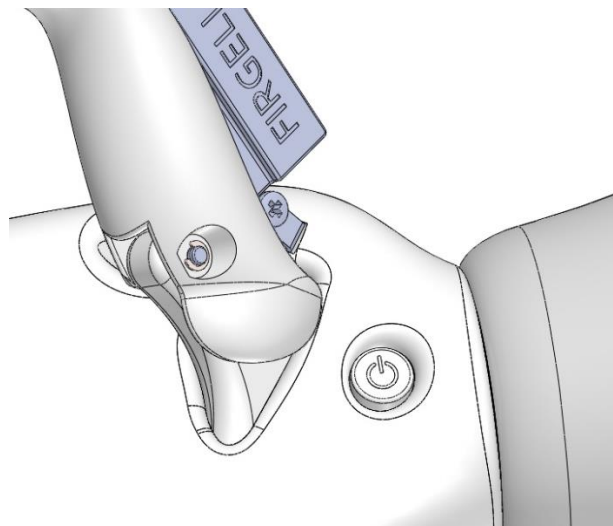


Las formas de esta pieza son muy importantes a la hora del agarre de distintos tipos de objetos tanto cilíndricos como esféricos o irregulares.

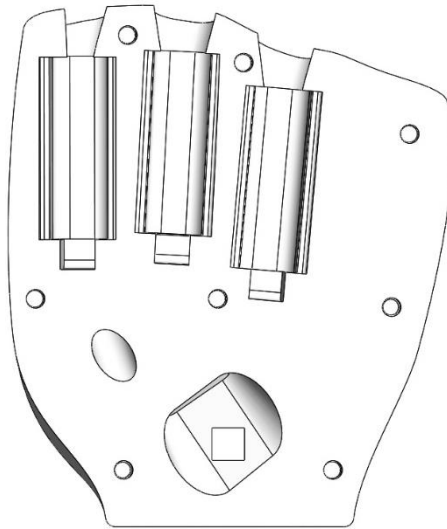
En la imagen se muestran los orificios por donde pasan los vástagos de los motores que mueven los dedos.



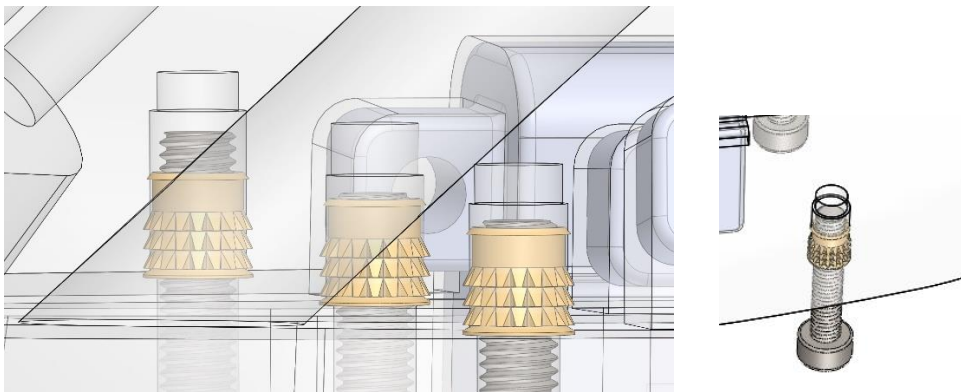
En la siguiente vista se aprecian los detalles de anclaje del pulgar y motor y el interruptor de encendido y apagado de la prótesis



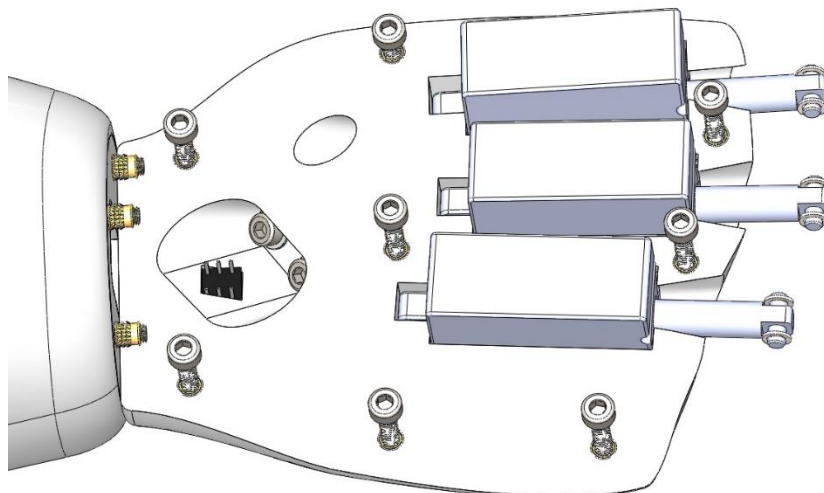
En la parte inferior se hayan los huecos para los motores y el hueco para atornillar la pieza que sujeta el dedo pulgar y los agujeros para alojar los insertos roscados.



Vistas de detalle de los insertos roscados:

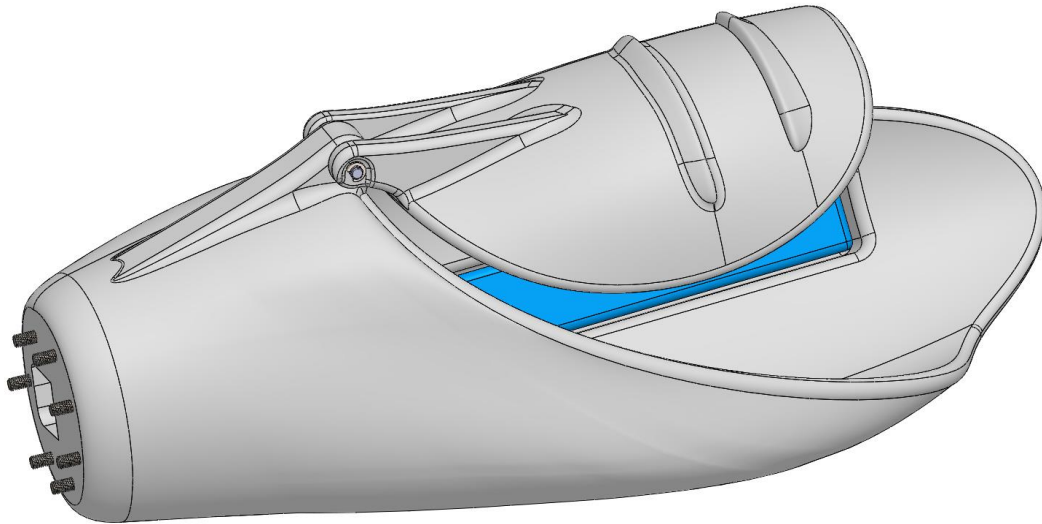


Vista de los distintos componentes como los motores y la tornillería ensamblados en la pieza:



## 5.6- Antebrazo.

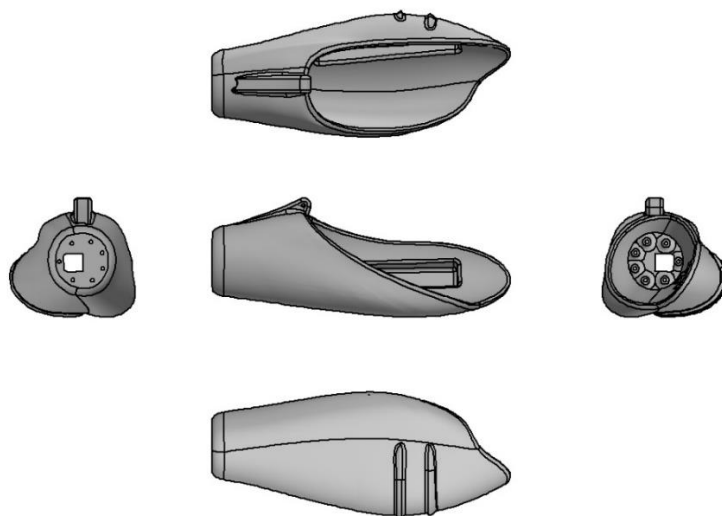
El socket es la pieza encargada de amarrar la mano al antebrazo del paciente. Se diseña de modo que pueda utilizarse para cualquier grosor de antebrazo y según el percentil del paciente.



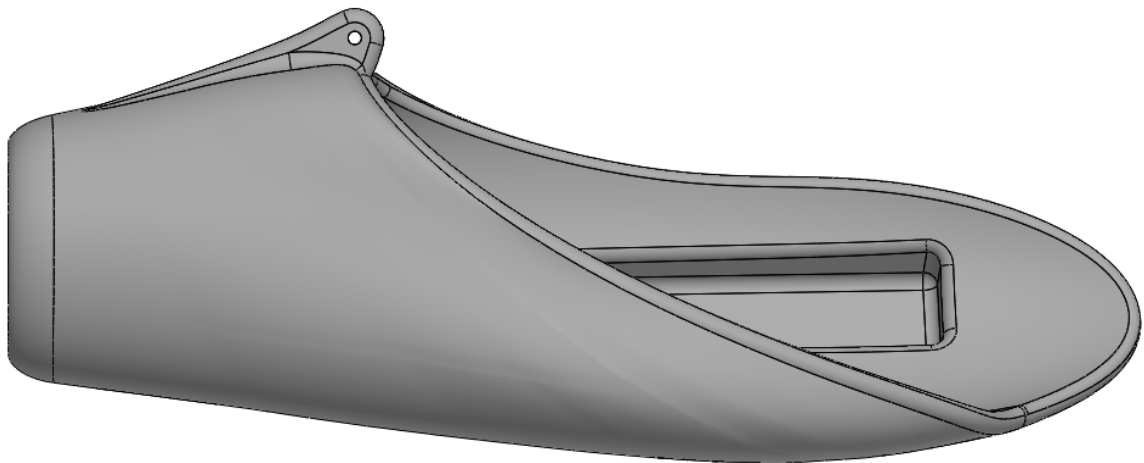
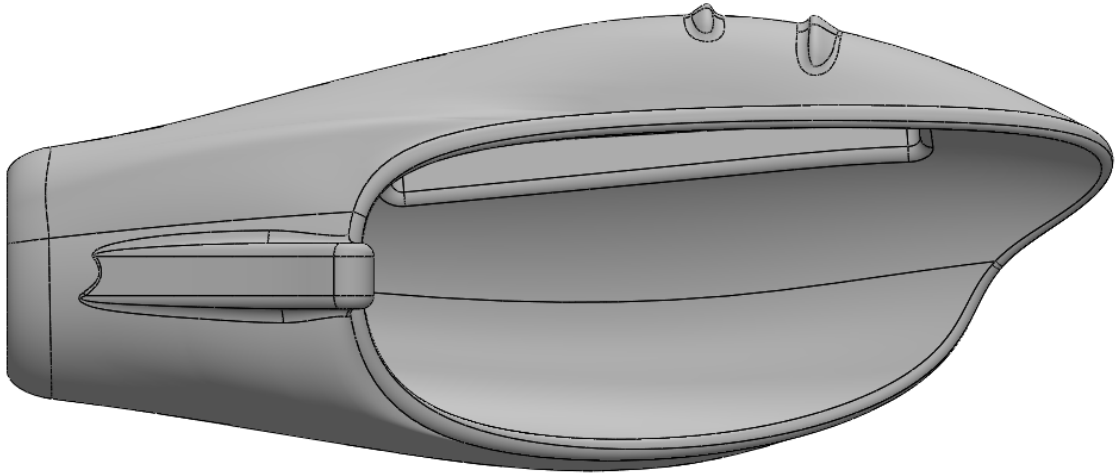
El socket consta de 4 partes principales: El cuerpo, la aleta de sujeción, el alojamiento de la batería y la brida de anclaje con la mano biónica.

### - El cuerpo.

La parte principal del socket donde se aloja el brazo del paciente. En él sitúan los demás componentes como la batería, la aleta de sujeción y la brida.



Su construcción debe ser robusta para soportar el peso de la mano biónica y los objetos que se recojan con ella, además de resistir diferentes impactos debido a la manipulación diaria del paciente con el entorno.

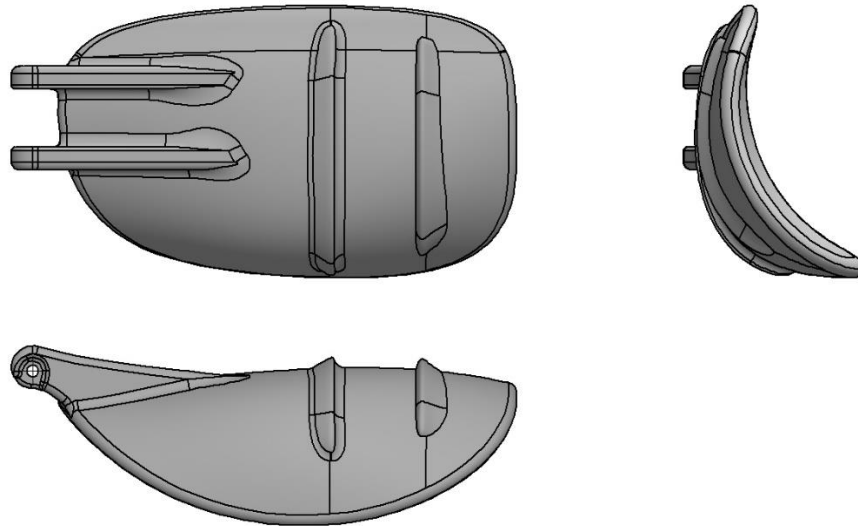


Su fabricación se realiza mediante ABS impreso, este le aportará resistencia mecánica además de ser ligero, ya que es una pieza grande. Utilizar un material con demasiada densidad podría aumentar su peso considerablemente con la consecuencia de ser poco cómoda para la persona que la lleva.

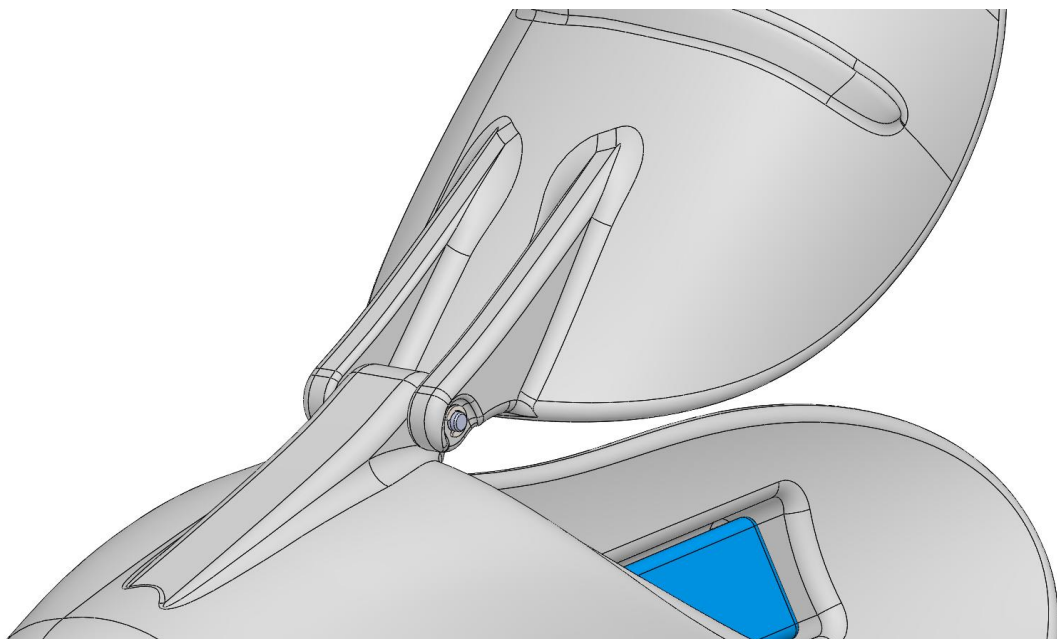
En cuanto a las formas del mismo, se hablará de ellas en otro apartado de diseño.

- **La aleta de sujeción.**

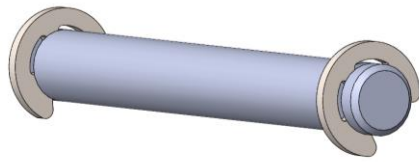
Esta pieza es la encargada de sujetar el brazo del paciente y mantener el socket unido al brazo sin posibilidad de desplazarse o aflojarse.



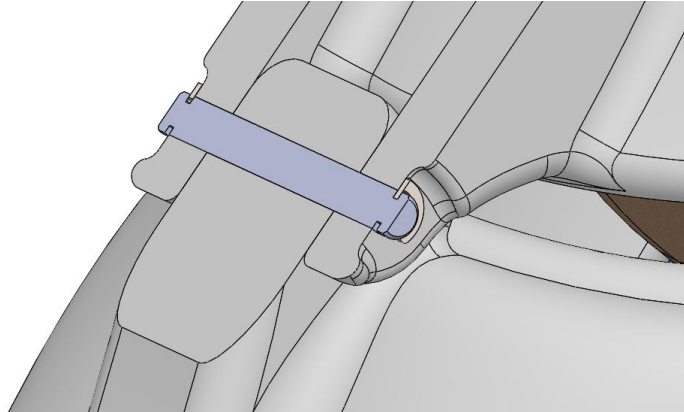
Se sujeta al cuerpo del socket mediante una horquilla anclada con un pasador de acero inoxidable y dos arandelas de seguridad.



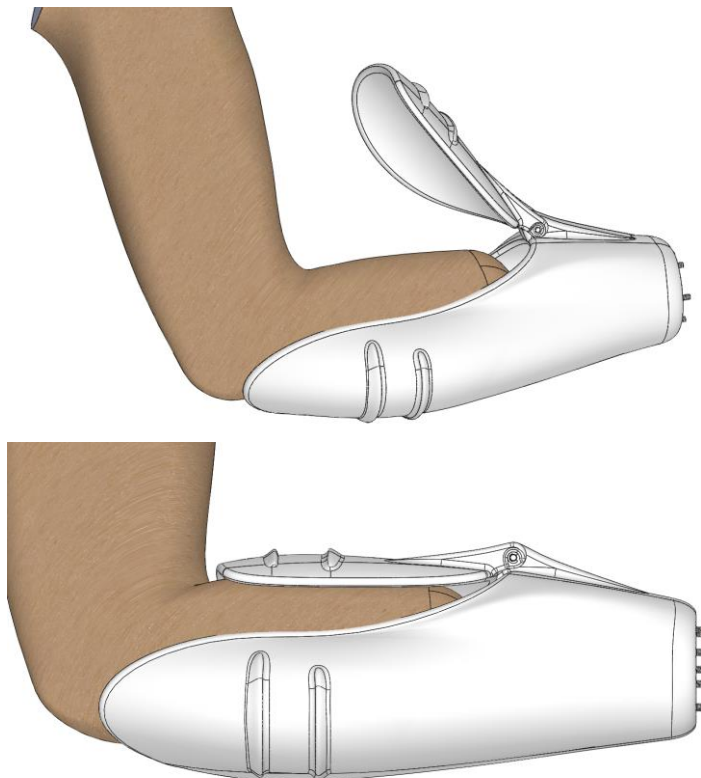
Detalle del ensamblaje del eje con los dos anillos de seguridad.



Vista de corte del eje pasante para la horquilla y la sujeción del socket a la aleta.

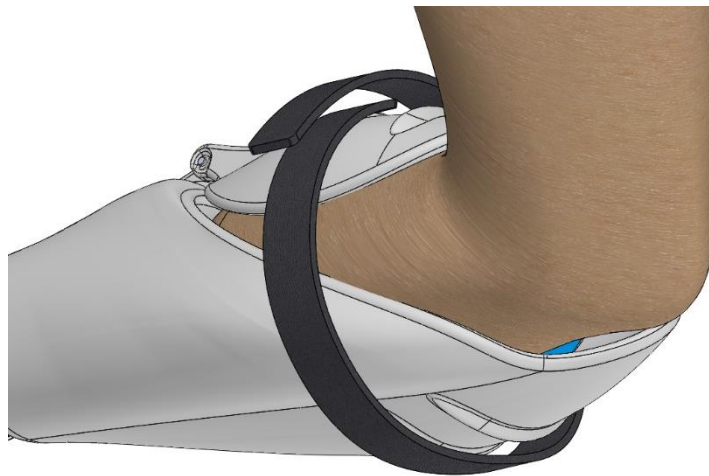


Como se muestra en las imágenes se abre y se cierra asegurando una buena sujeción del brazo al socket.



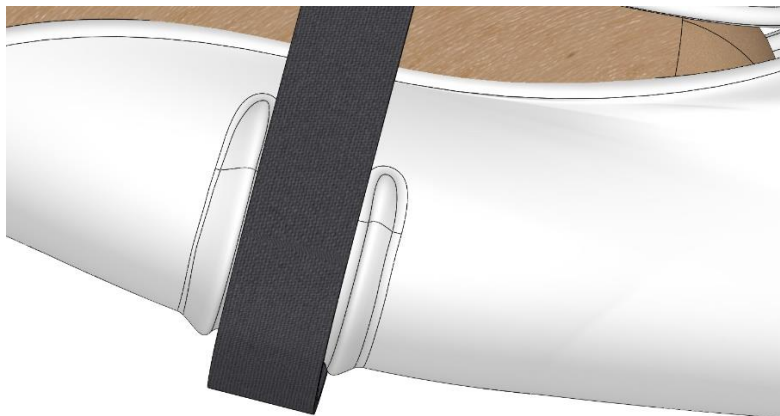


Para un buen apriete se debe poner una cinta elástica con velcro en los extremos rodeando el cuerpo y la aleta del socket.



Las piezas tienen unos canales para impedir el desplazamiento de la cinta a una posición errónea y asegure que siempre esté en la misma posición de agarre.

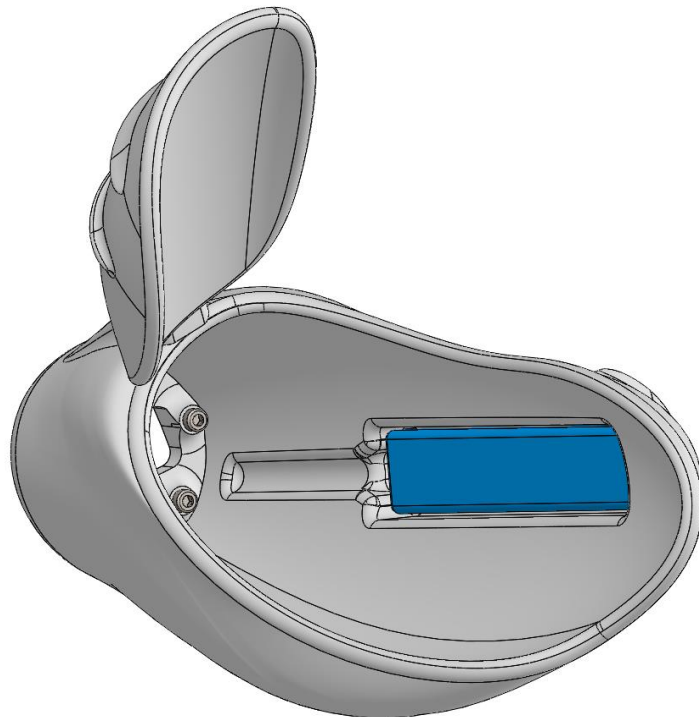
En las siguientes imágenes se muestra el recorrido de la cinta a través del socket.





- **Alojamiento de la batería.**

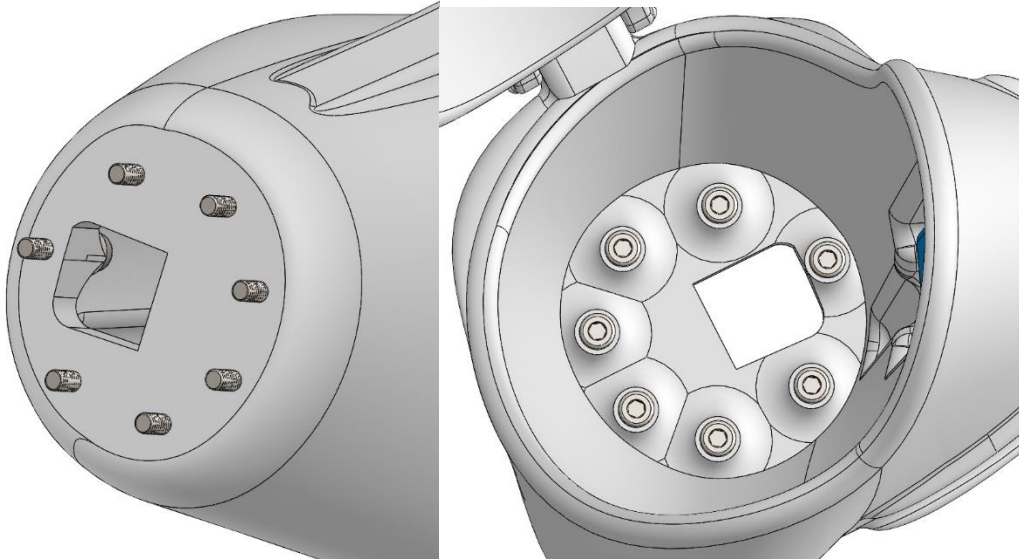
Dentro del cuerpo del socket hay un pequeño alojamiento para la batería y el cable de la misma.



En azul se representa el cuerpo de la batería. Debe introducirse siempre en la misma posición para pasar el cable por el canal que llega hasta las proximidades de la entrada de cables y el alojamiento de la electrónica, así no interferirá con el brazo del paciente.

- **Brida de anclaje.**

La brida de anclaje sirve para acoplar la mano biónica en el socket. Es un mecanismo sencillo para facilitar la sujeción del socket a la mano biónica sin complicación.



Consta de siete agujeros pasantes donde se montan tornillos de cabeza de allen de 3mm de diámetro y 16 mm de largo. Los tornillos se anclan a unos los agujeros de la mano biónica y roscan en los insertos roscados de la misma.

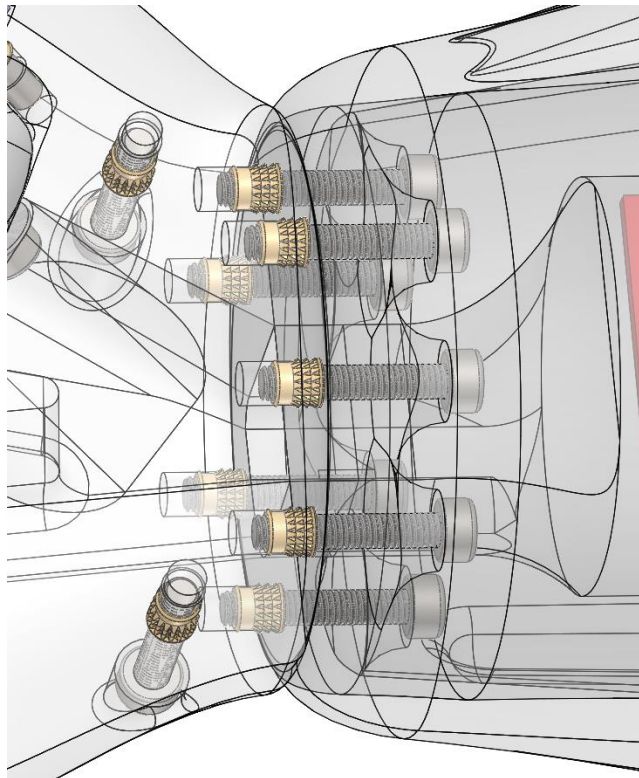
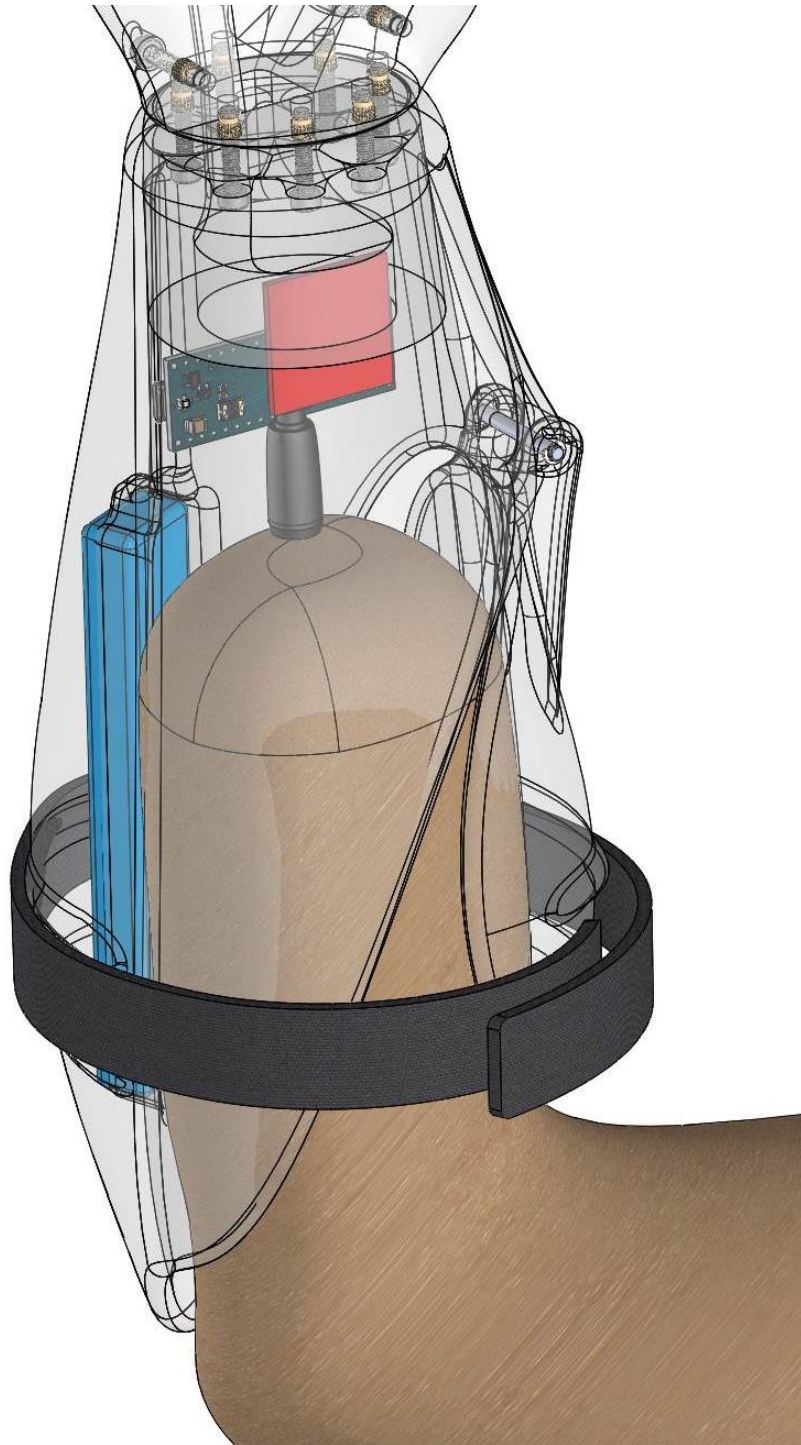


Imagen de transparencia del socket biónico donde se muestran la totalidad de todas sus partes y la disposición de las mismas en el cuerpo.



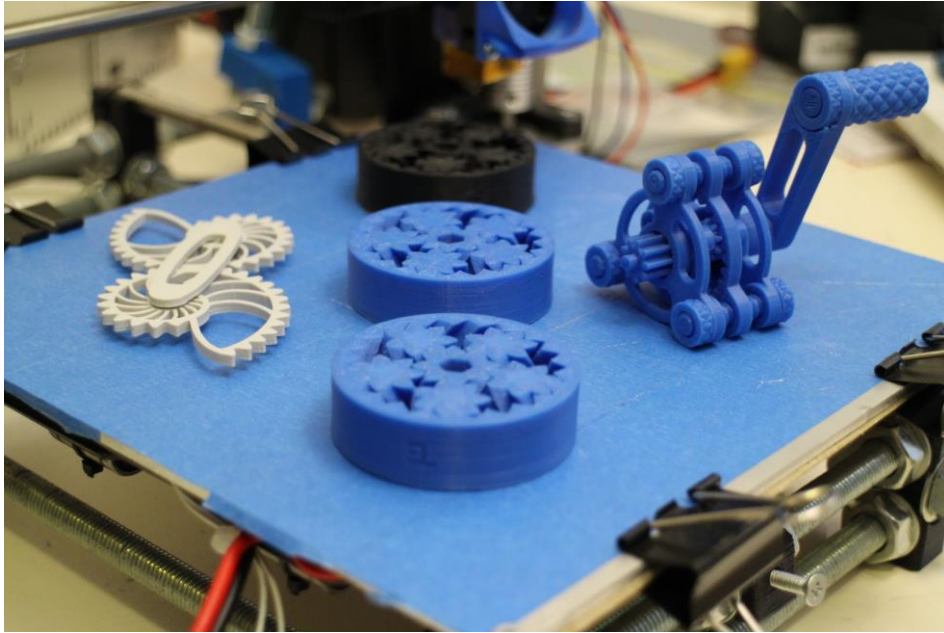


## 5.7- Materiales.

### - ABS (acrilonitrilo butadieno estireno).

El material empleado para la fabricación de los dedos, así como todas sus bieletas, las piezas de la palma y el socket del antebrazo es ABS.

Y muy importante es que se puede conformar mediante impresión 3D o FMD.



El “ABS” es un material resistente y que se mecaniza fácilmente. Es de la familia de los termoplásticos. El acrónimo deriva de los tres monómeros utilizados para producirlo, el acrilonitrilo, butadieno y estireno.

Propiedades que presentan cada uno de sus componentes:

#### - El acrilonitrilo:

Resistencia térmica

Resistencia química

Resistencia a la fatiga

Dureza y rigidez

#### - El butadieno:

Ductilidad a baja temperatura

Resistencia al impacto

Resistencia a la fusión

- El estireno:

Facilidad de procesado (fluidez)

Brillo

Dureza y rigidez

Además, se puede pigmentar en la mayoría de los colores, obteniéndose partes lustrosas de acabado fino.

La mayoría de los plásticos ABS son no tóxicos.

Dentro de una variedad de termoplásticos el ABS es importante por sus propiedades. El ABS se destaca por combinar dos propiedades muy importantes como ser la resistencia a la tensión y la resistencia al impacto en un mismo material, además de ser un material liviano.

En la siguiente tabla se muestran las propiedades mecánicas y térmicas del ABS

Propiedades	Método ASTM	Unidad	Grados de ABS			
			Alto impacto	Impacto medio	Bajo Impacto	Resistente al calor
<i>Mecánicas a 23°C</i>						
Resistencia al impacto, prueba Izod	D2546	J / m	375-640	215-375	105-215	105-320
Resistencia a la tensión	D638	Kg. / mm <sup>2</sup>	3,3 - 4,2	4,2-4,9	4,2-5,3	4,2-5,3
elongación	D638	%	15-70	10-50	5-30	5-20
Módulo de tensión	D638		173-214	214-255	214-265	214-265
Dureza	D785	HRC (Rockwell)	88-90	95-105	105-110	105-110
Peso específico	D792		1,02-1,04	1,04-1,05	1,05-1,07	1,04-1,06
<i>Térmicas</i>						
Coefficiente de expansión térmica	D696	X 10 <sup>5</sup> cm / cm* °C	9,5 -11,0	7,0-8,8	7,0-8,2	6,5-9,3
Distorsión por calor	D648	°C a 18,4 Kg /cm <sup>2</sup>	93-99	96-102	96-104	102-112

- **Acero inoxidable.**

La tornillería es de “Acero inoxidable” para evitar la corrosión de los pasadores y tornillería del conjunto. Se entiende que estará expuesto al entorno del paciente, pudiendo mojarse con sudor con concentración de sales, sitios húmedos o salpicadura de líquidos.

Los dos componentes fundamentales de acero inoxidable, además del acero, siendo el principal elemento de su composición, son:

- Cromo: Aumenta su dureza, le da brillo y hace que el acero sea inoxidable.
- Níquel: evita la corrosión del acero, mejora la resistencia a la tracción y su tenacidad.
- Molibdeno: le aporta dureza y resistencia al desgaste, también mejora la resistencia general a la corrosión en medios no oxidantes.

Algunas propiedades notables del Acero Inoxidable:

- Resistencia a la corrosión y la oxidación.
- Resistencia al calor.
- Reciclable.
- Fácil fabricación y limpieza.
- Bajo coste.
- Biológicamente neutro.
- Buena estética.



## 5.8- Peso.

Muy importante controlar el peso de cada pieza para que el conjunto final no sea demasiado pesado. El paciente debe sentir un peso lo más liviano posible, como si se tratase de su mano real o incluso más ligera.

Se numeran todos los componentes con su peso según el material.

<b>Pieza</b>	<b>Componentes</b>	<b>Peso unitario (g)</b>	<b>Peso conjunto (g)</b>
Motores	motore lineal (x3) Bieleta motor (x3)	15 0,89	<b>45</b> <b>2,6</b>
Dedo índice	Falange distal-medial Falange proximal (x2) Bieleta (x2)	4 1,5 0,5	<b>8</b>
Dedo mediano	Falange distal-medial Falange proximal (x2) Bieleta (x2)	4,3 1,5 0,5	<b>8,3</b>
Dedo anular	Falange distal-medial Falange proximal (x2) Bieleta (x2)	4 1,5 0,5	<b>8</b>
Dedo meñique	Falange distal-medial Falange proximal (x2) Bieleta (x2)	3 1,5 0,5	<b>6,5</b>
Dedo pulgar	Cuerpo dedo Soporte a palma	12 3	<b>15</b>
Palma	Pieza superior Pieza inferior	57 48	<b>105</b>
Socket:	Cuerpo Aleta	179 36	<b>215</b>
Electrónica:	Amplificador Microcontrolador Regulador de tensión	6 5 0,5	<b>11,5</b>
Batería	Lipo 1350mAh	59	<b>59</b>
Pasadores	Eje 8,5mm (x8) Eje 13,5mm (x10) Eje 11,5mm Eje 6mm (x3)	0,62 0,85 0,78 0,46	<b>19,9</b>

	Eje 15,5mm	1	
	Eje 24mm	1,2	
	Eje meñique-anular	2,1	
Tornillería	Inserto roscado (x18)	0,17	<b>24,1</b>
	Tornillo M3x16 (x16)	1,2	
	Tornillo M3x10 (x2)	0,93	
<b>Peso total del conjunto</b>			<b>527,9</b>

El peso de todo el conjunto es de unos **528 gramos**, peso aceptable y óptimo, sabiendo que sólo la mano humana de hombre del 50% del percentil sin contar el brazo pesa entorno a los 500 gramos.

Despreciamos el peso de los anillos de seguridad por su reducido peso.

- A continuación, peso solamente de la mano biónica sin el socket:

<b>Pieza</b>	<b>Componentes</b>	<b>Peso unitario (g)</b>	<b>Peso conjunto (g)</b>
Motores	motore lineal (x3)	15	<b>45</b>
	Bieleta motor (x3)	0,89	<b>2,6</b>
Dedo índice	Falange distal-medial	4	<b>8</b>
	Falange proximal (x2)	1,5	
	Bieleta (x2)	0,5	
Dedo mediano	Falange distal-medial	4,3	<b>8,3</b>
	Falange proximal (x2)	1,5	
	Bieleta (x2)	0,5	
Dedo anular	Falange distal-medial	4	<b>8</b>
	Falange proximal (x2)	1,5	
	Bieleta (x2)	0,5	
Dedo meñique	Falange distal-medial	3	<b>6,5</b>
	Falange proximal (x2)	1,5	
	Bieleta (x2)	0,5	
Dedo pulgar	Cuerpo dedo	12	<b>15</b>
	Soporte a palma	3	
Palma	Pieza superior	57	<b>105</b>
	Pieza inferior	48	
Pasadores	Eje 8,5mm (x8)	0,62	<b>18,7</b>
	Eje 13,5mm (x10)	0,85	
	Eje 11,5mm	0,78	

	Eje 6mm (x3)	0,46	
	Eje 15,5mm	1	
	Eje meñique-anular	2,1	
Tornillería	Inserto roscado (x18)	0,17	<b>15,8</b>
	Tornillo M3x16 (x9)	1,2	
	Tornillo M3x10 (x2)	0,93	
<b>Peso total de la mano biónica</b>			<b>232,9</b>

El peso total de la mano biónica son contar el socket y todos los elementos que se encuentran en su interior como la batería y la electrónica es de aproximadamente **233 gramos**.

Con esto sabemos que nuestra mano biónica es muy ligera con respecto a las de la competencia disponibles en el mercado que pueden llegar a los 500 gramos sin contar con el socket, algo muy a favor para nuestro diseño.

\*Despreciamos el peso de los anillos de seguridad y cables varios de la electrónica por su reducido peso.

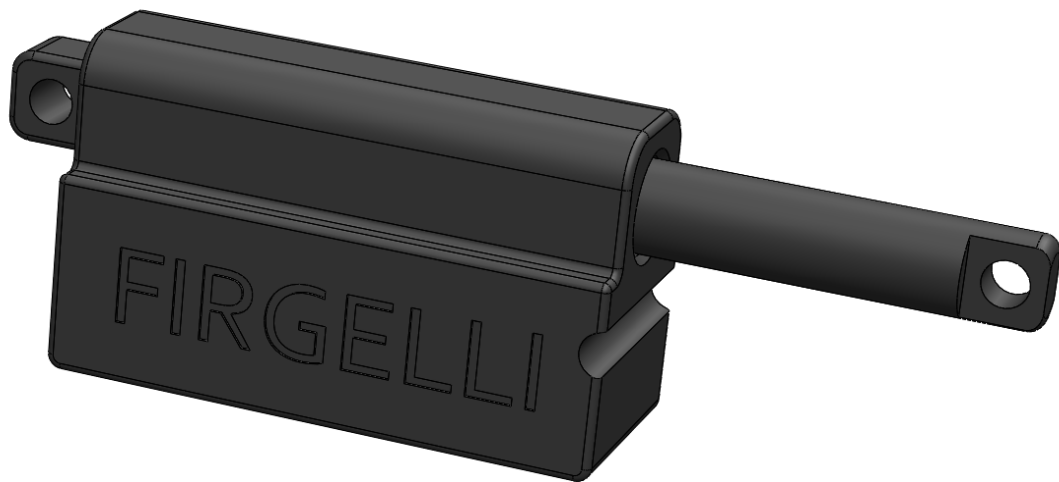
## 6- Software y Hardware.

### 6.1- Actuadores.

Para efectuar el movimiento de los dedos se usa una gama de micro servomotores lineales.

Estos motores tienen la misma funcionalidad y características que un servomotor de aeromodelismo pero con la particularidad de que la fuerza la transmiten de forma lineal gracias a un mecanismo sinfín, reduciendo considerablemente el espacio para diseñar el mecanismo del movimiento de las falanges.

El modelo del actuador es: "Actuonix PQ12-R" de la marca "Firgelli".



Los cables sirven para alimentar el servomotor, rojo (+5v), negro (masa) y blanco (para recibir los pulsos del microcontrolador).



La gama de este tipo de actuadores consta de tres modelos según la reducción. El modelo seleccionado es el **PQ12-R 63:1 12V**.

La reducción determinará la fuerza y la velocidad del actuador.

Se obtiene en el mecanismo **12N** de fuerza a una velocidad de movimiento lineal del actuador de **12mm/s**.

<b>PQ12 Specifications</b>			
<u>Gearing Option</u>	<u>30:1</u>	<u>63:1</u>	<u>100:1</u>
Peak Power Point	15N@15mm/s	30N @ 8mm/s	40N @ 6mm/s
Peak Efficiency Point	8N @ 20mm/s	12N@12mm/s	20N @ 8mm/s
Max Speed (no load)	28mm/s	15mm/s	10mm/s
Max Force (lifted)	18N	45N	50N
Max Side Load	5N	10N	10N
Back Drive Force	9N	25N	35N
Stroke	20 mm		
Input Voltage	6 or 12 VDC		
Stall Current	550mA @ 6V, 210mA @ 12V		
Mass	15g		
Operating Temperature	-10°C to +50°C		
Positional Repeatability	±0.1mm		
Mechanical Backlash	0.25 mm		
Audible Noise	55dB @ 45cm		
Ingress Protection	IP-54		
Feedback Potentiometer	5kΩ±50%		
Limit Switches	Max. Current Leakage: 8uA		
Maximum Duty Cycle	20%		

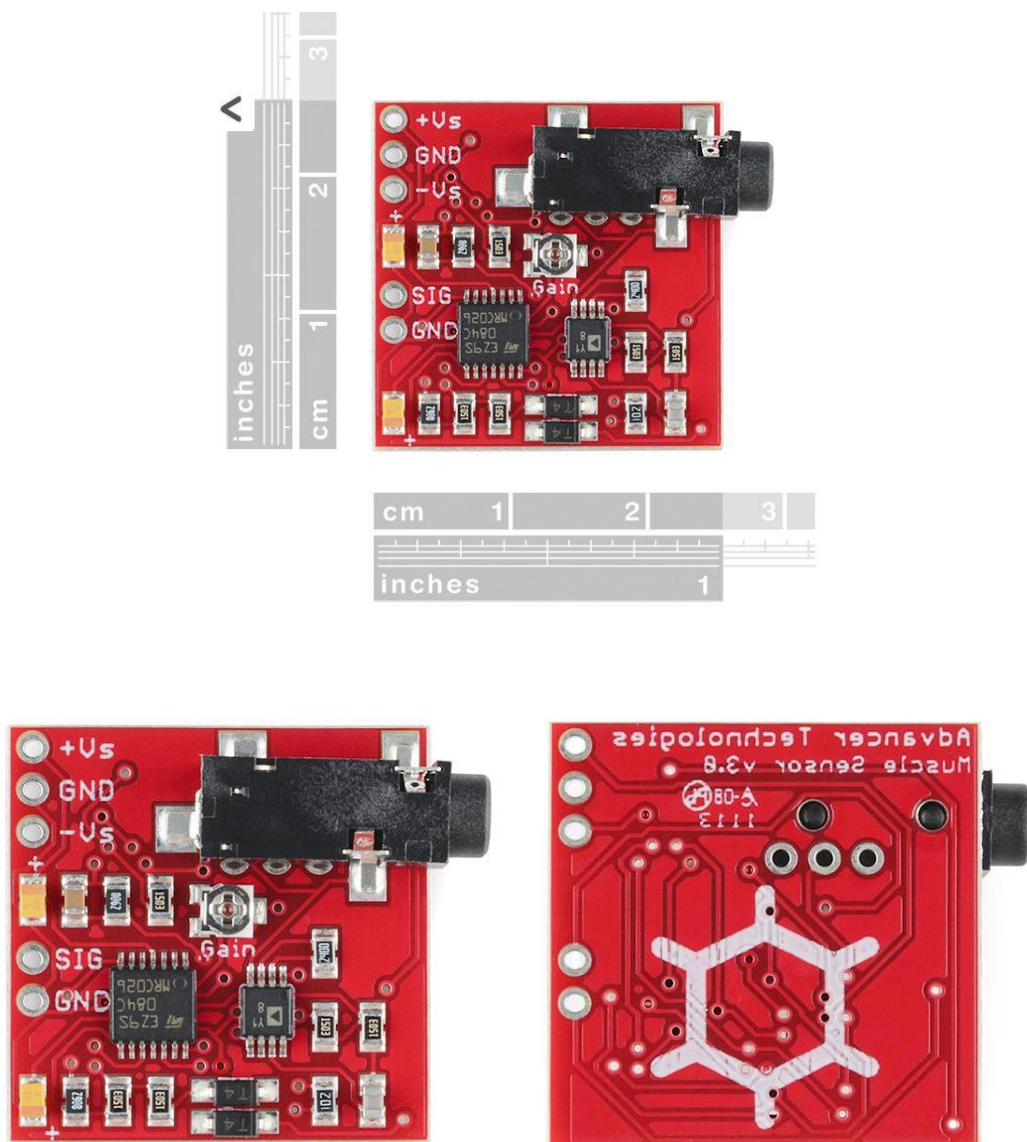


## 6.2- Sensores.

Para captar la señal de los músculos es necesario disponer de un dispositivo que capte dichas señales y las amplifique para enviarlas al microcontrolador. Este tipo de sensores se denominan mioeléctricos, son dispositivos muy sensibles a la electricidad que recorre la musculatura del cuerpo humano.

El modelo seleccionado es el **Muscle Sensor v3** de la marca **Advancer technologies**

- Vistas de la PCB del sensor mioeléctrico

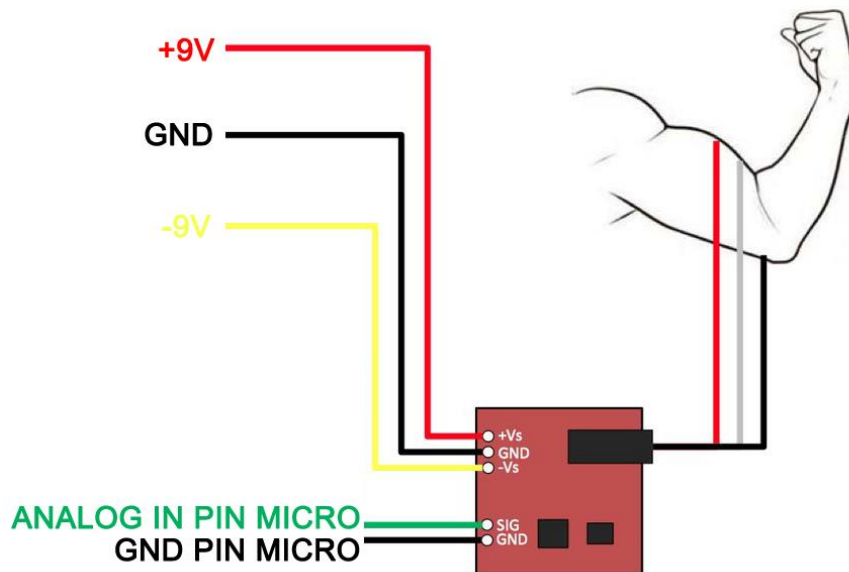


- Conjunto de componentes del sensor mioeléctrico:

Consta de una PCB donde se encuentra el amplificador de señal, los cables que conectan el amplificador con los electrodos y los propios electrodos encargados de percibir la señal eléctrica del músculo.



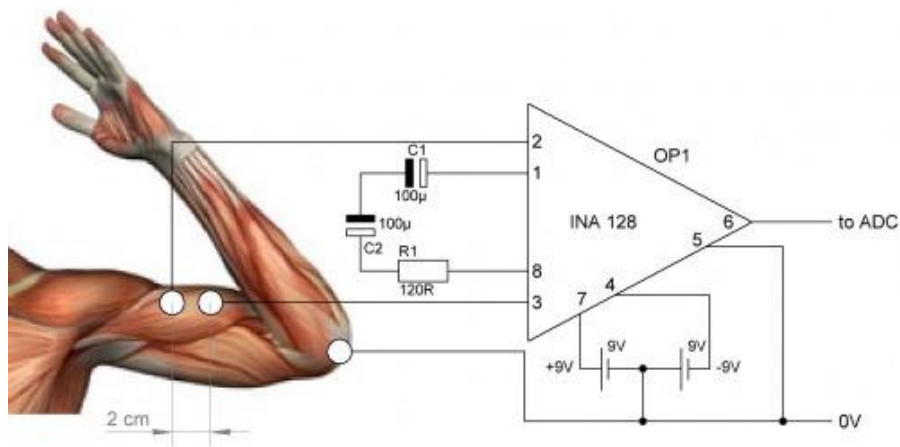
- Esquema del cableado del sensor mioeléctrico:



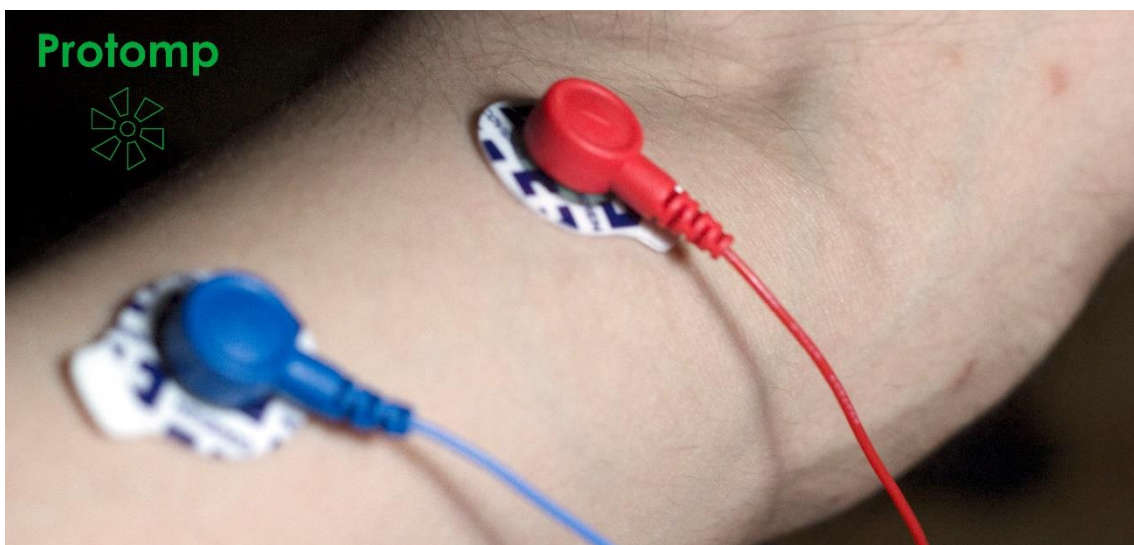
Tres conjuntos de conexiones componen el cableado del sensor mioeléctrico. Por un lado, las entradas de la alimentación y por otro la salida de la señal amplificada hacia el microcontrolador. Y la tercera conexión corresponde a un conector Jack de 3,5mm hembra para los electrodos encargados de captar la señal mioeléctrica.



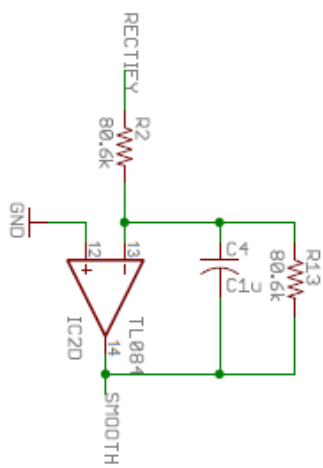
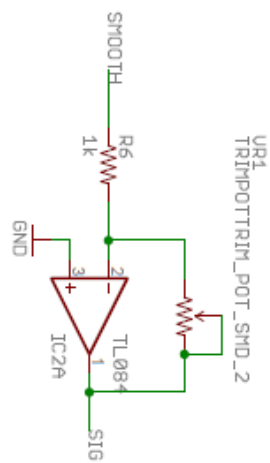
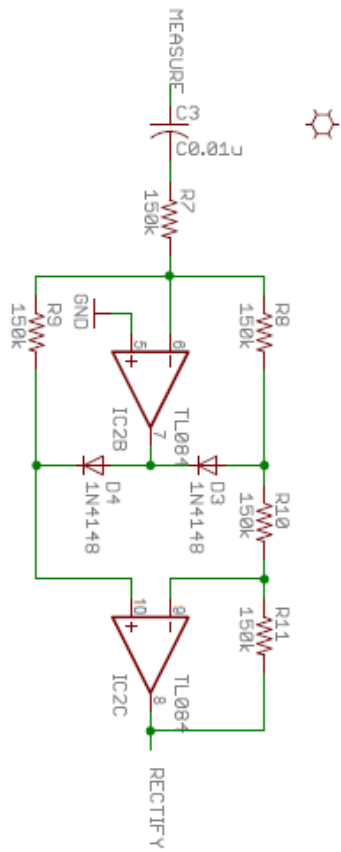
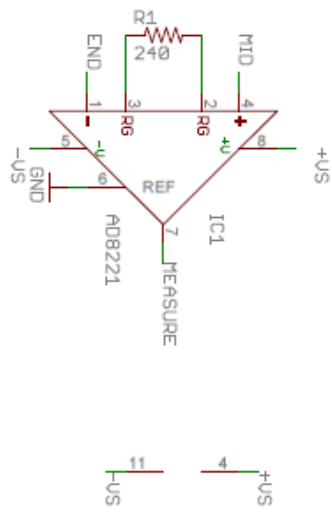
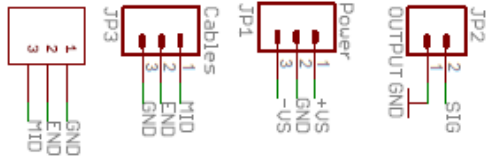
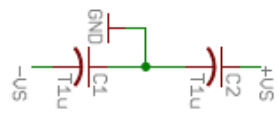
- Esquema básico del amplificador de señal del sensor mioeléctrico:



La colocación de los electrodos es muy importante para captar los pulsos eléctricos de los músculos del cuerpo. Estos son intercambiables y desechables, se adaptan perfectamente a las formas del cuerpo.

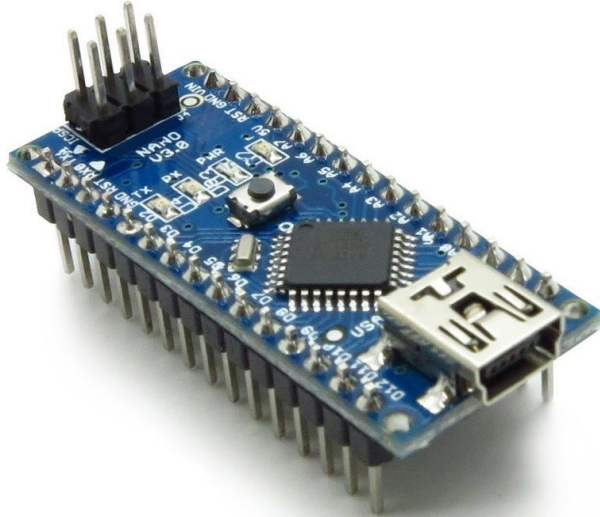


- Esquema electrónico sensor mioeléctrico:



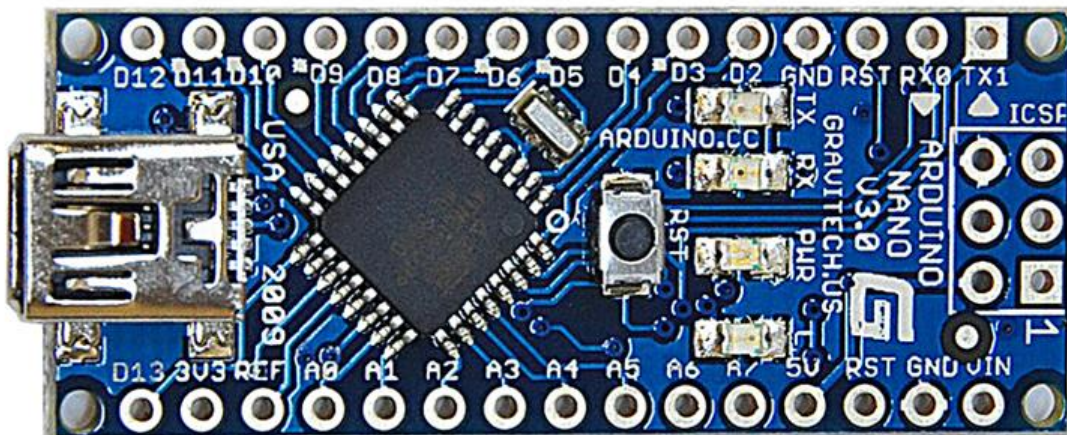
### 6.3- Electrónica y microcontrolador.

El circuito encargado de recibir e interpretar las señales mioeléctricas es un Arduino Nano. Se ha seleccionado por su versatilidad, dimensiones y potencia. Como dicen en algún lugar de Albacete, más versátil que una navaja suiza o que el coño de la Bernarda.



Incorpora un conector mini USB, que se utilizará para conectar la prótesis con el PC para pasar el algoritmo de programación y su puesta a punto con ella puesta en el paciente.

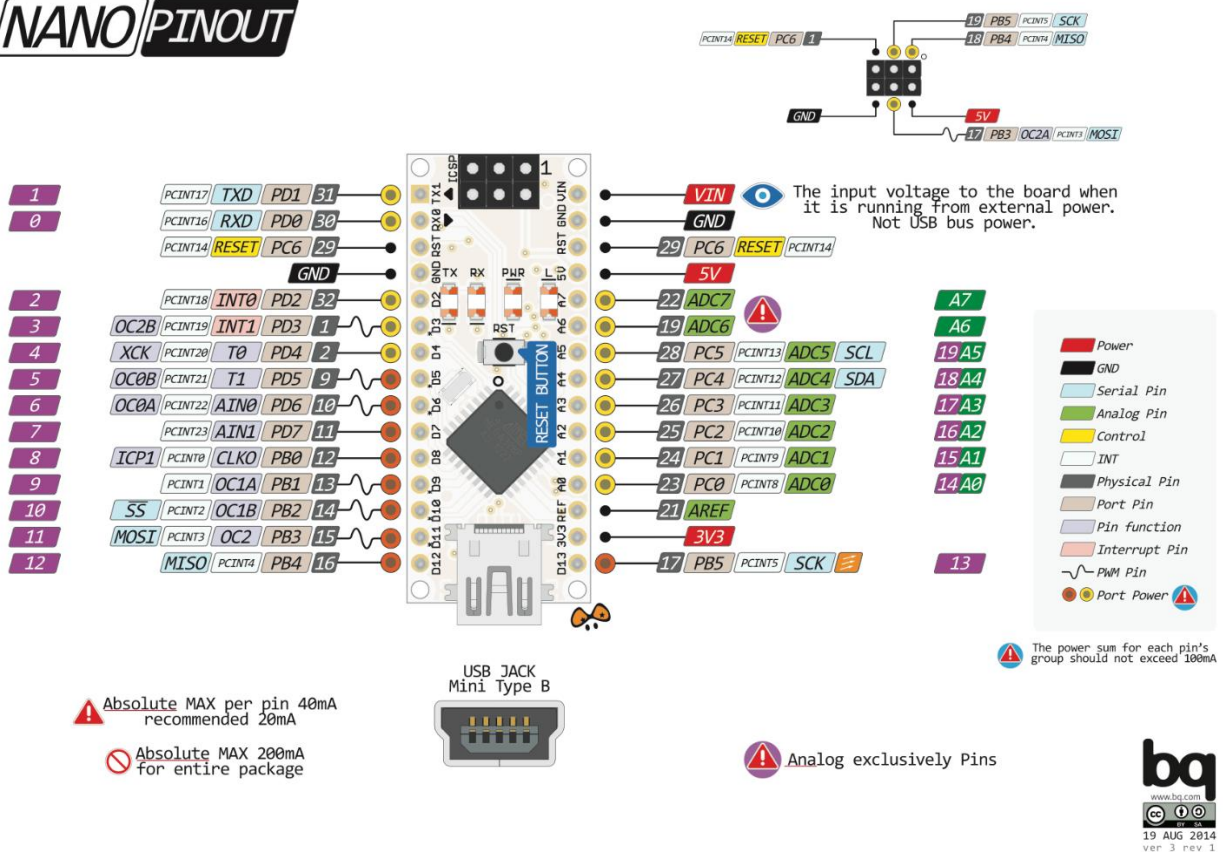
Posee chip ATmega328, entradas analógicas suficientes para el uso que se le va a dar, un conector ICSP, se puede programar mediante un programador externo, sin necesidad de cablear externamente.



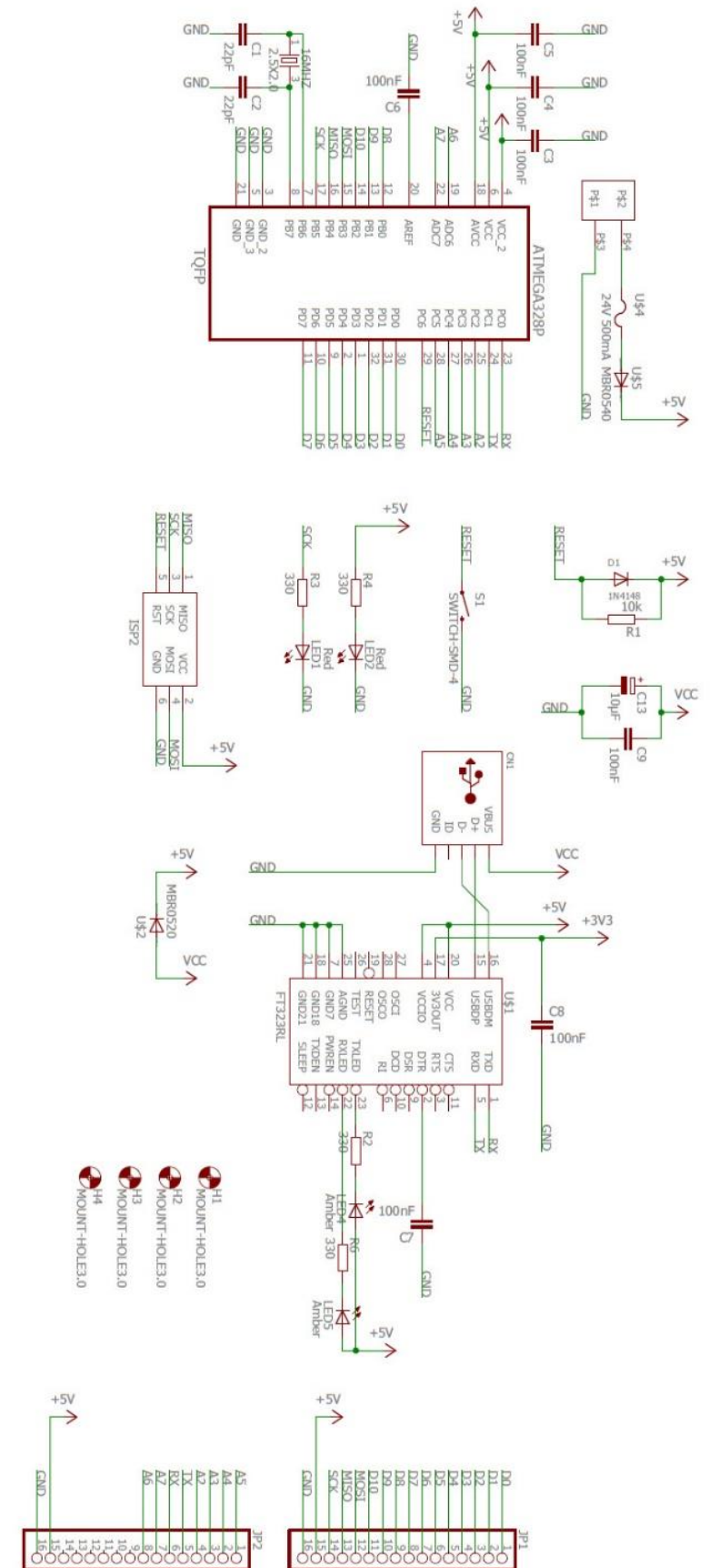
## Características principales:

- RESET automático al descargar el programa.
  - LED azul en la base para indicar el encendido.
  - LED Verde (TX), Rojo (RX) y Naranja (L).
  - Jumper para +5V conectado a AREF.
  - Regulador de tensión integrado.
  - Conector mini-B USB para programación y comunicación serie integrado en placa.
  - Conector ICSP para programación externa
  - Pines con espaciado de 0.1" DIP para insertarlo directamente sobre una protoboard.
  - Botón de reset integrado.
- Esquema de conexiones de la placa PCB del microcontrolador:

## NANO PINOUT



- Esquema del circuito electrónico del Arduino Nano:





## 6.4- Alimentación.

Tras estudiar distintos tipos de baterías se selecciona un tipo de baterías usadas para las armas de airsoft.

Estas baterías de Lipo son duraderas, livianas y con unos tamaños muy reducidos.

El espacio disponible del socket es reducido debido a las condiciones de diseño que se pretenden obtener, como son el peso y el reducido tamaño del conjunto, por su estética y ergonomía.

Características de la batería:

- Marca Duel Code
- Voltaje de 7,4v
- 1300 mAh
- Tamaño 120 x 19,5 x 11,3 mm
- Descarga constante de 15C
- De dos celdas (cada celda es de 3,7v)



Algo importante a tener en cuenta es no descargar la batería por completo para asegurar su vida útil, y cargarla con un balanceador como el que se muestra en la imagen.

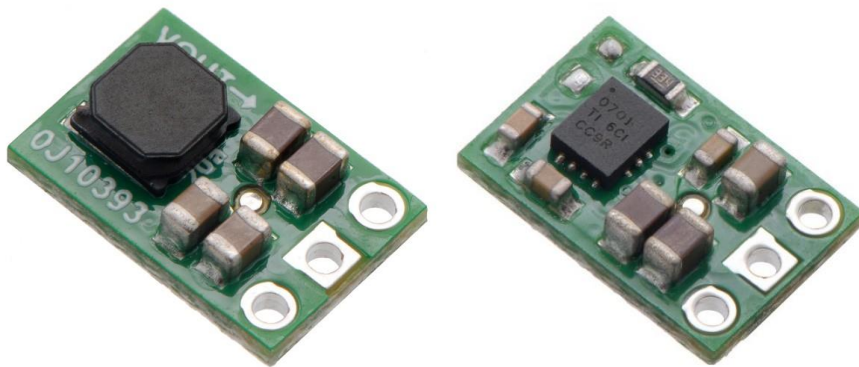


## 6.5- Regulador de tensión.

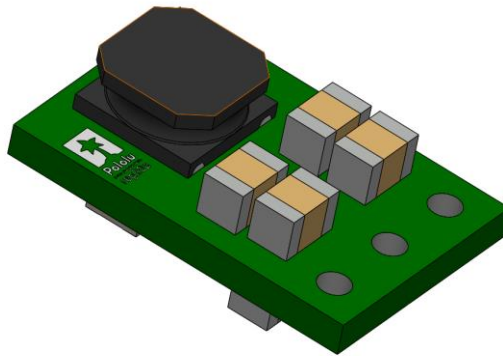
El regulador de tensión se encarga de regular el voltaje que llega a la electrónica desde la batería.

Permite obtener una salida de 5V desde una entrada de entre 2V y 16V, en nuestro caso de 7,4V que llega desde la batería, y con una salida de 1,5A.

Su eficiente va comprendida desde un 85% a un 95%, algo muy notable con respecto a otros convertidores del mercado.



- Modelo CAD



Características del regulador de tensión:

- Voltaje de entrada: 2V a 16V
- Salida fija: 5V
- Corriente máxima: 1.5 A (cuando el voltaje de entrada es próximo al de salida)
- Protección over-current, temperatura y corto circuito
- Eficiencia: entre 85% y 95% dependiendo del voltaje de entrada, salida y carga
- Dimensiones: 7.6 × 11.4 × 3.8 mm
- Peso: 0.5 gramos



## 6.6- Algoritmo de programación.

Es necesario cargar un código o algoritmo al micro para interpretar las señales que llegan al microcontrolador desde el amplificador de señales mioeléctricas.

En este caso se necesita mover los distintos motores con una señal de salida específica según la señal de entrada obtenida.

Antes de cargar el algoritmo de programación se debe revisar las señales eléctricas del paciente en varios puntos de su musculatura y visualizando distintos valores obtenidos por la fuerza o intensidad eléctrica de sus músculos.

Para ello se utiliza un programa de testeo

El algoritmo encargado de visualizar dichas lecturas es el siguiente:

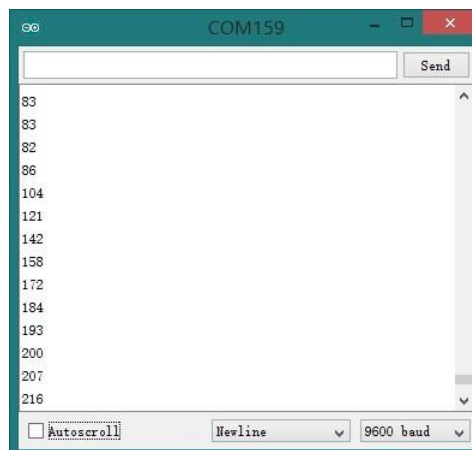
```
int = 5;           //entrada de valores del amplificador en el pin
seleccionado

int val;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  val = analogRead(pin); // se leen los valores de entrada comprendidos
                          // entre 0 y 500 según la señal del paciente

  Serial.println(val);   // lectura de señal monitorizada
}
```



El monitor nos devolverá una serie de números según las señales registradas.

Si no se hace fuerza con el músculo la señal será cero y si se hace mucha fuerza la señal puede alcanzar un valor de unos 400, dependiendo de la precisión que se haya regulado girando el tornillo en el circuito amplificador de señal.

El paciente debe repetir varios esfuerzos del antebrazo para encontrar una serie de valores en los que la fuerza es estable para introducir esos valores en el algoritmo de programación que moverá los motores y que se cargará en el microcontrolador de la mano biónica.

El algoritmo introducido en el micro será similar al siguiente según el valor de entrada establecido por el pulso muscular del paciente:

```
#include <Servo.h>

const int x = 100

// Este es el valor de referencia dependerá de tu configuración. El valor
calculado se obtiene mediante pruebas al paciente monitorizando sus pulsos y
haciendo secuencias de fuerza para encontrar el valor medio óptimo

// un valor entre el valor máximo y mínimo

//Nombre de los servos

Servo servo1;

Servo servo2;

Servo servo3;

Servo servo4;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);

  //Configuración de los pines de los motores

  Servo1.attach(10); // Pulgar

  Servo2.attach(11); // Indice

  Servo3.attach(3); // Medio
```

```
Servo4.attach(6); // Anular-Meñique
}

void loop()
{
//Impresión de los datos EMG para monitorizar
Serial.println(analogRead(5));

//Si los datos son superiores a X se cierra la mano
if(analogRead(5) > x) {
    servo1.write(180);
    servo2.write(148);
    servo3.write(89);
    servo4.write(180);
}

//Si los datos del EMG son inferiores a X se abre la mano
else if (analogRead(5) < x) {
    servo1.write(38);
    servo2.write(10);
    servo3.write(0);
    servo4.write(16);
}

//Debemos poner un contador de tiempo de espera despues de cada codigo
delay(100);
}
```

## 7- Proceso de fabricación y montaje del prototipo.

### 7.1- Fabricación:

El proceso de fabricación conlleva una serie de operaciones realizadas con distintos tipos de maquinaria. Se ha simplificado notablemente para que la prótesis sea lo más económica posible.

A continuación, se expone el proceso por el cual se fabricarán las primeras piezas desde la impresora 3D hasta el montaje final de cada elemento y su puesta a punto.

#### - **Fabricación por FMD o impresión 3D de las piezas principales.**

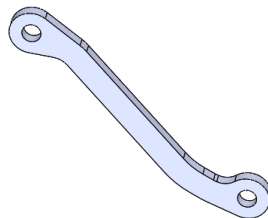
En primer lugar, se fabricarán las piezas impresas en 3D. Primero se deben ajustar los parámetros de impresión y calibrar la impresora.

Ya se sabe que el material empleado es ABS. La boquilla del extrusor es de 0,4mm y el filamento de 3mm de espesor.

Sabiendo estos datos ya se puede calibrar la máquina y ajustar parámetros de impresión como altura de capas, espesor de paredes, velocidad de impresión, etc.

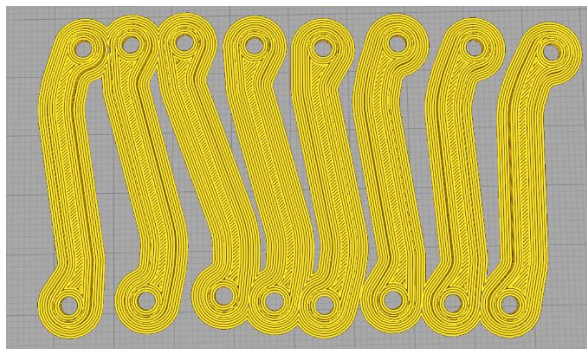
#### - **Bieletas:**

Las primeras piezas a imprimir serán las bieletas.

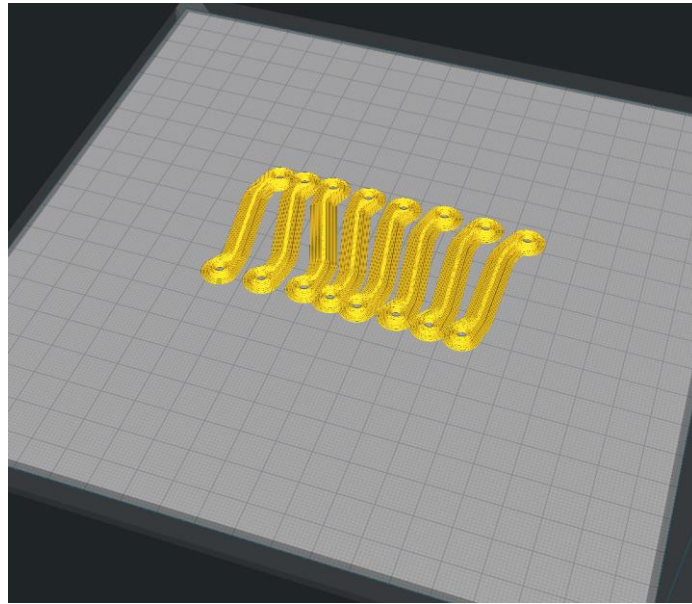


8 bieletas en total, se imprime en una sola partida como se muestra en la imagen.

Se estima un tiempo de 19 minutos y 1,83m de filamento gastado.

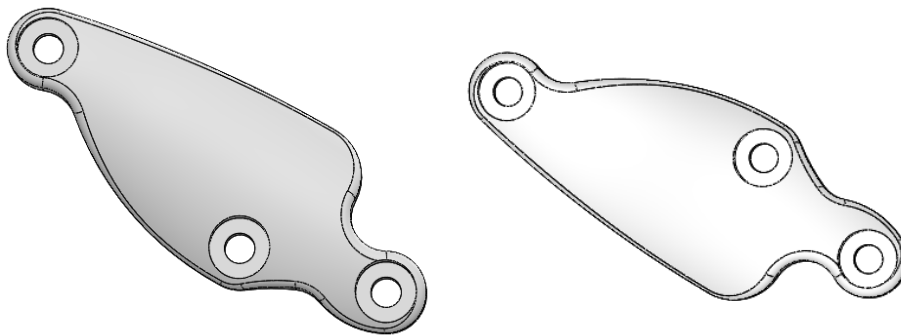


Vista de las piezas centradas en la cama de la impresora:

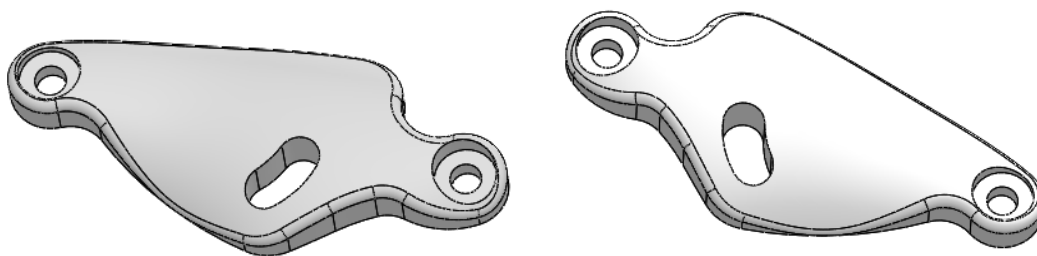


- **Falanges proximales de los dedos índice, medio, anular y meñique:**

Las siguientes corresponden a los modelos del índice, medio y anular, en total son tres piezas de cada modelo.

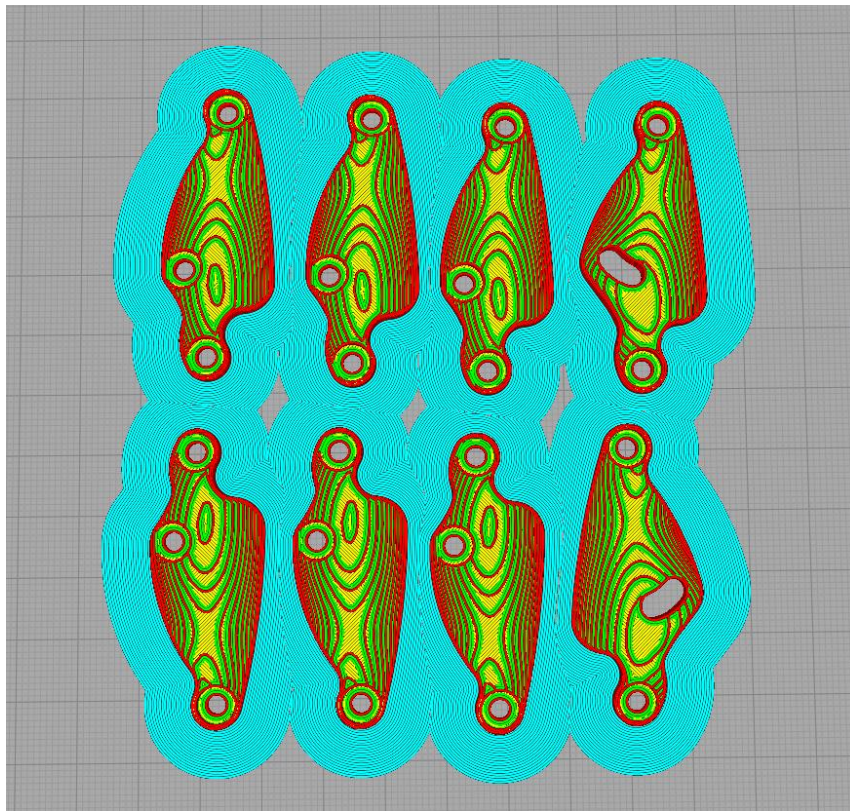


Las dos siguientes corresponden al dedo meñique.

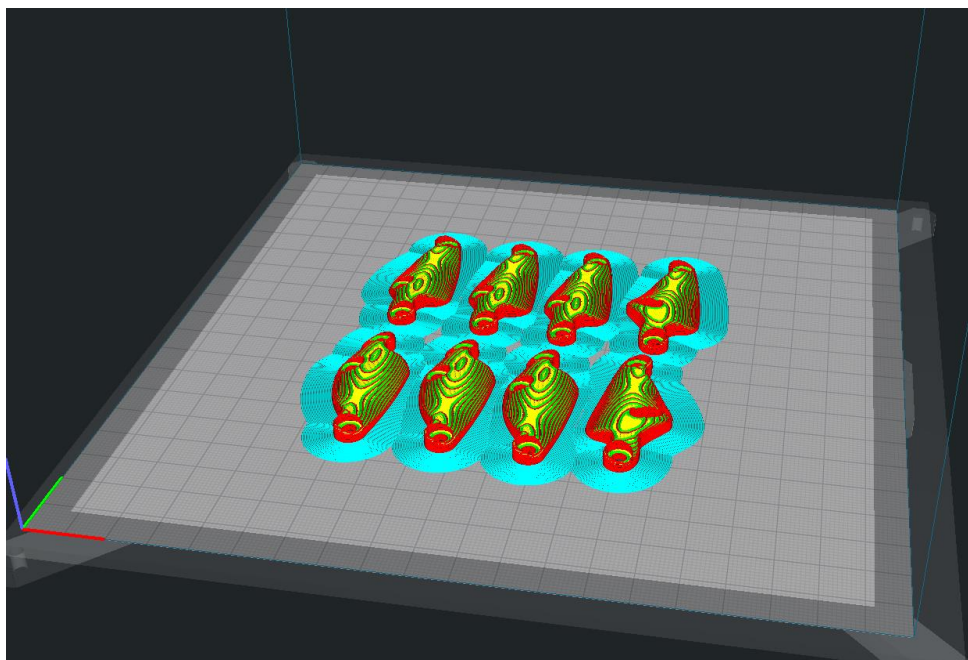


El conjunto de falanges se imprime en una sola partida tal y como se muestra en la siguiente imagen.

Se estima un tiempo de impresión de 48 minutos de impresión y 5,09m de filamento gastado.



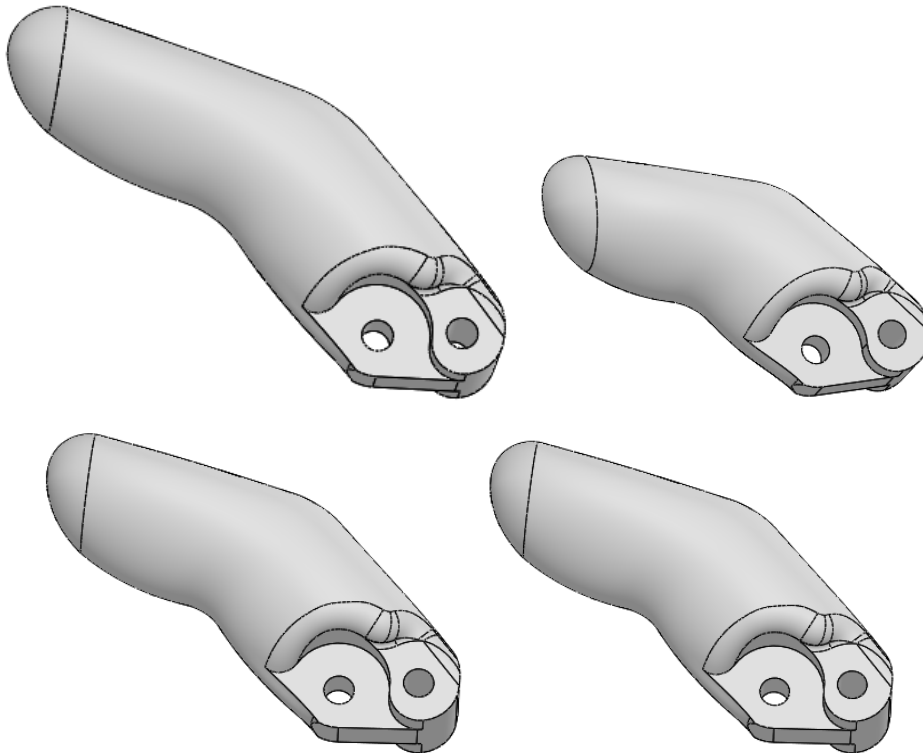
Vista de las piezas centradas en la cama de impresión.





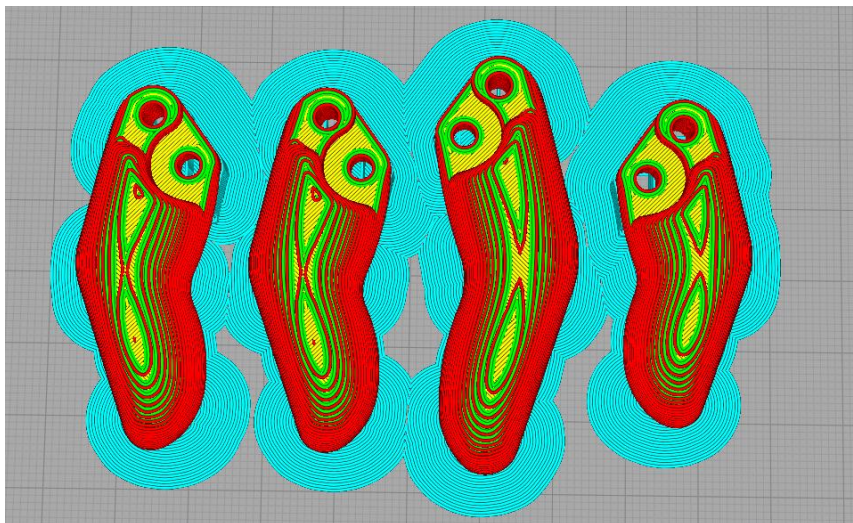
- **Falanges distal-medial de los dedos índice, medio, anular y meñique:**

Las siguientes corresponden a los modelos del índice, medio y anular, en total son cuatro piezas, una por modelo, la falange del dedo índice y anular son de la misma medida.



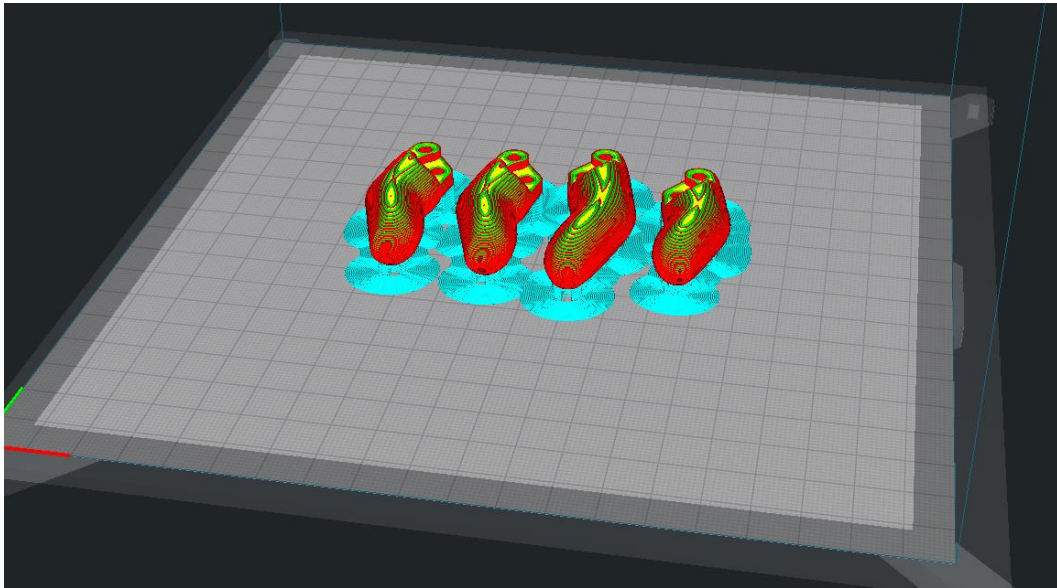
El conjunto de falanges se imprime en una sola partida tal y como se muestra en la siguiente imagen.

Se estima un tiempo de 37 minutos de impresión y 5,03m de filamento gastado.



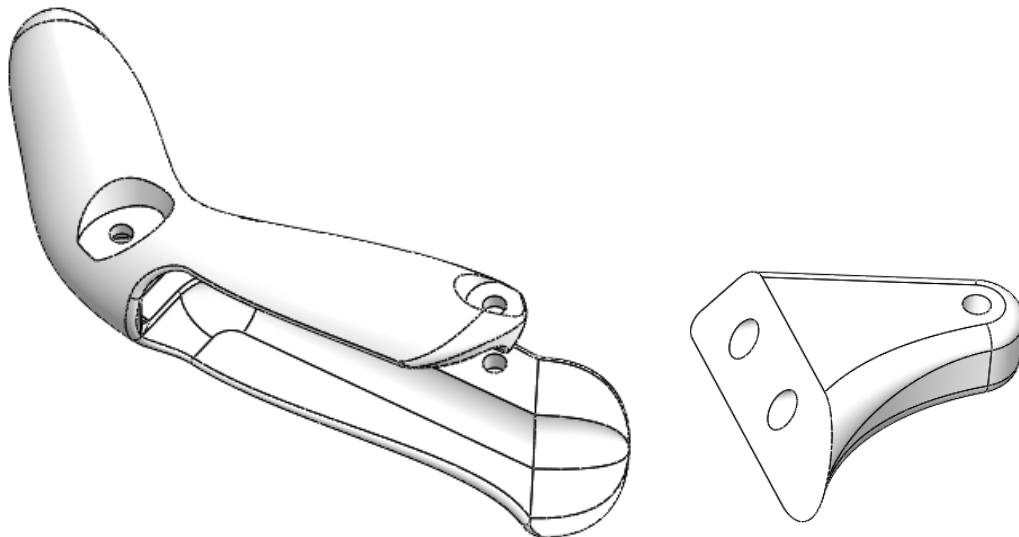
Vista de las piezas centradas en la cama de impresión.





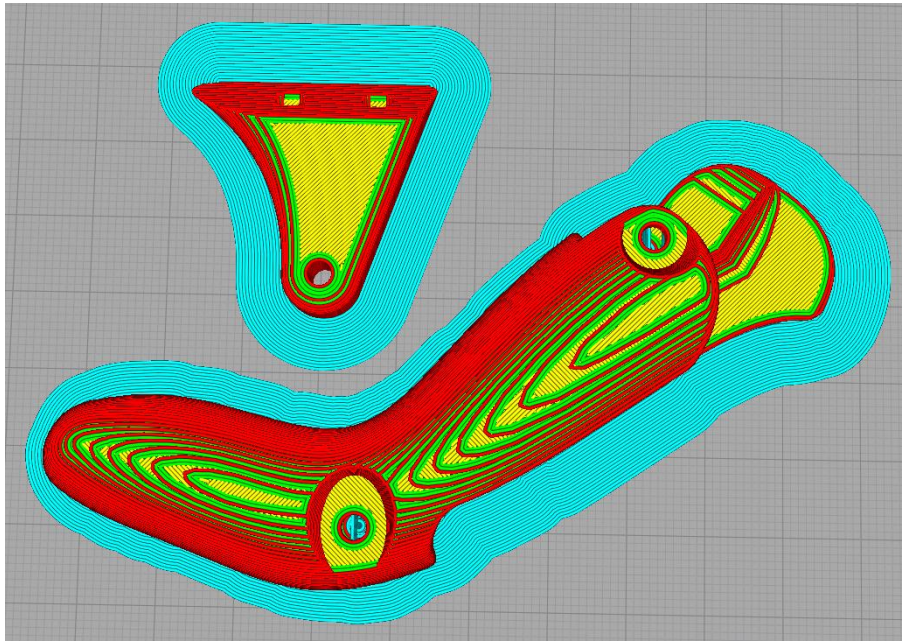
- **Dedo pulgar.**

El pulgar se compone de una sola pieza y de la sujeción de la base, se imprimirá las dos piezas en una sola tanda.

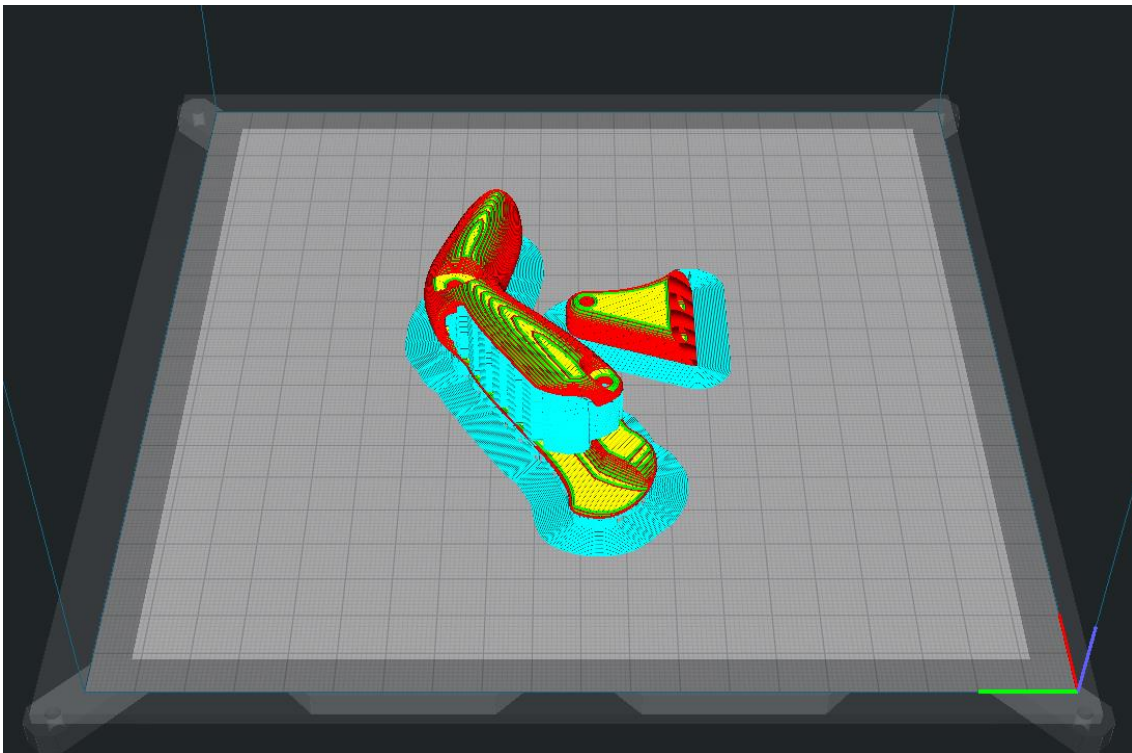


Se estima un tiempo de 45 minutos de impresión y 5,96m de filamento gastado.

Cabe mencionar que este tipo de piezas con voladizos, es decir, caras que se encuentran a más de 45 grados de inclinación con respecto del plano horizontal, precisan de un soporte que más adelante se eliminará de la pieza.

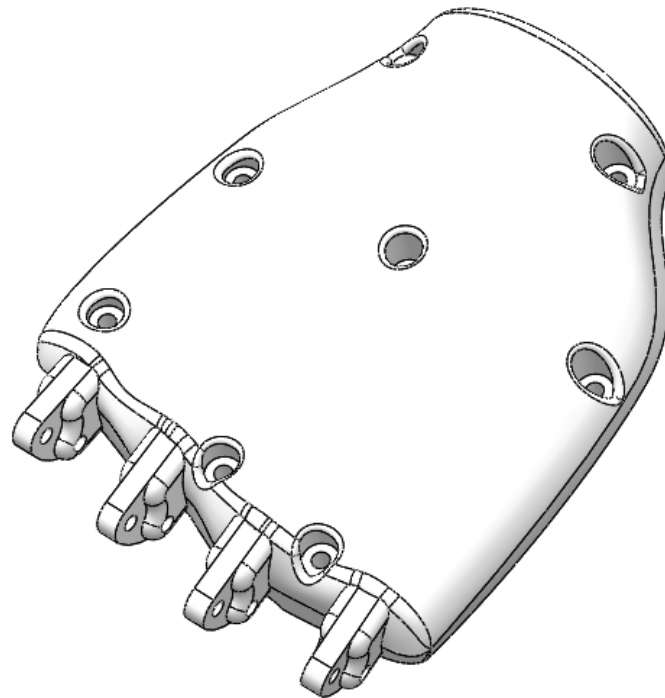
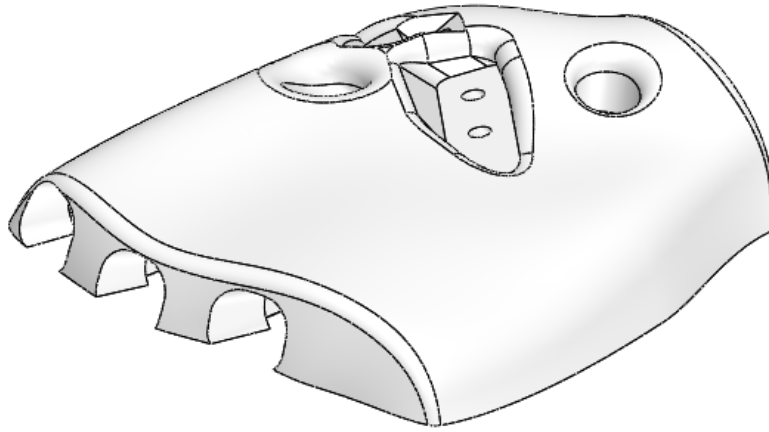


Vista de las piezas centradas en la cama de impresión.



- **Palma de la mano.**

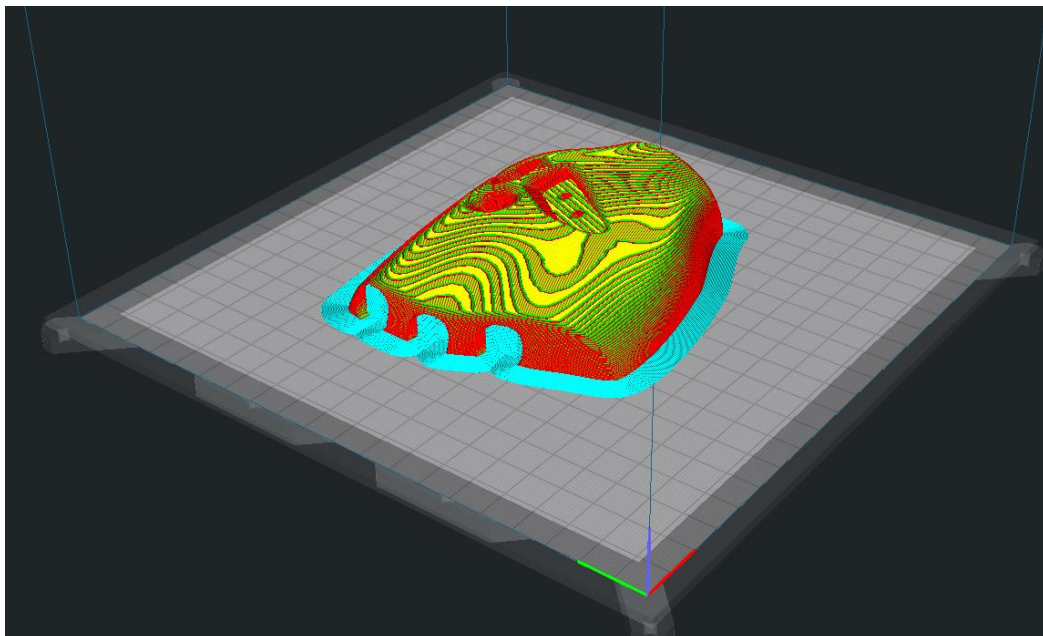
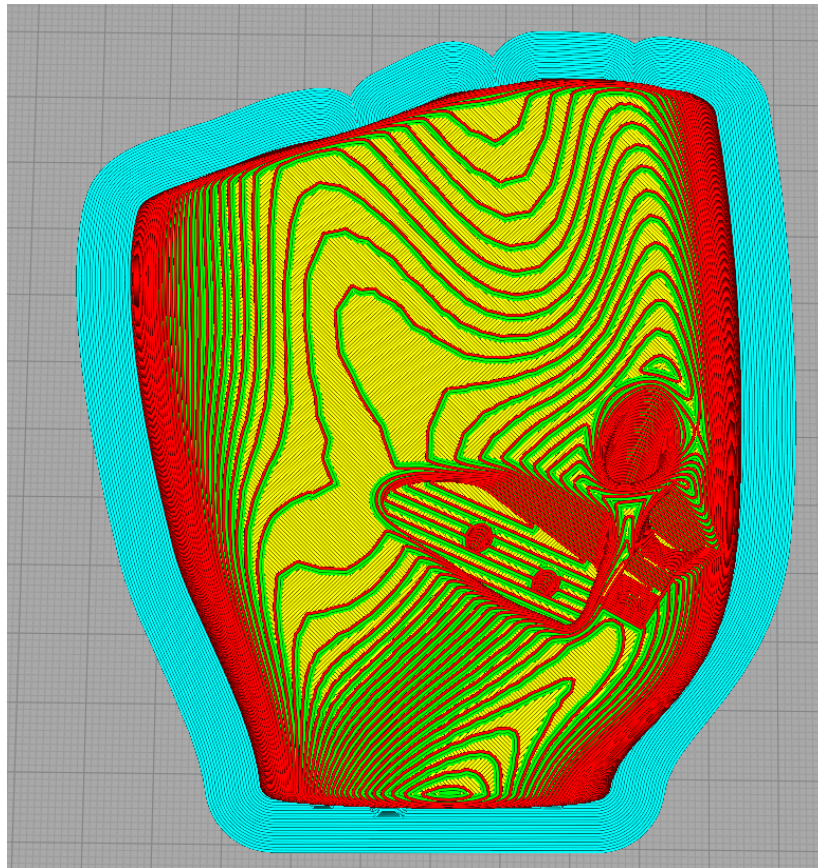
Se realizará una impresión para la pieza superior y otra impresión para la pieza inferior. Las dos piezas no caben en la cama caliente de 200x200mm.



Para la pieza superior se estima un tiempo de 2 horas y 40 minutos de impresión y 20,73m de filamento gastado.

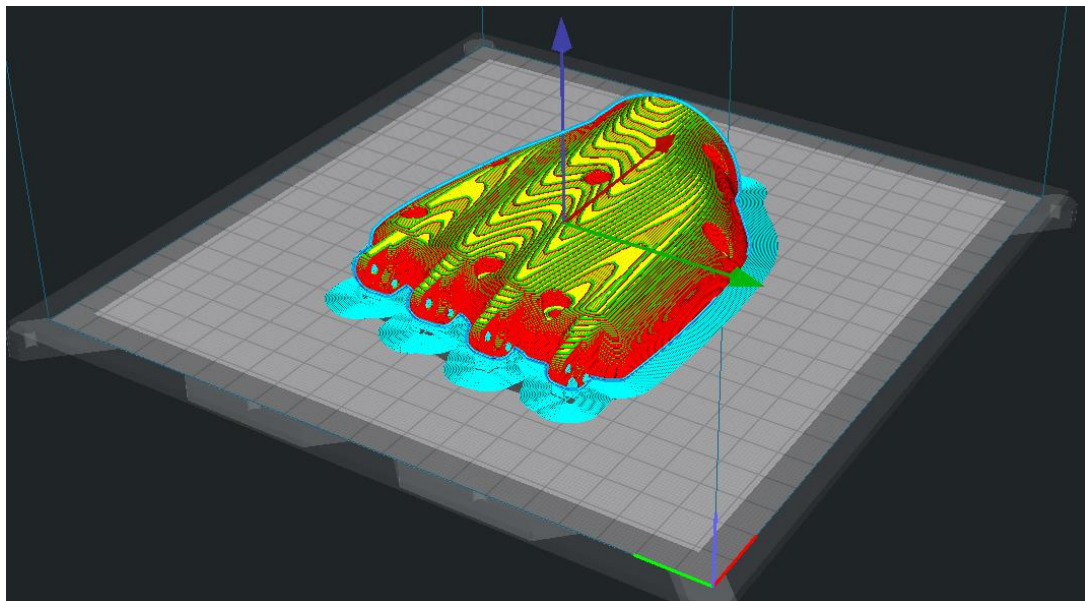
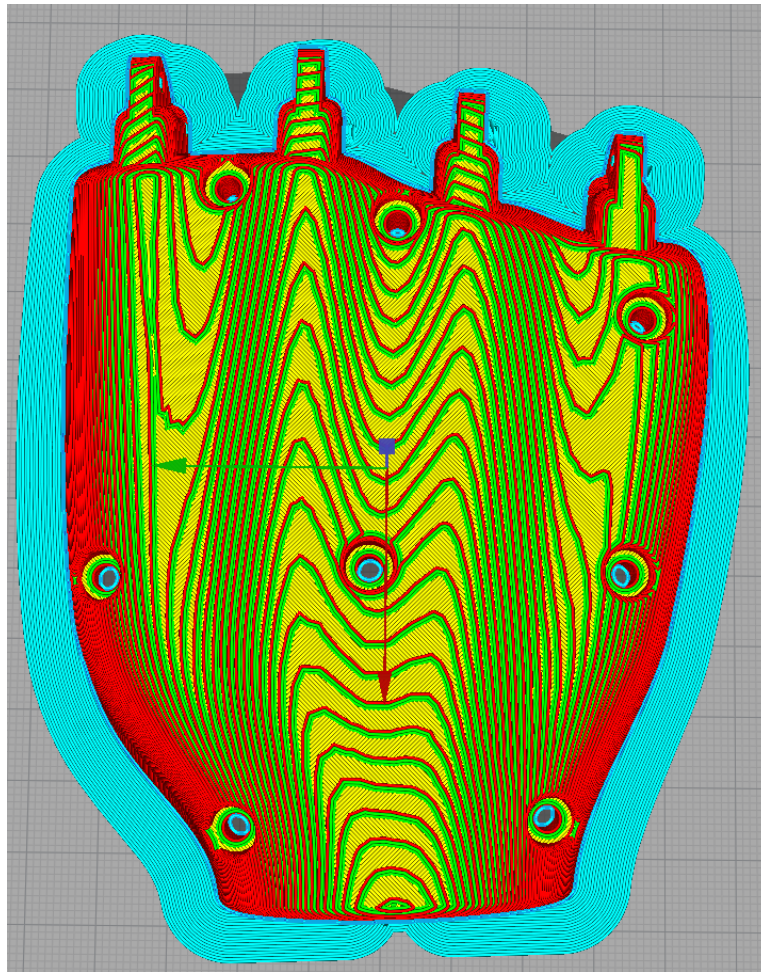
Para la pieza inferior se estima un tiempo de 1 hora y 58 minutos de impresión y 16,11m de filamento gastado.

Vistas de las capas y posición de la pieza inferior lista para ser impresa.



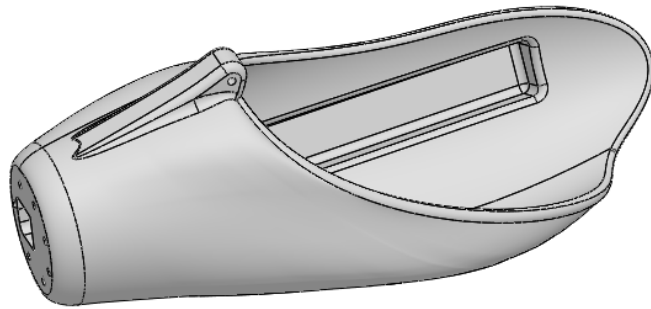


Vistas de las capas y posición de la pieza inferior lista para ser impresa.

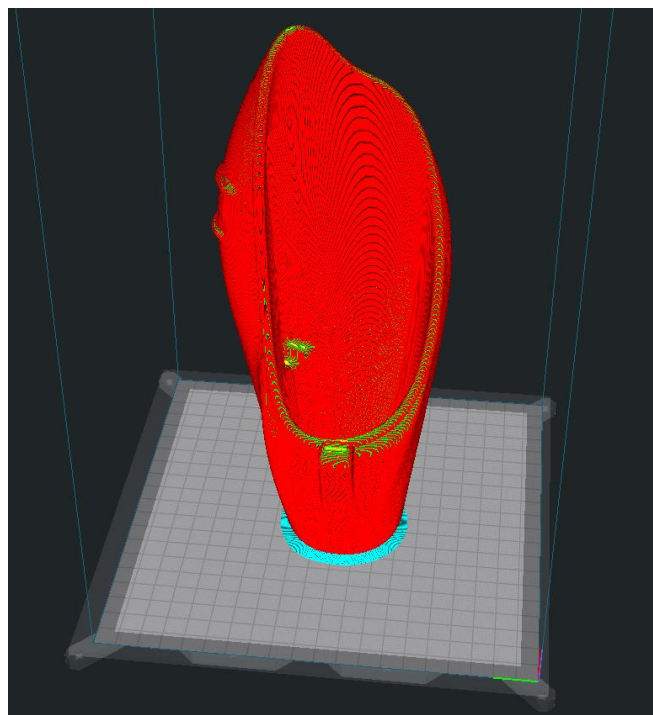
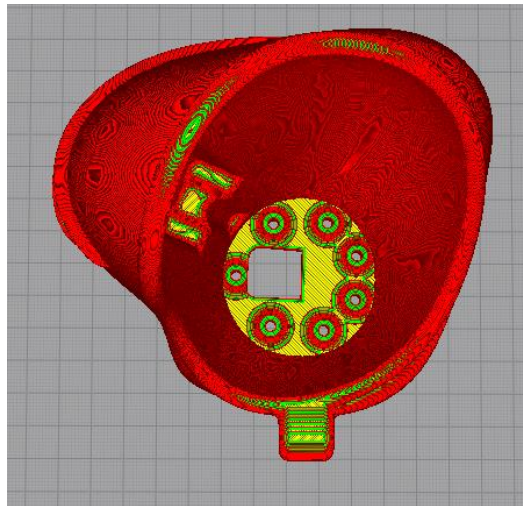


- **Partes del socket.**

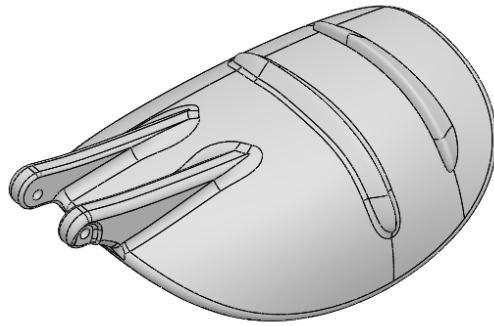
Cuerpo del socket:



Para el cuerpo del socket se estima un tiempo de 5 horas y 47 minutos de impresión y 54,54m de filamento gastado.

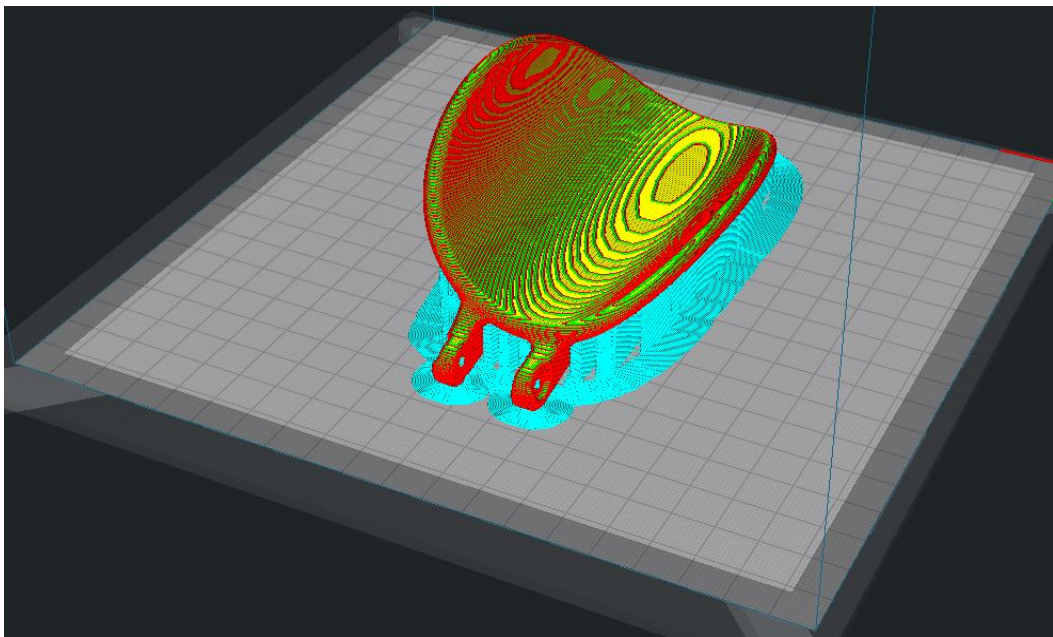
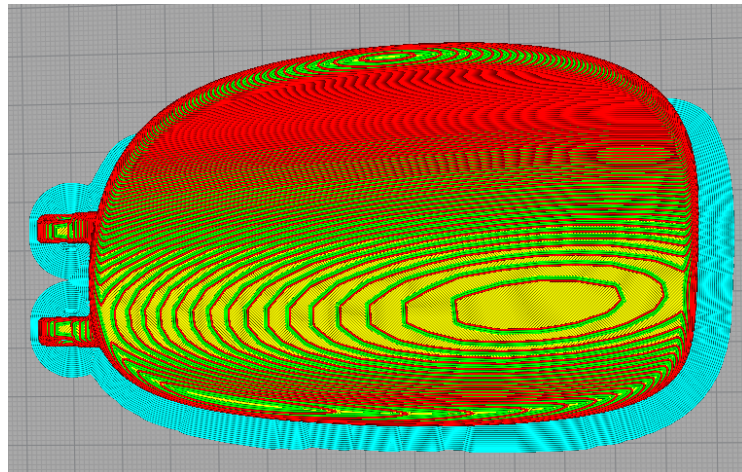


Aleta del socket:



Para la aleta del socket se estima un tiempo de 1 hora y 46 minutos de impresión y 15,20m de filamento gastado.

Vistas de las capas y posición de la pieza inferior lista para ser impresa.

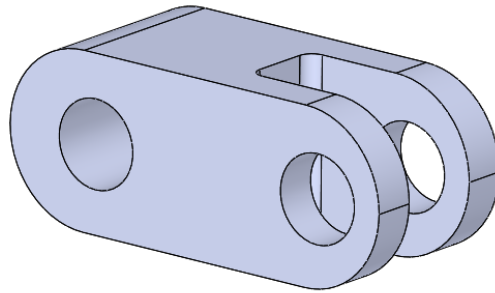




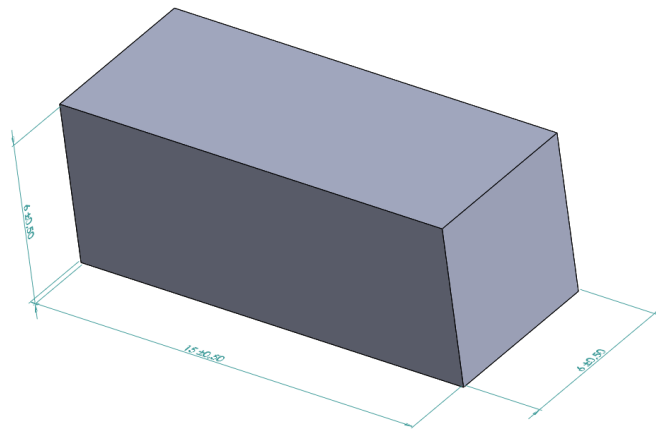
Tras fabricar todas las piezas impresas en 3D, se fabrican el resto de piezas mecánicas de aluminio y acero inoxidable.

- **Bieletas de los motores:**

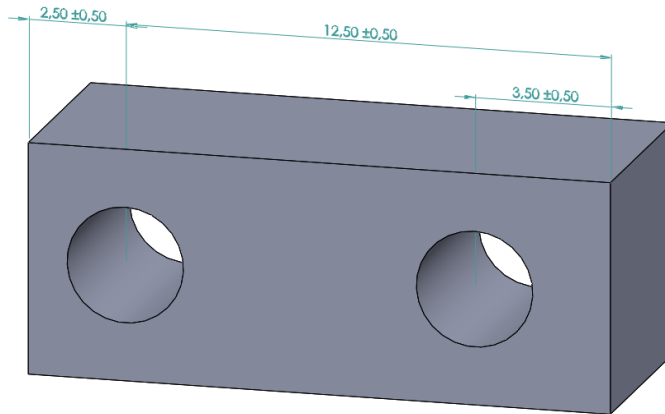
En un principio se pensó hacer en acero inoxidable, pero al final se hará de aluminio. Este material es más liviano y mecanizarlo es más sencillo.



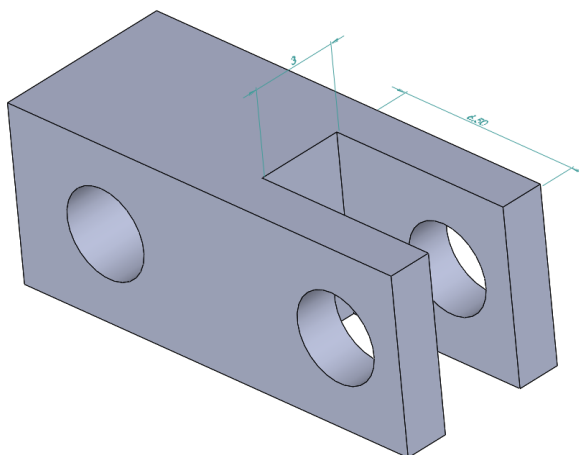
Para fabricar estas piezas se parte de una barra de aluminio de 6x6x15mm. Se corta con la sierra manual o de cinta a 15,5mm, después se lima para dejarla a medida exacta 15mm.



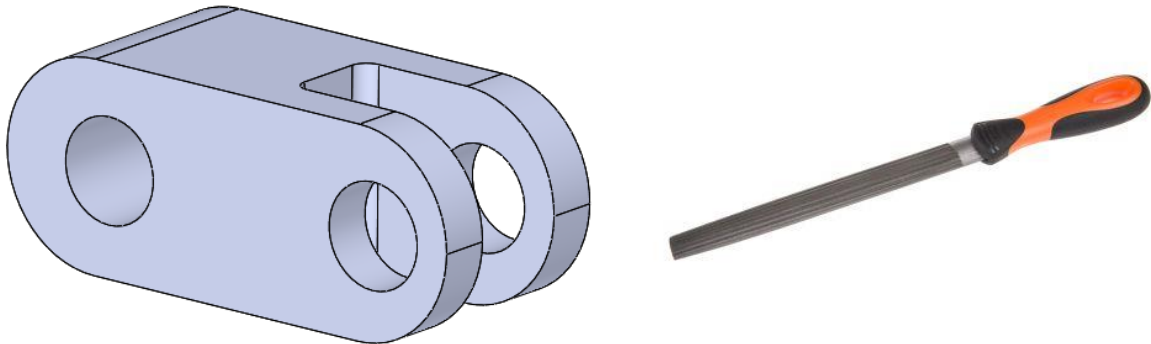
A continuación, se hacen los dos agujeros pasantes con una broca de 3,1mm modelo D338RN marca FORMAT. Se realizará con la fresadora o taladro vertical.



Después, se hace la caja pasante con una fresadora y una fresa de 3mm de diámetro, con dos pasadas de 3mm de profundidad será suficiente.



Por último, se liman los lados hasta obtener un redondeo perfecto como se aprecia en la imagen.



- **Pasadores:**

Los pasadores son sencillos de fabricar, todos tienen las mismas operaciones de mecanizado para su fabricación.

A continuación, se muestra la fabricación de uno de ellos, los demás se fabrican de la misma manera, pero cambiando las medidas según corresponda con el modelo.

Lista de modelos de pasadores:

Eje 8,5mm - 8 unidades

Eje 13,5mm - 10 unidades

Eje 11,5mm

Eje 6mm - 3 unidades

Eje 15,5mm

Eje 24mm

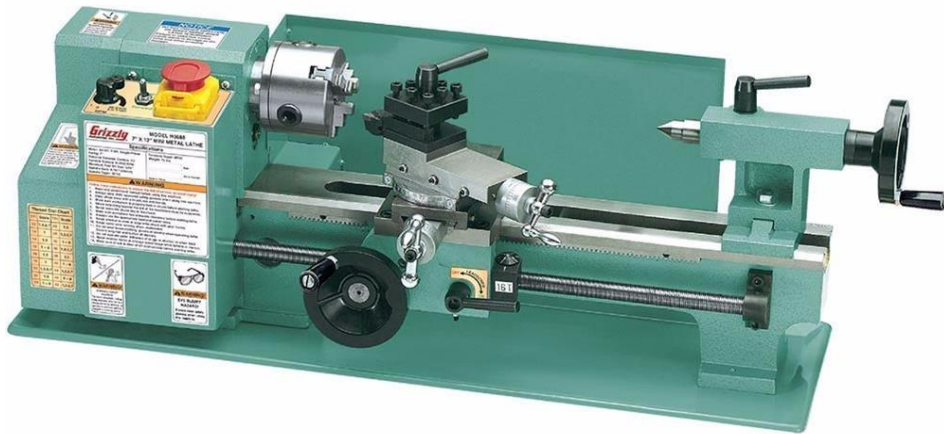
Eje meñique-anular

- **Fases de fabricación de los pasadores:**

Para fabricar los pasadores se parte de una barra de acero inoxidable de 3mm de diámetro.



Se agarra al cabezal del torno y se saca la barra según la medida del pasador a fabricar.



Se refrenta la cara exterior como primera operación para preparar el resto de operaciones de la pieza.

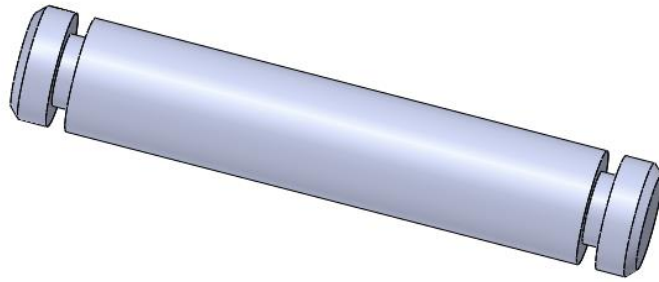
Las siguientes operaciones son de ranurado.

Se realizan dos ranuras de profundidad 0,55mm que está marcada según la norma para el diámetro de los anillos de seguridad que irá insertado en cada ranura.

Por último, se corta con la misma herramienta de ranurar.



Vista de la pieza terminada:



Las siguientes operaciones corresponden al lijado de las piezas de ABS, de las piezas de aluminio y acero inoxidable.

Se utilizará una lija de agua de óxido de aluminio de grano fino para un acabado suave y sin aristas vivas.

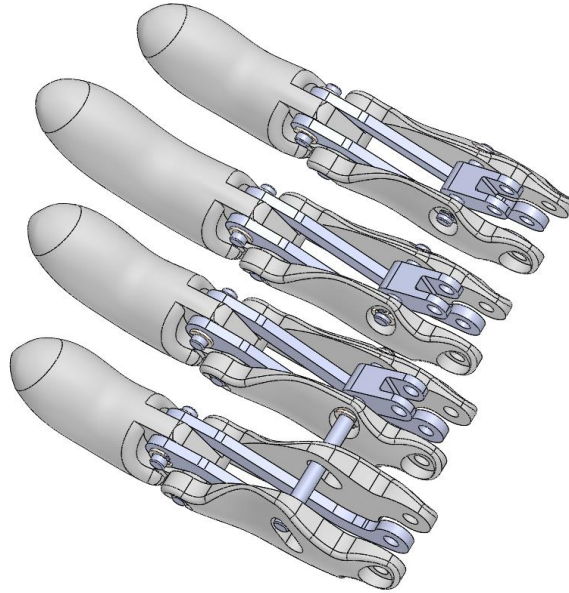


LIIJA AL AGUA OXIDO ALUMINIO SIAWET  
GRANO 120

## 7.2- Montaje

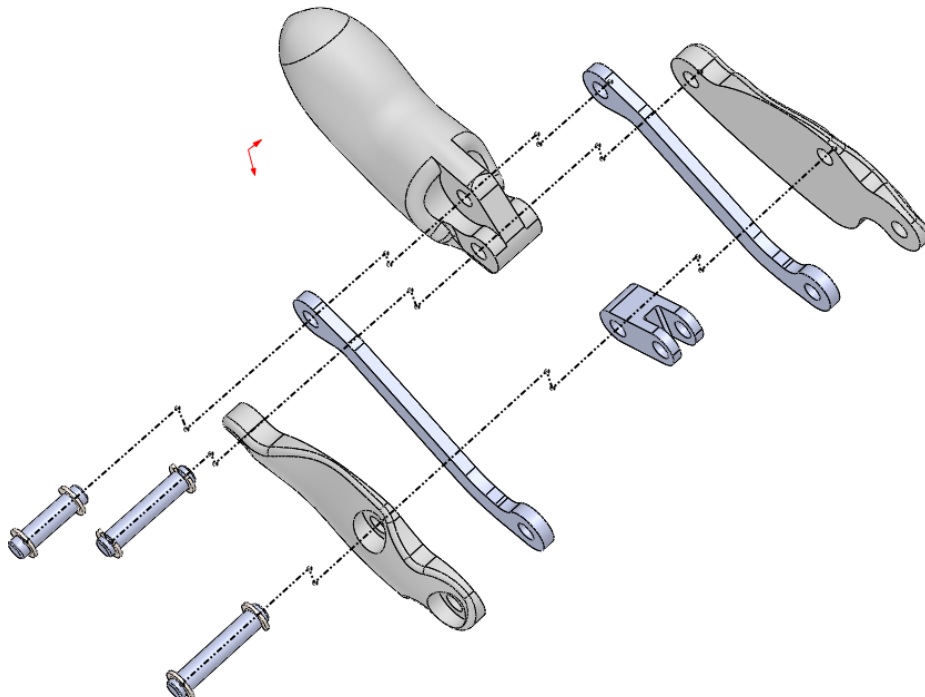
Con todas las piezas ya fabricadas se procede a ensamblar el conjunto.

En primer lugar, se ensamblan los dedos: índice, medio, anular y meñique, como se muestra en las imágenes siguientes.



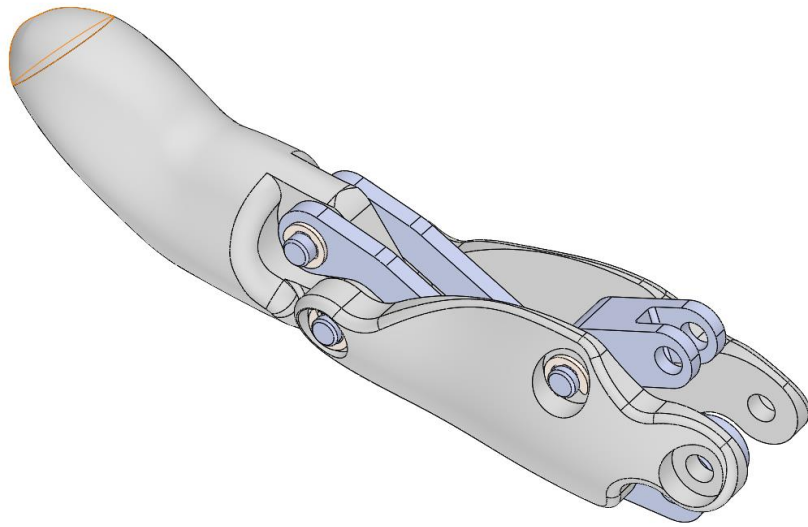
Se montan las falanges y las bieletas con los pasadores y los anillos de seguridad.

En la imagen siguiente se muestra la vista explosionada y líneas de explosión



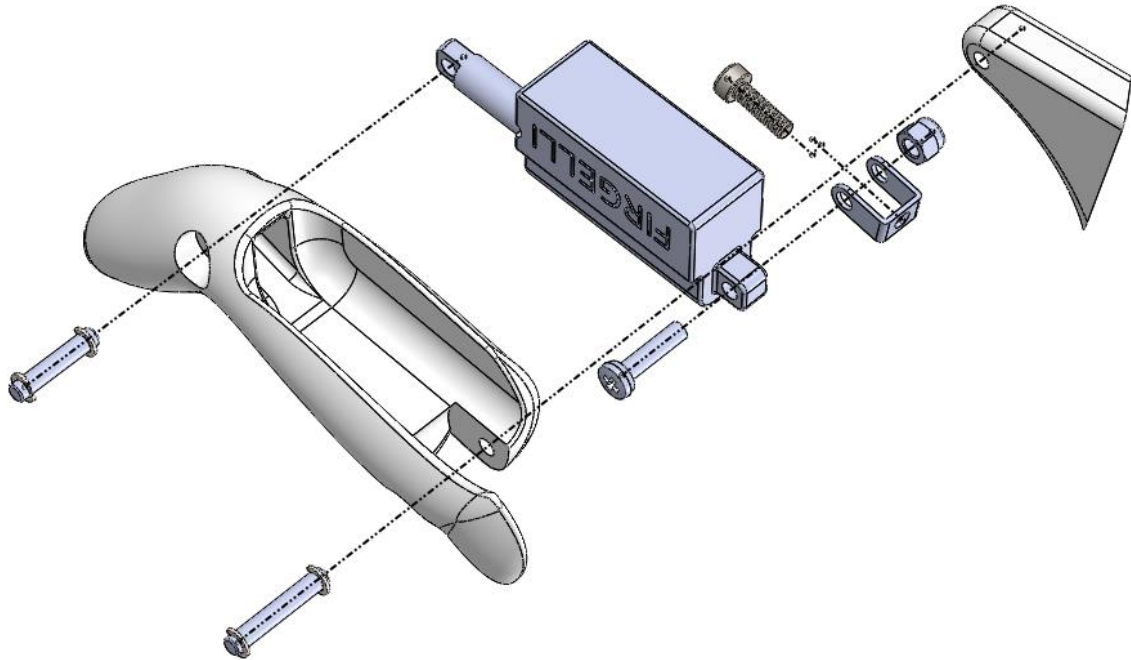


Dedo montado:

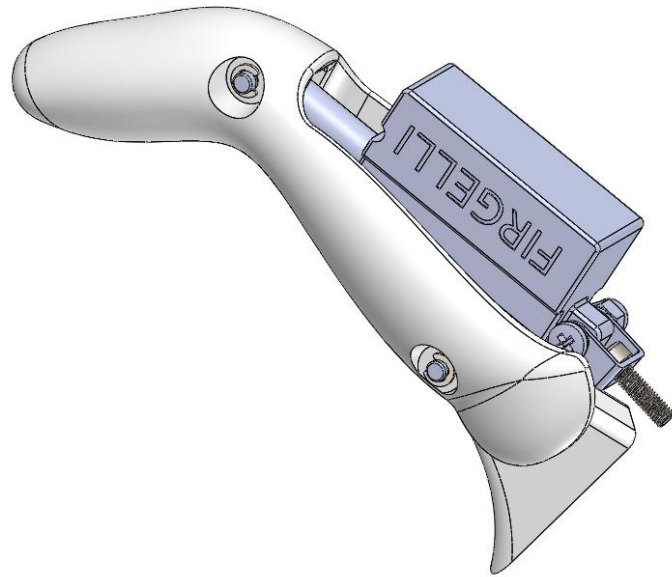


En segundo lugar, se ensambla el dedo pulgar con el motor, los pasadores y la base que luego irá montada sobre la palma inferior.

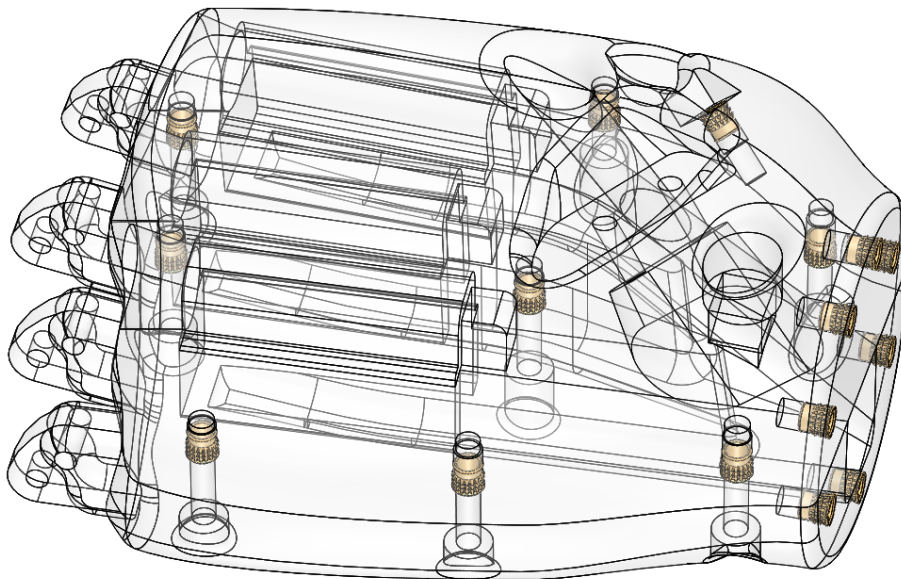
Vista explosionada y líneas de explosión del dedo pulgar:



Vista del dedo pulgar montado:

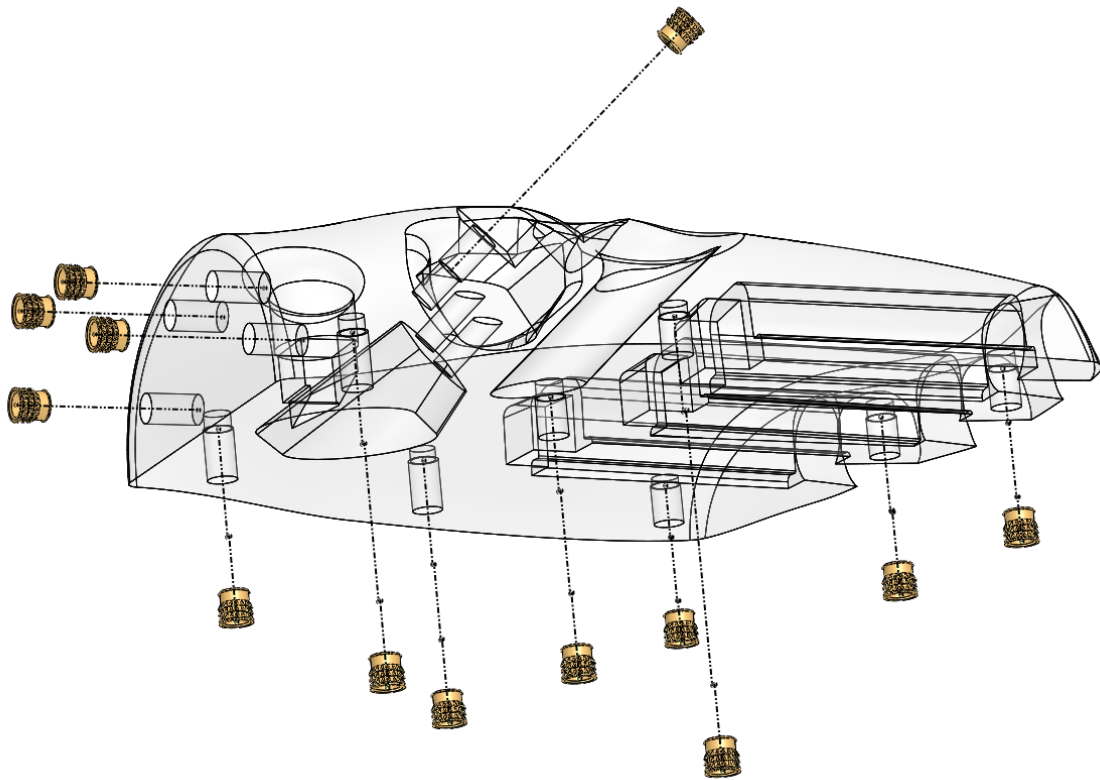


Ahora se montan los insertos roscados a las dos piezas de la palma como se muestra en las siguientes vistas de transparencia y vistas explosionadas.

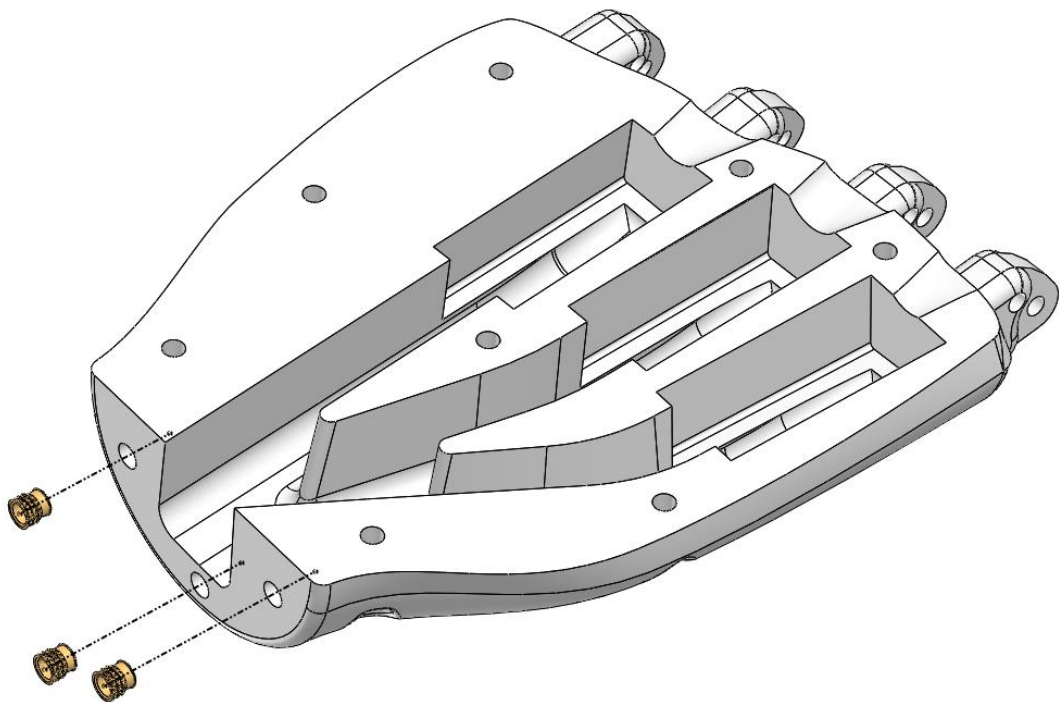


Para colocar el inserto roscado se utiliza un soldador de estaño para calentarlo, al calentarse se introduce en el agujero, el ABS se volverá blando pudiendo insertarlo hasta que quede a ras de la cara. Cuando el plástico se endurece el inserto quedará fijo.

Vista de explosión de la pieza inferior:



Vista de explosión de la pieza superior:

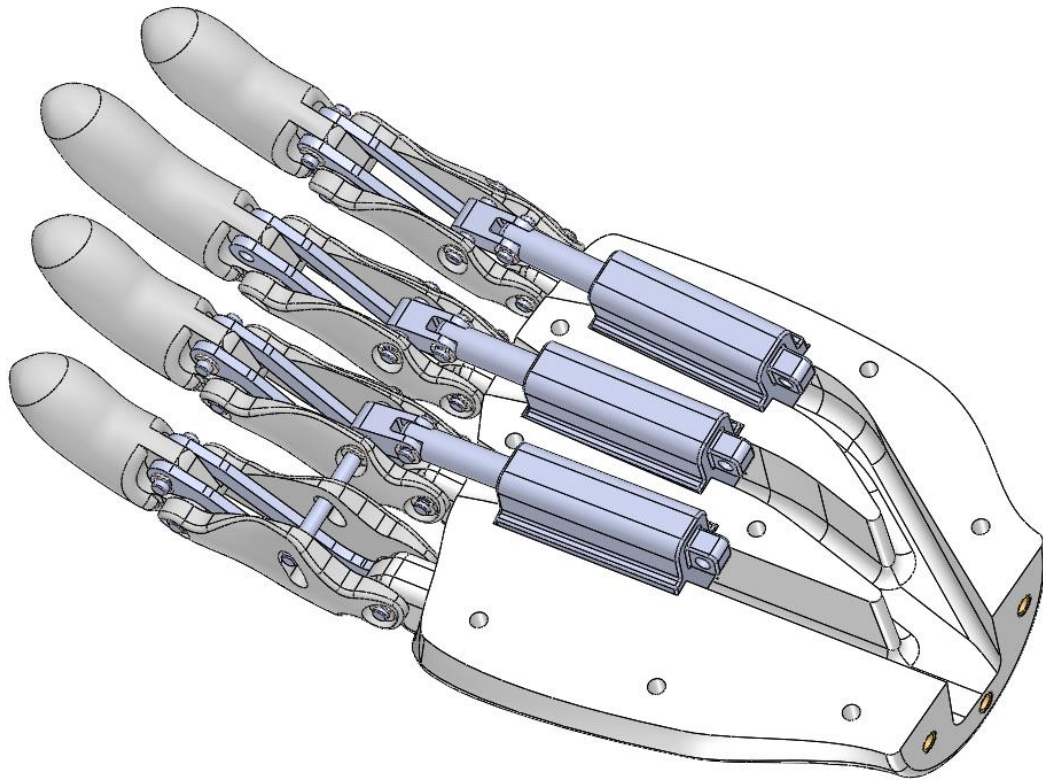


En la siguiente fase se montan los dedos a las piezas de la palma.

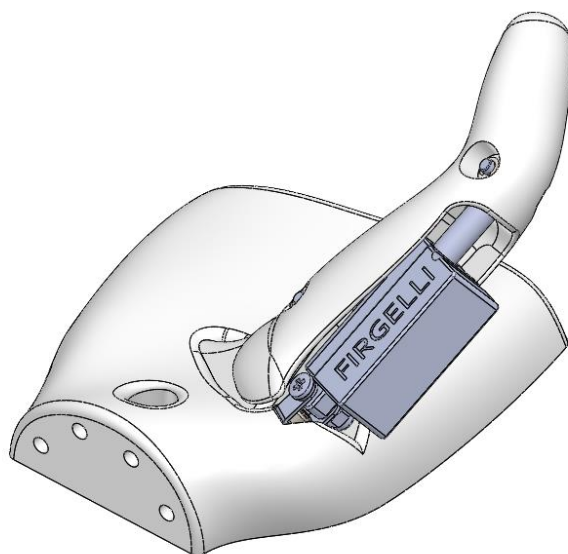
En primer lugar, los dedos: índice, medio, anular y meñique a la pieza superior de la palma como se muestra en la siguiente figura.

Se montan los motores en los respectivos huecos de la palma superior y se pasan los cables por los orificios.

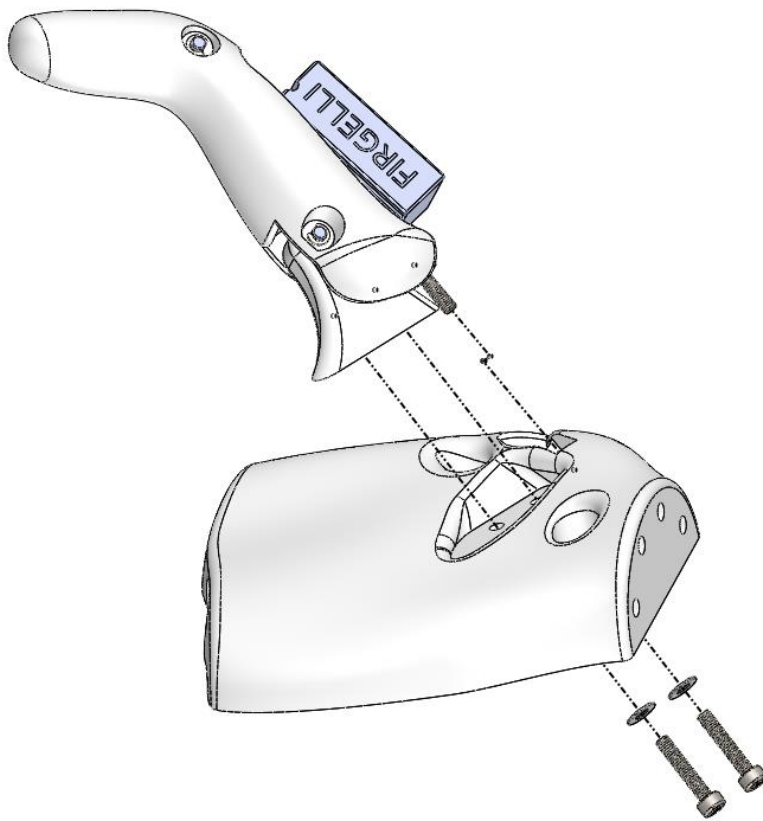
Se acoplan las bieletas a los vástagos de los motores.



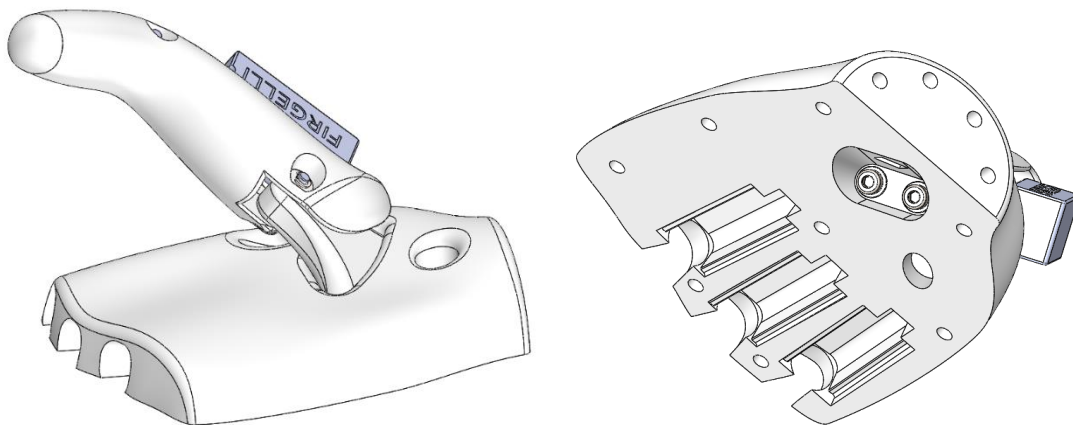
Se monta la base del pulgar sobre la pieza inferior de la palma.



Vista explosionada del ensamblaje.



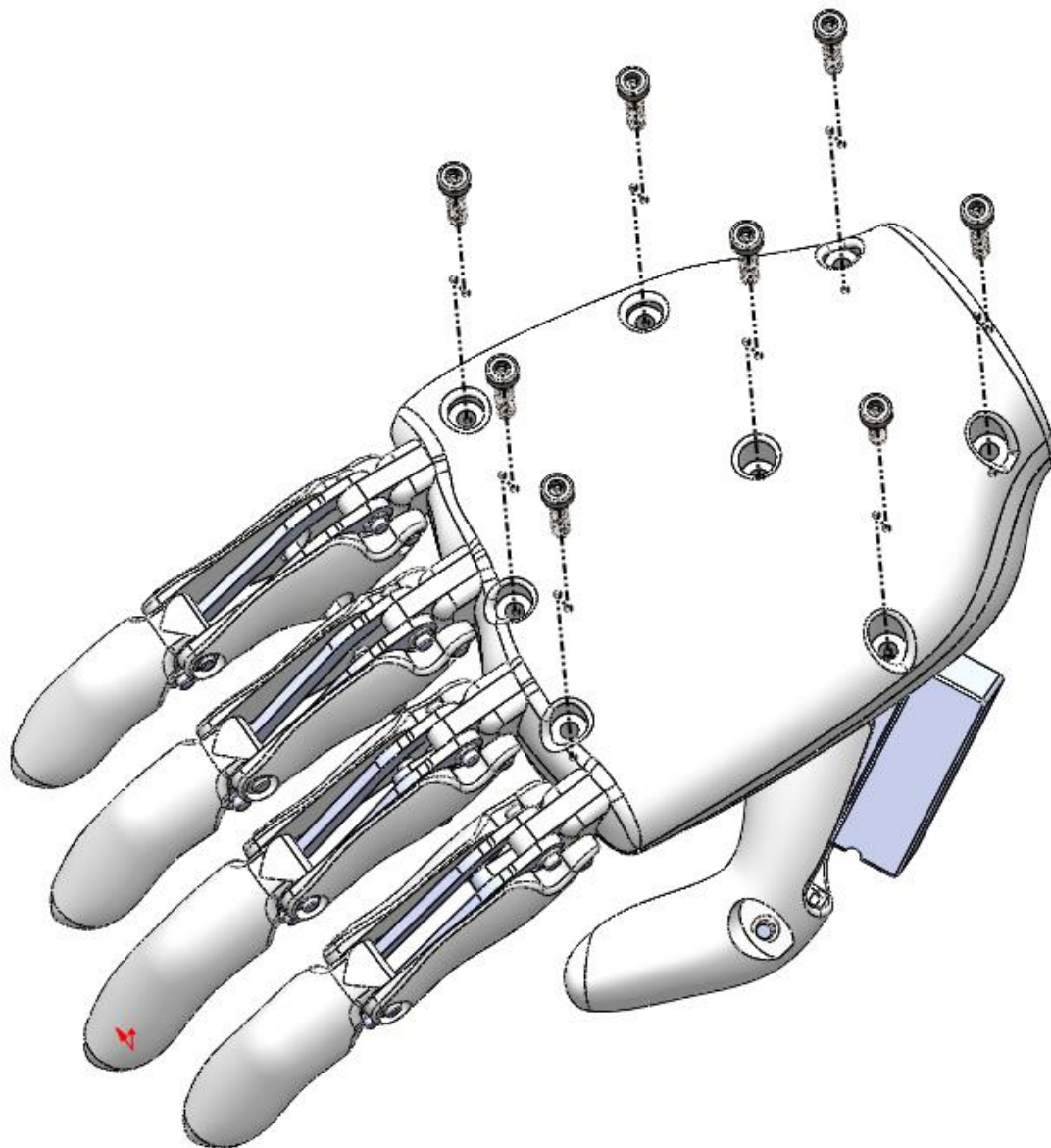
Vistas del pulgar montado en la palma.





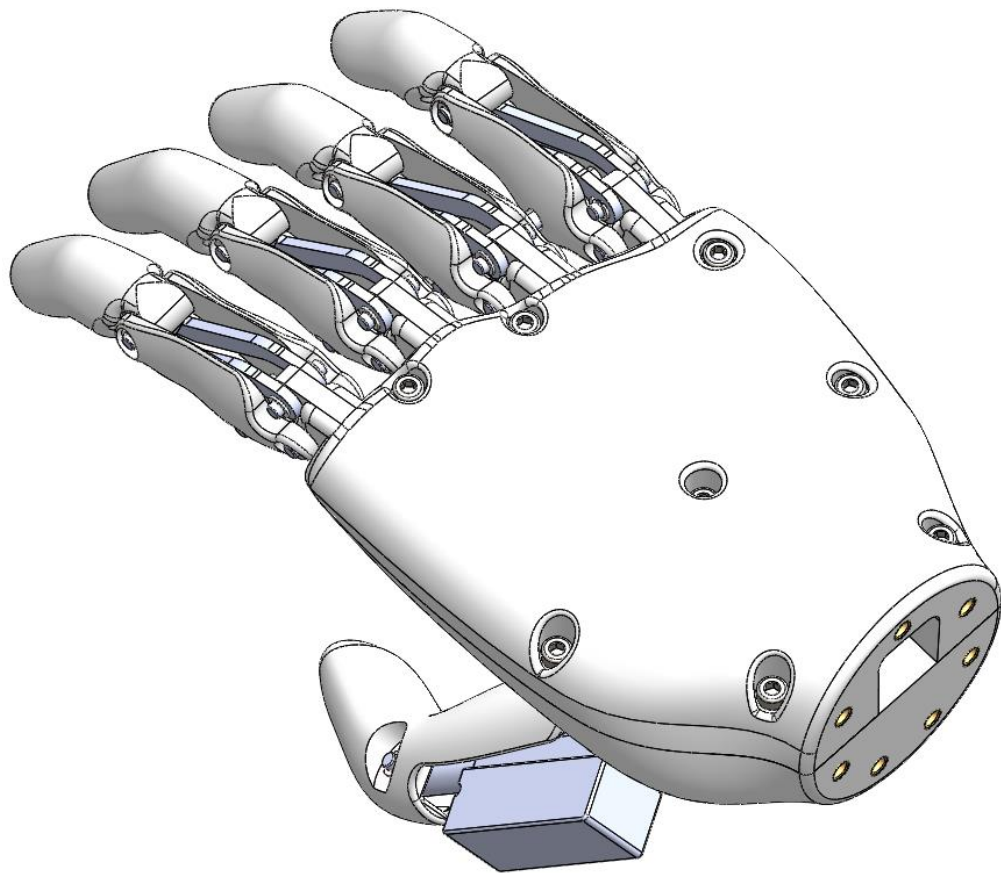
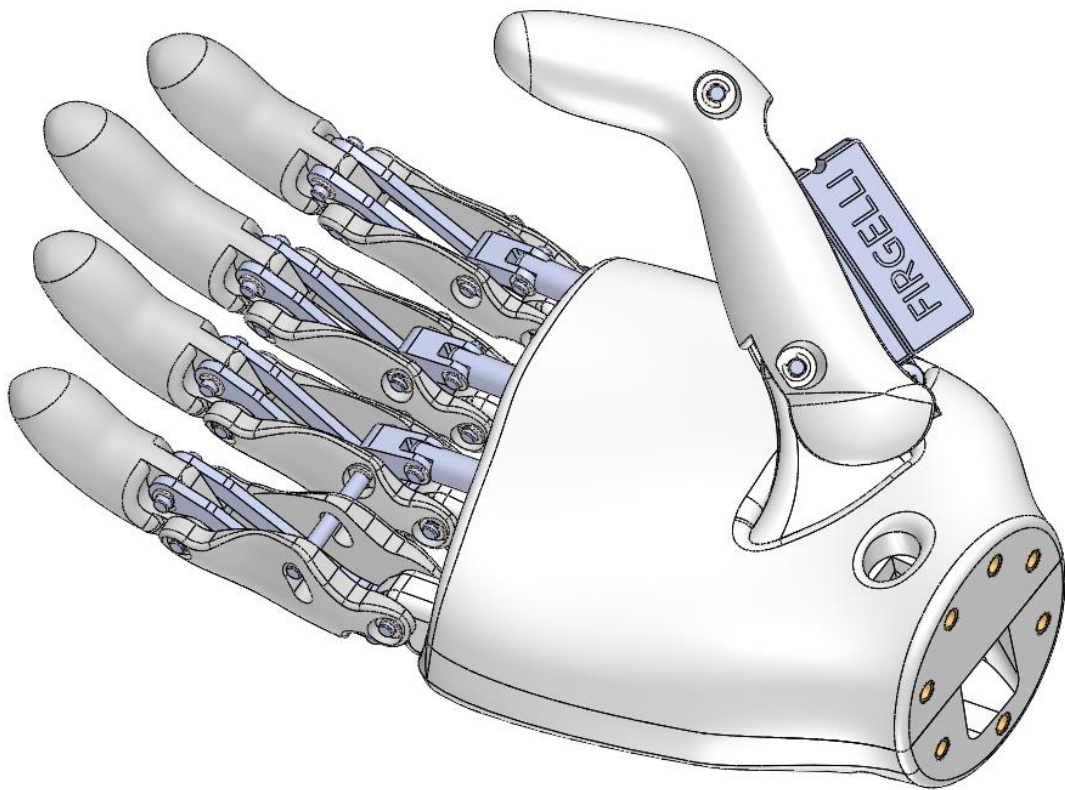
Una vez montados todos los dedos y motores, se procede a unir las dos piezas de la palma y a insertar los tornillos de montaje como se muestra en la figura siguiente.

Vista explosionada del ensamble final de la mano.



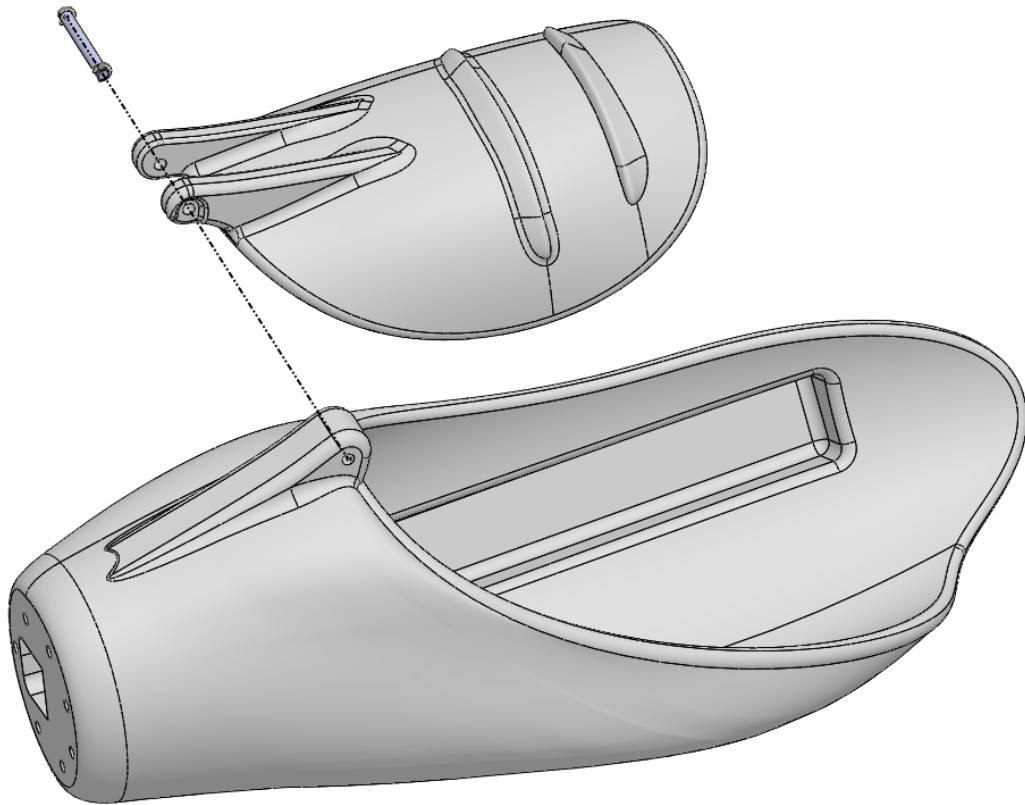


Vistas de la mano totalmente montada, a falta de acoplarle el socket.

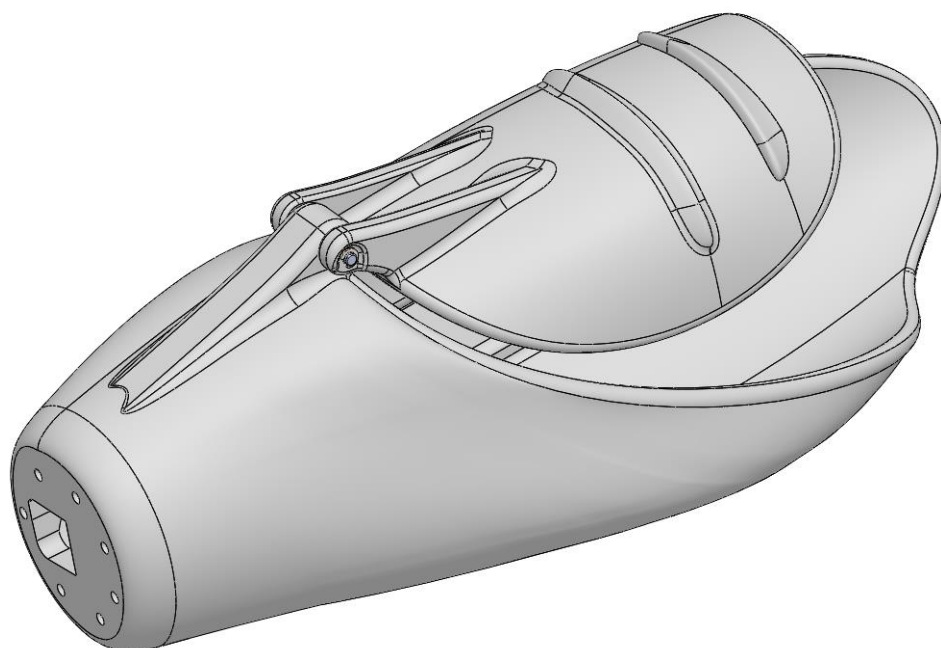


La siguiente fase es la del montaje del socket. Es la más simple, pues se monta únicamente la aleta en el cuerpo mediante un pasador y dos anillos de seguridad.

En la imagen se ven los componentes explosionados con las líneas de montaje.

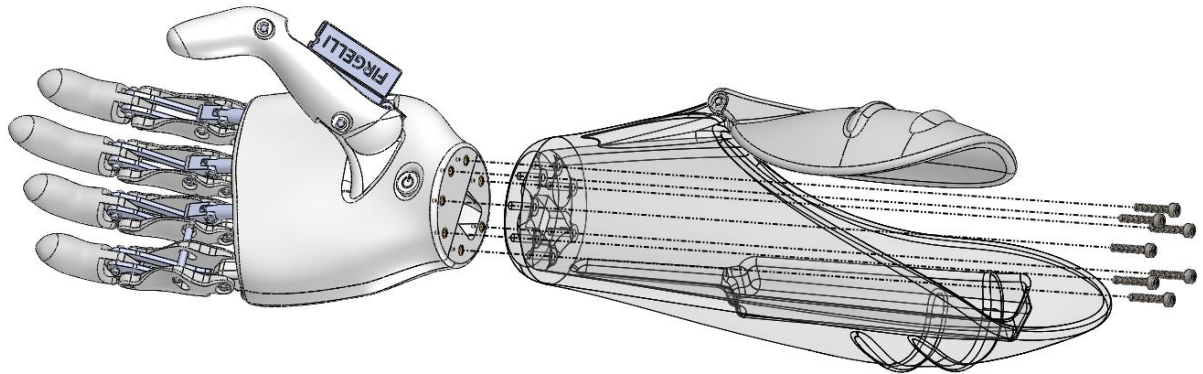


Vista el socket ensamblado.



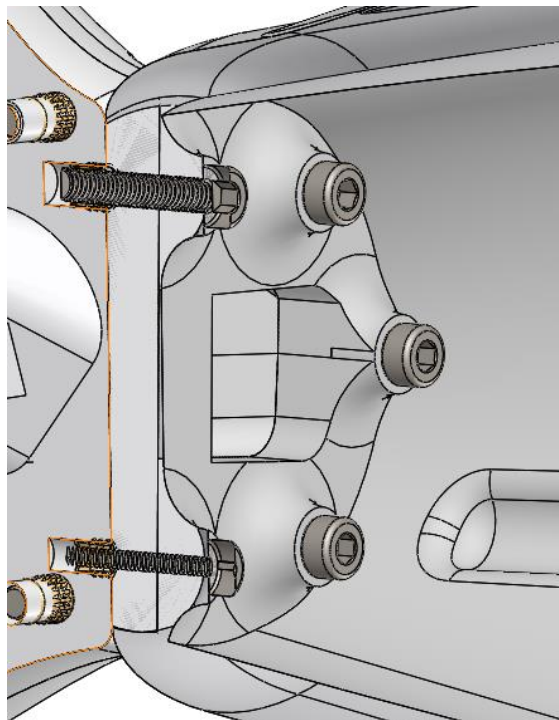
Las últimas fases de montaje de la prótesis corresponden al acople de la mano al socket y la instalación de los dispositivos electrónicos.

Acople de la prótesis al socket mediante tornillos de métrica 3 y 16mm de largo.

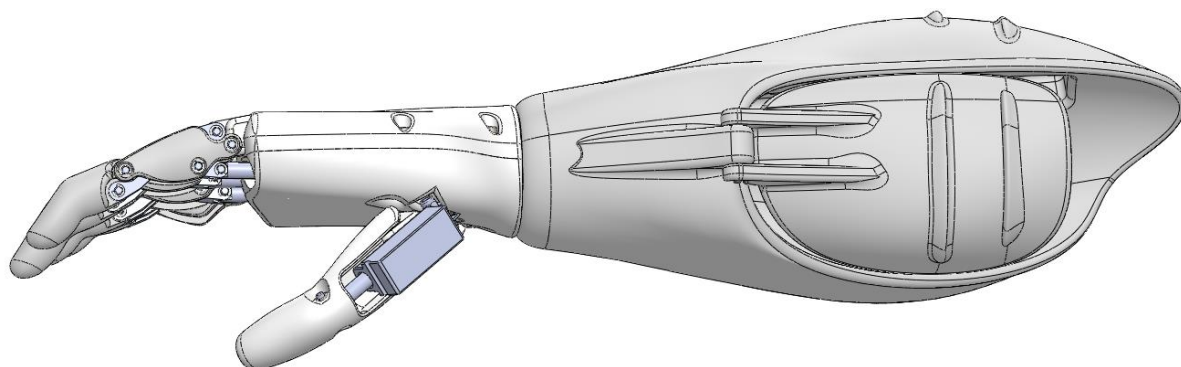
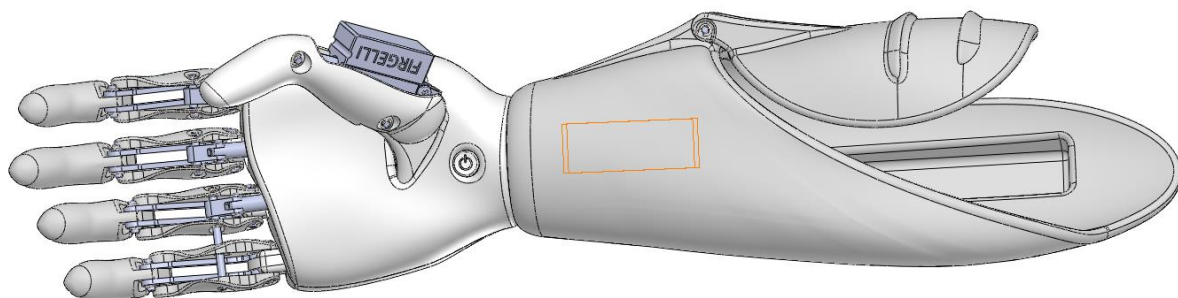
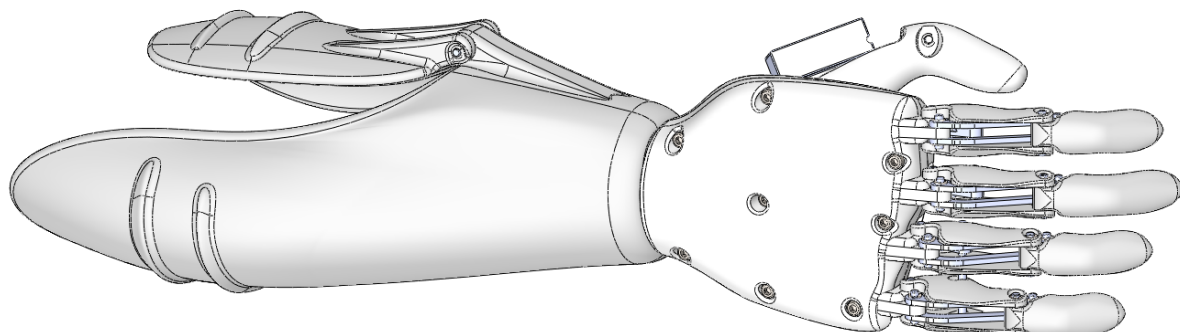


Los tornillos pasan a través de la brida del socket insertándose en los insertos roscados de la muñeca de la mano.

Vista de detalle de la brida seccionada para ver la tornillería a través del socket.



Vistas de la prótesis montada en su totalidad, a falta de los circuitos electrónicos.



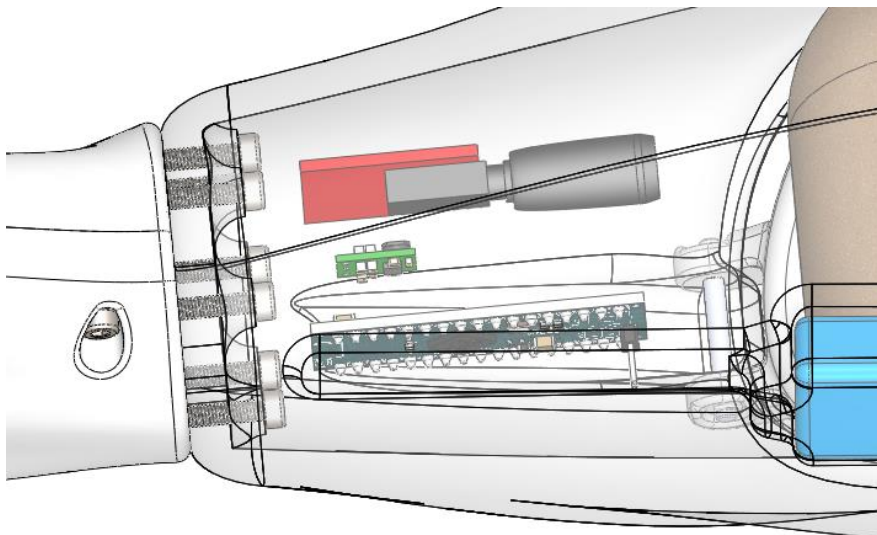


Los circuitos electrónicos se encapsularán mediante cinta vulcanizada termoretráctil por separado, después se encapsulará el conjunto para que no quede suelto dentro del socket.



3M™ RM2228 Scotch® Sellador Eléctrico de 50 mm x 3.05 m

Vista de detalle del espacio para insertar la electrónica.



La electrónica está compuesta por:

- Amplificador.
- Microcontrolador.
- Regulador de tensión.
- Batería.

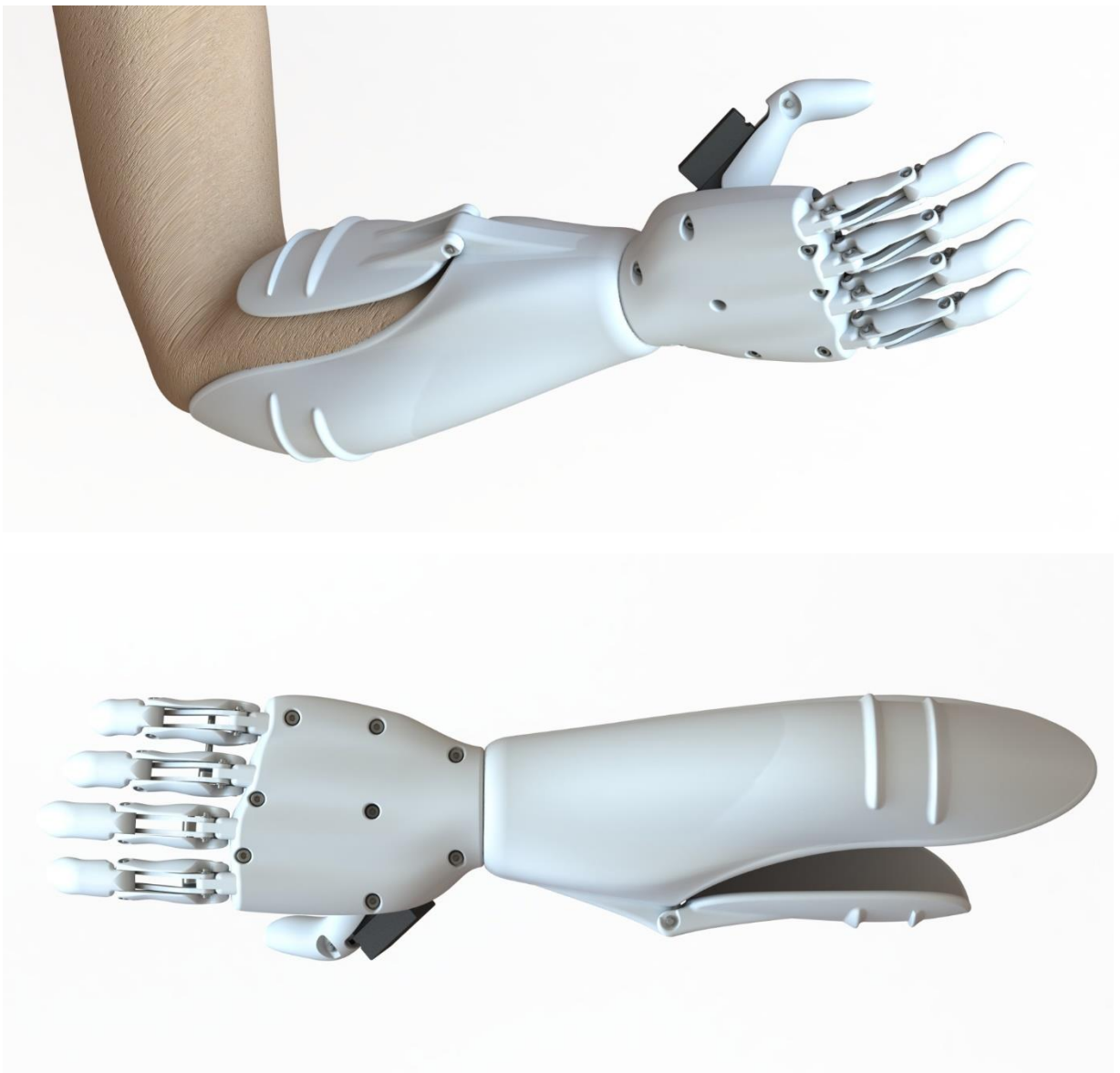
## 8- Simulación CAD y render de la prótesis.

A fin de diseñar con la mayor fidelidad posible, se precisa recrear modelos a ordenador con cierto fotorrealismo. El fotorrealismo ayuda a visualizar el objeto antes de su fabricación.

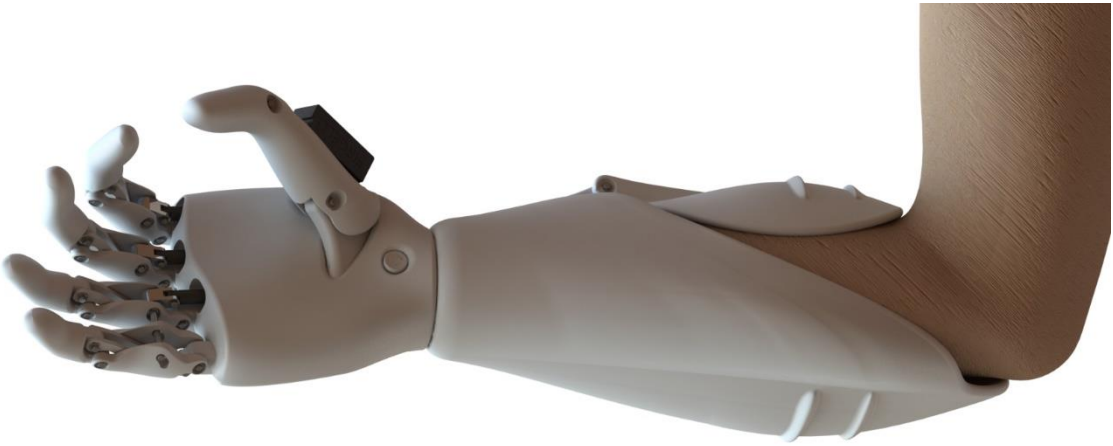
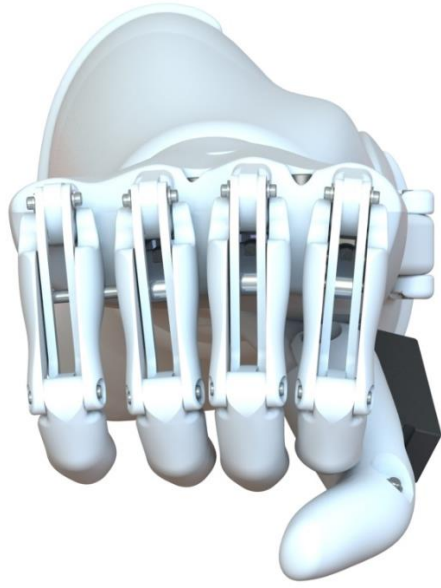
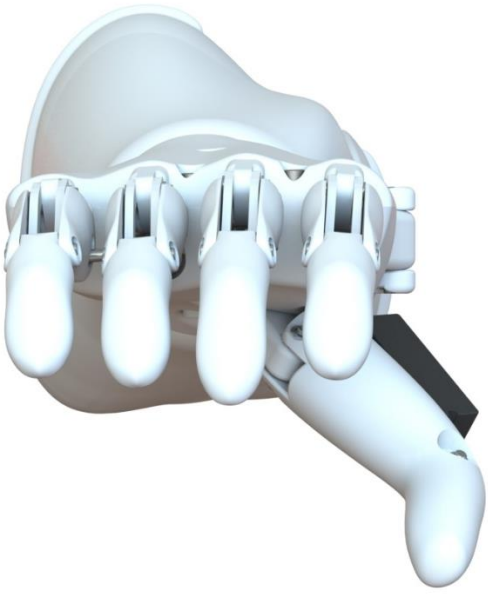
Para verificar que la prótesis cumple con la estética deseada, se procede a crear renderizados fotorrealistas desde distintos ángulos para dar una idea de la realidad.

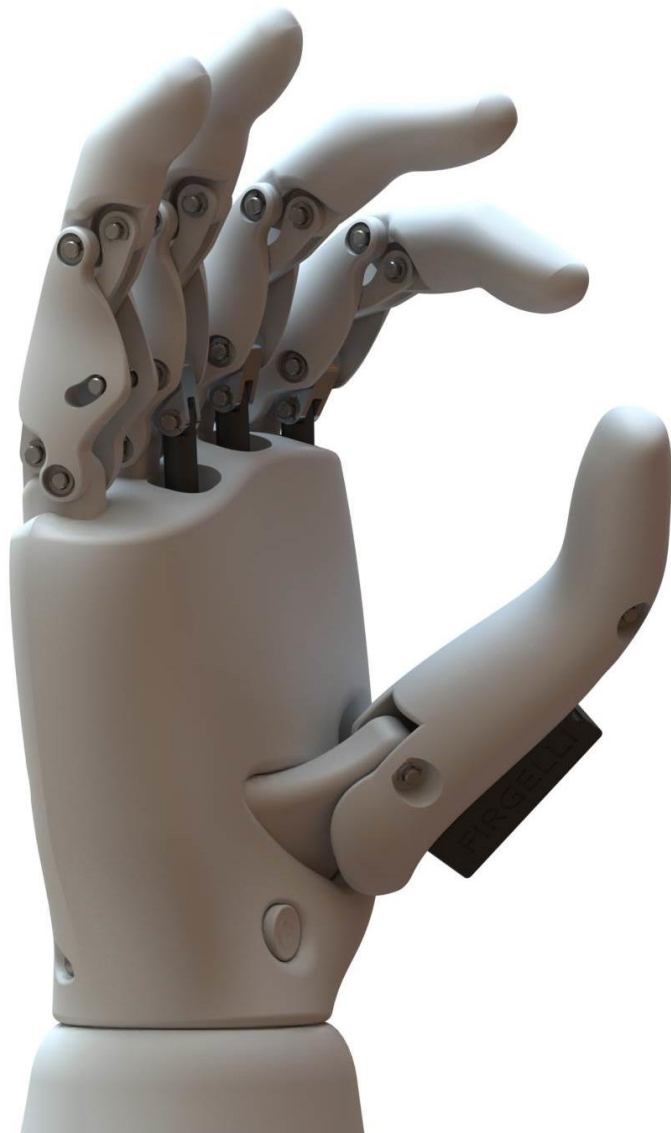
A continuación, se muestran varias representaciones de la prótesis mioeléctrica en formato realista

Los modelos han sido realizados íntegramente con el software **Solidworks 2017**.











## 9- Presupuesto.

### Datos para el presupuesto:

- **ABS: 35 euros por kilogramo.**

Se estima unos **450 gramos de ABS utilizado** para la fabricación de las piezas impresas por lo que el **coste añadido al conjunto por el material** es de: **15,75€.**

- **Aluminio:** La cantidad de material de aluminio es muy reducida por lo que no se va a tomar en cuenta para el presupuesto.
- **Acero inoxidable:** La cantidad de material de acero inoxidable es reducida por lo que no se toma en cuenta en el presupuesto.
- El precio de **montaje por hora** es de: **20 euros.**
- El precio de **fabricación por hora** es de **20 euros.**
  - En el precio incluye las operaciones de mecanizado como:
    - Torneado
    - Fresado
    - Taladrado
    - Limado
    - Corte
    - Lijado.
- **Beneficio añadido del 50%** sobre el coste total de la prótesis.
- El precio en base a la **ingeniería utilizada** y relación con el tiempo realizado para crear el **diseño** es del **40% sobre el coste total.**
- Gastos adicionales: **50 euros.**

<b>Subconjunto</b>	<b>Componentes</b>	<b>Horas de Fabricación (h)</b>	<b>Horas de montaje (h)</b>	<b>Precio material (€)</b>	<b>Precio total (€)</b>
<b>Motores</b>	Motor lineal (x3)		0,5	62	<b>250</b>
	Bieleta motor (x3)	0,75	0,20		<b>20</b>
<b>Dedo índice</b>	Falange distal-medial Falange proximal (x2) Bieleta (x2)	0,30	0,25		<b>11</b>
<b>Dedo mediano</b>	Falange distal-medial Falange proximal (x2) Bieleta (x2)	0,35	0,25		<b>12</b>
<b>Dedo anular</b>	Falange distal-medial Falange proximal (x2) Bieleta (x2)	0,30	0,25		<b>11</b>
<b>Dedo meñique</b>	Falange distal-medial Falange proximal (x2) Bieleta (x2)	0,25	0,25		<b>10</b>
<b>Dedo pulgar</b>	Cuerpo dedo Soporte a palma	0,45	0,30		<b>15</b>
<b>Palma</b>	Pieza superior Pieza inferior	4,30	1		<b>106</b>
<b>Socket:</b>	Cuerpo Aleta	6	0,25		<b>125</b>
<b>Electrónica:</b>	Amplificador Microcontrolador Regulador de tensión		1	40 20 10	<b>70</b>
<b>Batería</b>	Lipo 1350mAh			15	<b>15</b>
<b>Pasadores</b>	Eje 8,5mm (x8) Eje 13,5mm (x10) Eje 11,5mm Eje 6mm (x3) Eje 15,5mm Eje 24mm Eje meñique-anular	2,5	0,5		<b>60</b>
<b>Tornillería</b>	Inserto roscado (x18) Tornillo M3x16 (x16) Tornillo M3x10 (x2)		0,5	10	<b>20</b>

<b>Coste total</b>	<b>725€</b>
<b>Ingeniería y diseño (40%)</b>	<b>290€</b>
<b>Gastos adicionales</b>	<b>50 €</b>
<b>Beneficio (50%)</b>	<b>362,5€</b>
<b>Precio total del producto</b>	<b>1427,5€</b>

El precio total del producto contando todos los gastos desde su diseño hasta la venta es de 1427,5 euros.

- Para estipular un precio atractivo para el usuario se estudian estrategias de marketing según ciertos criterios como:
- La percepción del valor que tiene el cliente sobre el producto y si realmente cumple con sus expectativas.
- La percepción del precio que tiene el cliente sobre el producto.
- Los precios de la competencia, tanto de competidores directos como indirectos.
- A fin de generar un precio atractivo para el cliente y basándose en la forma en que nuestro cerebro codifica los valores numéricos.  
Explicación de Thomas y Morwitz sobre cómo nuestro cerebro funciona al ver un valor numérico: "...al evaluar "2,99", el proceso de codificación de magnitudes empieza en cuanto nuestros ojos encuentran el número 2. En consecuencia, la magnitud percibida de 2,99 queda anclada al dígito que está más a la izquierda (es decir, 2) y se vuelve significativamente inferior a la magnitud 3,00".

El precio final para el público será de **1499 euros**.



## **10- Conclusiones.**

La mano humana es uno de los mecanismos más complejos que posee el ser humano, su grado de complejidad es mayor del que a priori puede parecer. Replicarla es un desafío que muchos ingenieros han emprendido

Durante los últimos años se han construido diversas prótesis de diferentes tipos y precios. A pesar de ello y de su constante evolución todavía distan mucho de la funcionalidad y el nivel de destreza de la mano humana.

No obstante, no se debe dejar de lado y su constante evolución hará que un día la mano mecánica diseñada por el ser humano sea igual o incluso mejor que una mano humana real.

En un futuro se deben añadir sensores de tacto y posición, sensibles a la presión y agarre de ciertos objetos y texturas además del incremento de articulaciones y la mejora de los actuadores en cuanto a velocidad, fuerza y tamaño.

Los algoritmos de programación deben evolucionar y ser cada vez más complejos, a fin de que la mano aprenda y sea un objeto con cierta inteligencia artificial.

Los materiales son otro punto muy importante y el grafeno puede que sea el material responsable para dar un paso evolutivo en lo que a prótesis de alta tecnología se refiere.

Este proyecto no es más que la antesala de lo que viene a continuación, la constante evolución de la prótesis hasta adquirir la perfección deseada.

## 11-Referencias.

Bibliografía utilizada para desarrollar el trabajo.

Robotnik, “Mano robótica Shadow Dexterous”, disponible en Internet en: <http://www.robotnik.es/manos-roboticas/mano-robotica-shadow-dexterous/> [consultado Julio 06, 2017].

Anatomía humana, “MUSCULOS SUPERFICIALES E INTERMEDIOS DE LA CARA ANTERIOR DEL ANTEBRAZO”, disponible en Internet en: <http://www.anatomiahumana.ucv.cl/efi/modulo14.html> [consultado Junio 25, 2017].

El portal de la salud, “módulo de amputados”, disponible en Internet en: <http://www.elportaldelasalud.com/modulo-de-amputados/2/> [consultado Junio 25, 2017].

Area tecnología, “Acero inoxidable”, disponible en Internet en: <http://www.areatecnologia.com/materiales/acero-inoxidable.html> [consultado Junio 26, 2017].

Touch Bionics, “I-Limb Hand”, disponible en Internet en: [www.touchbionics.com](http://www.touchbionics.com) [consultado Enero 08, 2017].

shadowrobot, “Shadow Dexterous Hand”, disponible en Internet en: <https://www.shadowrobot.com/products/dexterous-hand/> [consultado Enero 16, 2017].

Bebionic, “Hand”, disponible en Internet en: [http://es.bebionic.com/the\\_hand](http://es.bebionic.com/the_hand) [consultado Febrero 12, 2017].

Ottobockus, “Michelangelo Hand”, disponible en Internet en: <https://professionals.ottobockus.com/Prosthetics/Upper-Limb-Prosthetics/Michelangelo-Axon-Bus-System/Michelangelo-Hand-AxonHook/Michelangelo-Hand/p/8E500~5R-M> [consultado Febrero 12, 2017].

Plastica y reconstructiva, “AMPUTACION PLASTICA DE INDICE Y MEÑIQUE. Anatomofisiología, fisiopatología y técnica.”, disponible en Internet en: <https://plasticayreconstructiva.wordpress.com/2013/03/19/amputacion-plastica-de-indice-y-menique-anatomo-fisiologia-fisiopatologia-y-tecnica/> [consultado Enero 07, 2017].

Biologiafotosdibujosimagenes, “<http://biologiafotosdibujosimagenes.blogspot.com>,” disponible en Internet  
en:<http://biologiafotosdibujosimagenes.blogspot.com/2011/05/dibujos-de-loshuesos-de-la-mano.html>. [Consultado: Enero 23, 2017].

Textos científicos, “ABS”, disponible en Internet  
en:<https://www.textoscientificos.com/polimeros/abs> [consultado Agosto 05, 2017].

Wikipedia, “Acrilonitrilo\_butadieno\_estireno”, disponible en Internet  
en:[https://es.wikipedia.org/wiki/Acrilonitrilo\\_butadieno\\_estireno](https://es.wikipedia.org/wiki/Acrilonitrilo_butadieno_estireno) [consultado Junio 18, 2017].

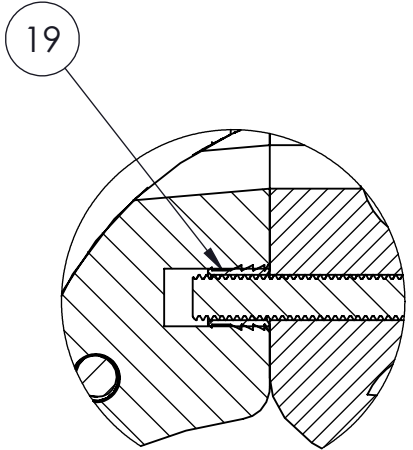
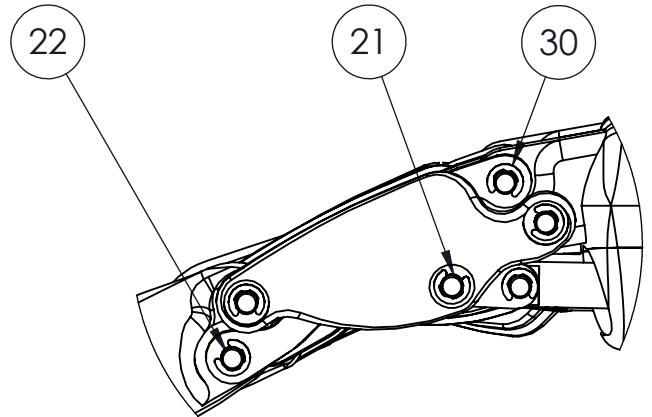
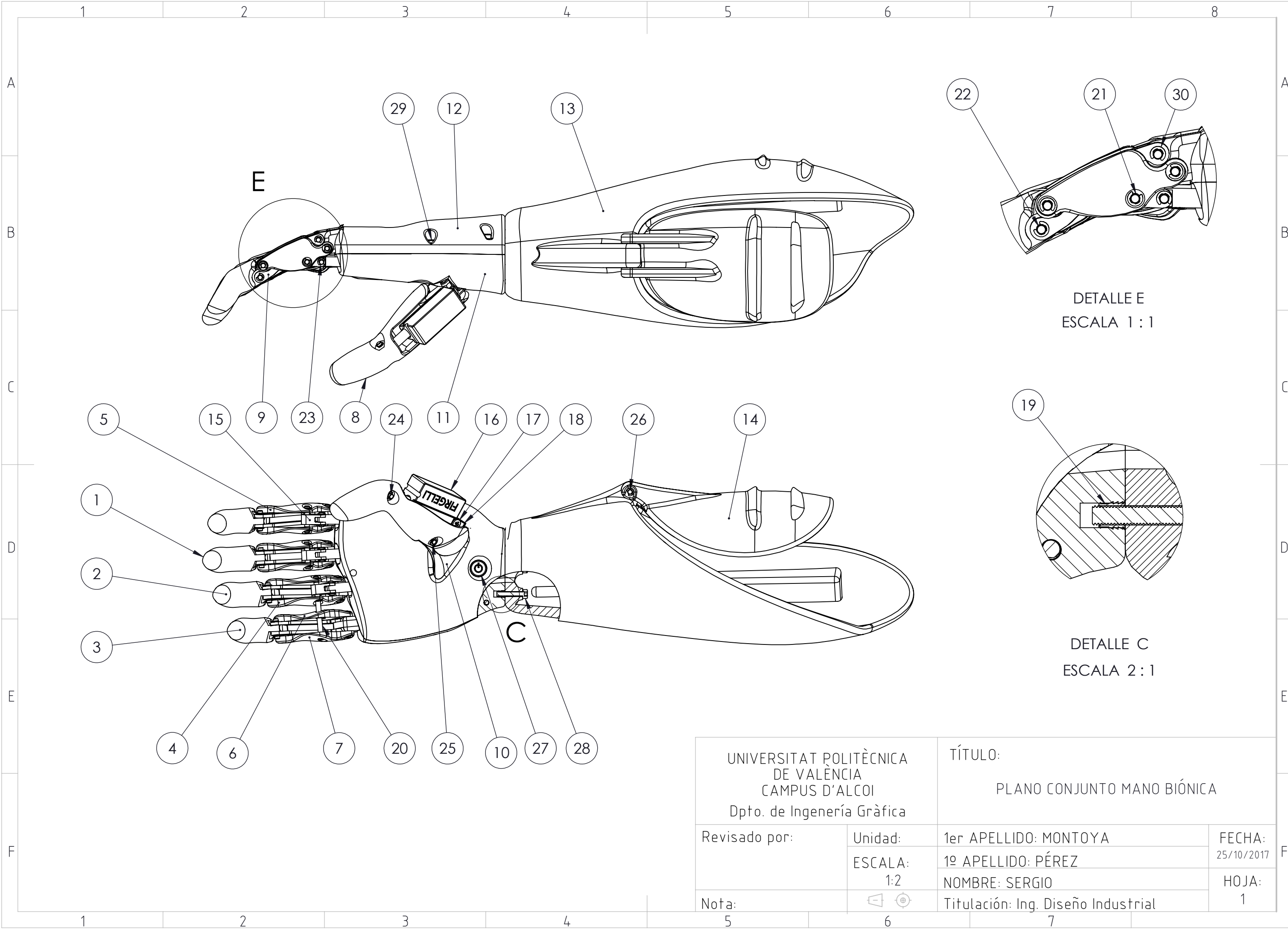
Wikipedia, “Mano”, disponible en Internet en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Mano>  
[consultado Enero 16, 2017].

Xataka, “La psicología de los precios”, disponible en Internet  
en:<https://magnet.xataka.com/en-diez-minutos/la-psicologia-de-los-precios-una-lista-gigantesca-de-estrategias> [consultado Junio 25, 2017].

ICEMD, “Estrategias de Marketing: Percepción o Realidad”, disponible en Internet  
en:<http://blogs.icemd.com/blog-estrategias-de-marketing-percepcion-o-realidad/precios-psicologos/> [consultado Junio 15, 2017].

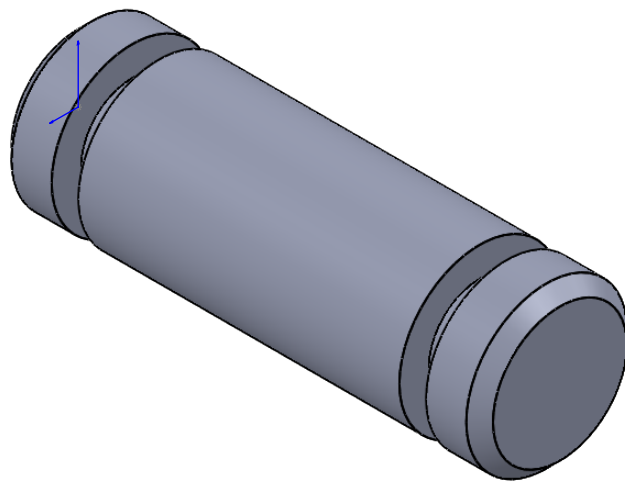
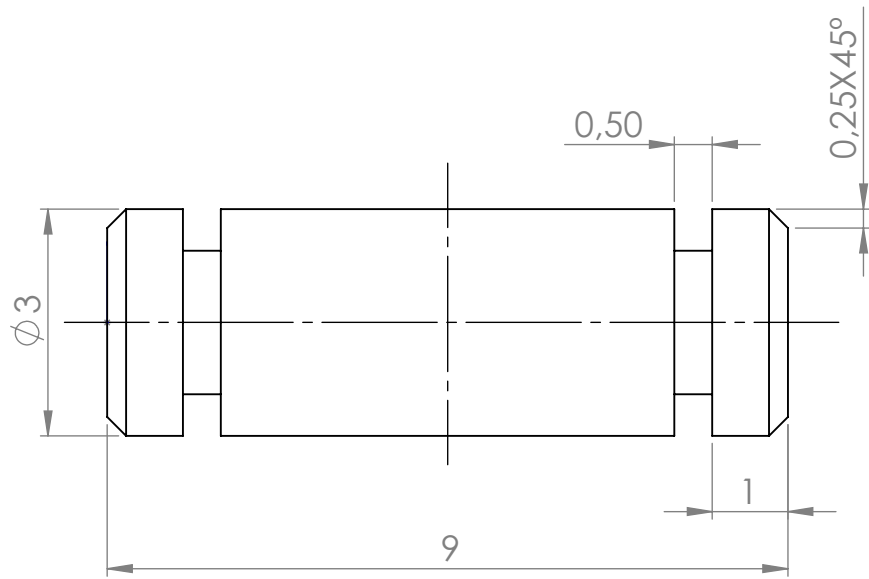
## **12-Anexos.**

### **12.1- Planos.**



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI Dpto. de Ingeniería Gràfica		TÍTULO: PLANO CONJUNTO MANO BIÓNICA	
Revisado por:	Unidad:	1er APELLIDO: MONTOYA	FECHA: 25/10/2017
	ESCALA: 1:2	1º APELLIDO: PÉREZ	HOJA: 1
Nota:	⚠ ⊕	Titulación: Ing. Diseño Industrial	

1	2		3	4	
A  B  C  D  E	MARCA	DENOMINACION	CANTIDAD	REF.	MATERIAL
	1	Falange distal-medial medio	1		ABS
	2	Falange distal-medial índice-anular	2		ABS
	3	Falange distal-medial meñique	1		ABS
	4	Falange proximal derecha	3		ABS
	5	Falange proximal izquierda	3		ABS
	6	Falange proximal meñique izquierda	1		ABS
	7	Falange proximal meñique derecha	1		ABS
	8	Dedo pulgar	1		ABS
	9	Bieleta dedos	8		ABS
	10	Base pulgar	1		ABS
	11	Palma inferior	1		ABS
	12	Palma superior	1		ABS
	13	Cuerpo socket	1		ABS
	14	Aleta socket	1		ABS
	15	Bieleta motor	3		ALUMINIO
	16	Motor	4		
	17	Tornillo cabeza redonda M3x10	2		INOX.
	18	Horquilla soporte motor	1		ACERO
	19	Inserto roscado M3	18		LATÓN
	20	Eje anular-meñique	1		INOX.
	21	Eje 13,5mm	10		INOX.
	22	Eje 8,5mm	8		INOX.
	23	Eje 6mm	3		INOX.
	24	Eje 11,5mm	1		INOX.
	25	Eje 15,5mm	1		INOX.
	26	Eje 24mm	1		INOX.
	27	Botón ON/OFF	1		ABS
	28	Tornillo Allen M3x16	9		INOX.
	29	Tornillo Allen M3x10	2		INOX.
30	Anillo seguridad	48		ACERO	
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA CAMPUS D'ALCOI Dpto. de Ingeniería Gràfica		TÍTULO: LISTADO MATERIALES MANO BIÓNICA			
F	Revisado por:	Unidad: ESCALA:	1er APELLIDO: MONTOYA	FECHA: 25/10/2017	
			1º APELLIDO: PÉREZ		
			NOMBRE: SERGIO	HOJA: 2	
	Nota:		Titulación: Ing. Diseño Industrial		
1	2	3	4		



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA  
CAMPUS D'ALCOI  
Dpto. de Ingeniería Gràfica

TÍTULO:

Eje 6mm

Revisado por:

Unidad:

1er APELLIDO: MONTOYA

FECHA:

ESCALA:  
10:1

1º APELLIDO: PÉREZ

25/10/2017

NOMBRE: SERGIO

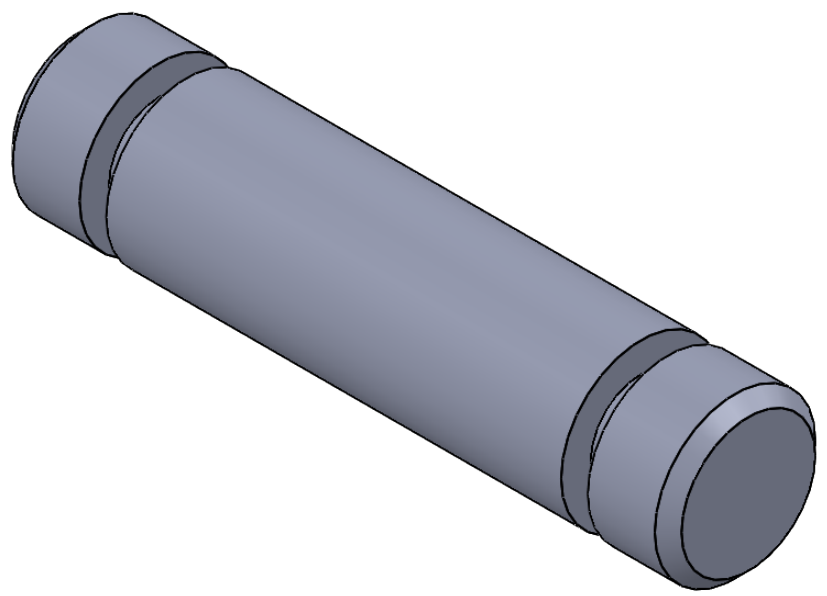
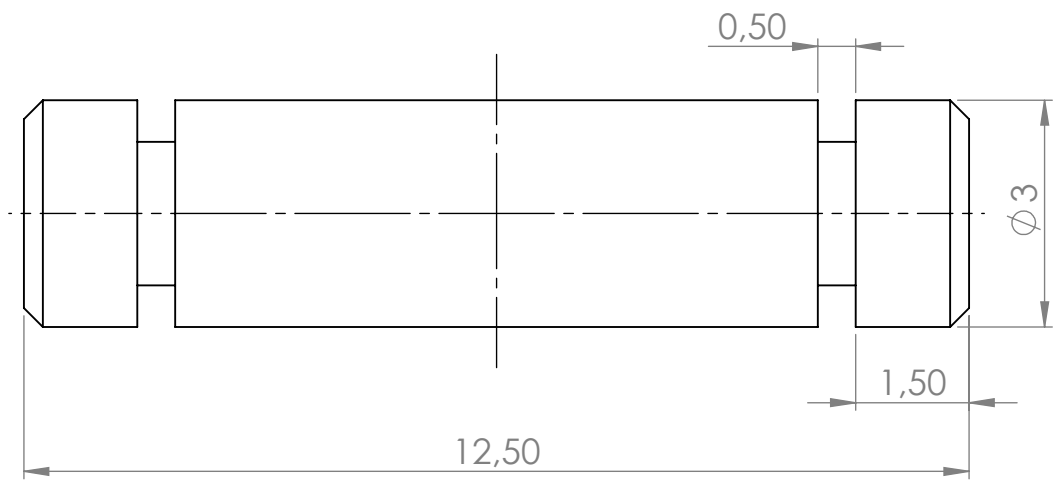
HOJA:  
3

Nota:



Titulación: Inq. Diseño Industrial

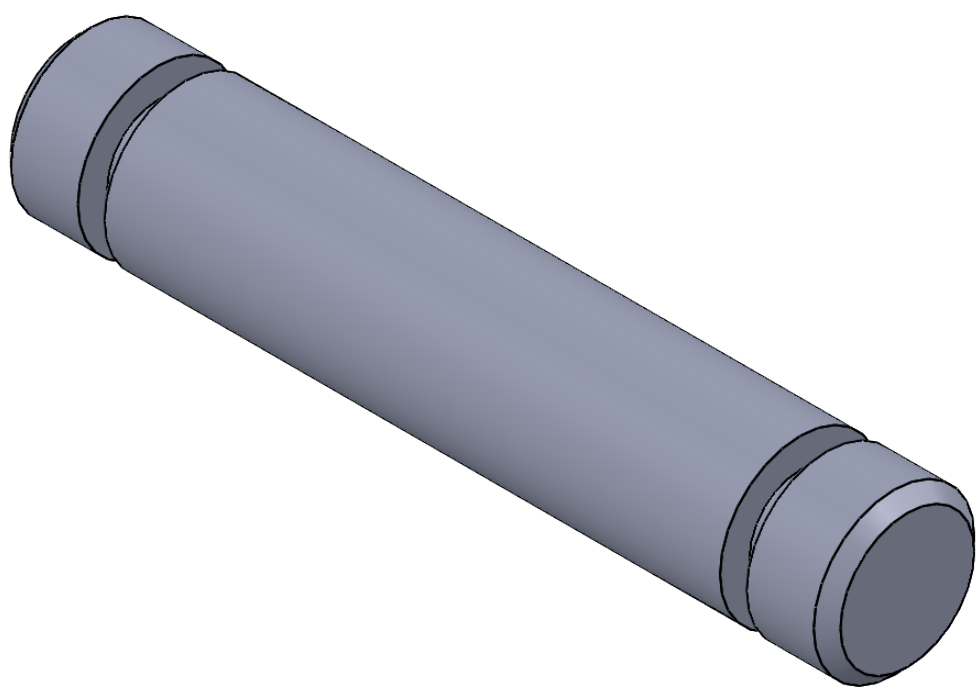
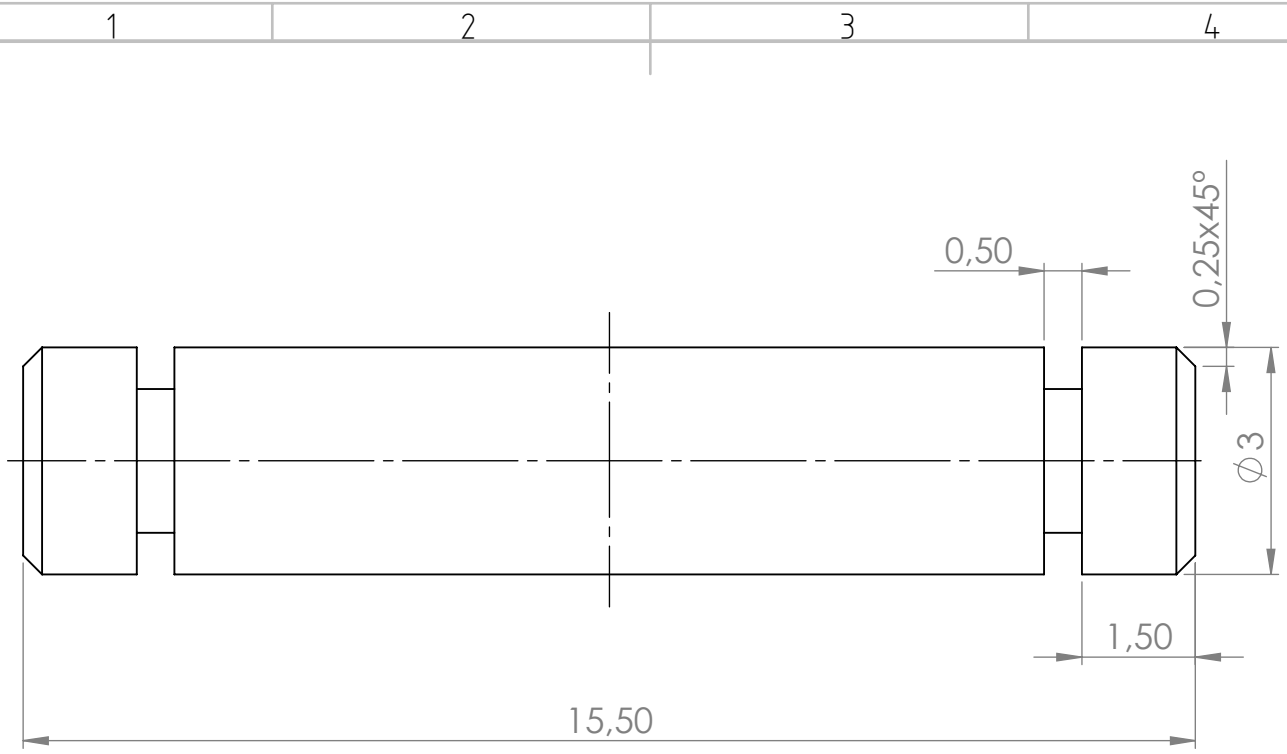




UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA  
CAMPUS D'ALCOI  
Dpto. de Ingeniería Gràfica

TÍTULO:  
Eje 8,5mm

Revisado por:	Unidad:	1er APELLIDO: MONTOYA	FECHA: 25/10/2017
	ESCALA: 10:1	1º APELLIDO: PÉREZ	HOJA: 4
Nota:		Titulación: Inq. Diseño Industrial	



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA  
CAMPUS D'ALCOI  
Dpto. de Ingeniería Gràfica

TÍTULO:  
Eje 11,5mm

Revisado por:

Unidad:

1er APELLIDO: MONTOYA

FECHA:

ESCALA:  
10:1

1º APELLIDO: PÉREZ

25/10/2017

Nota:

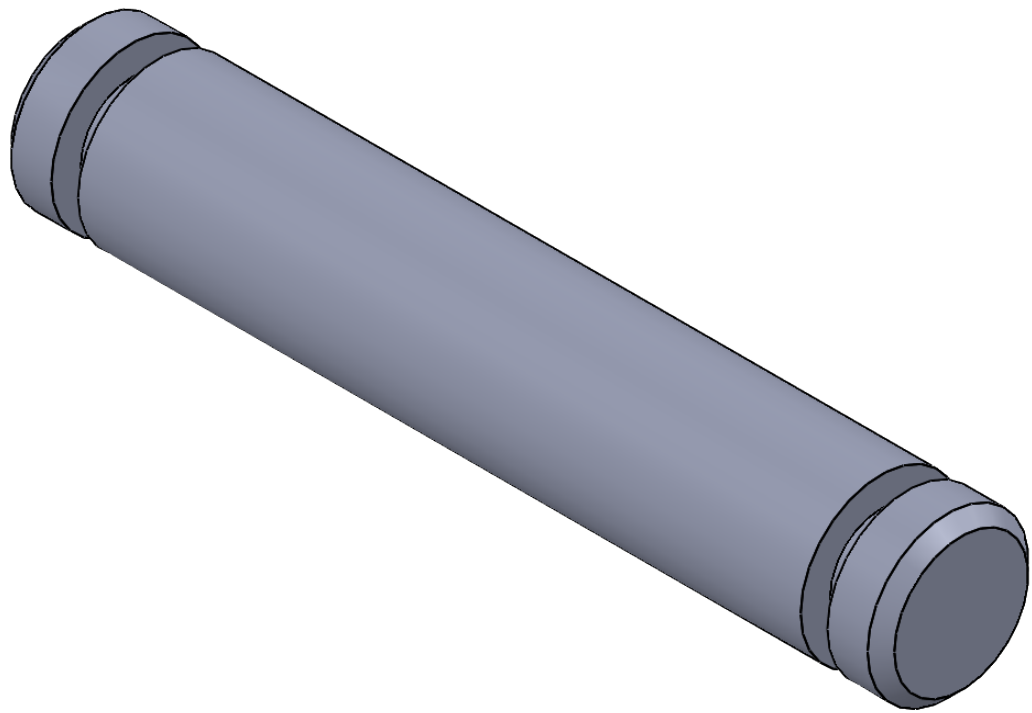
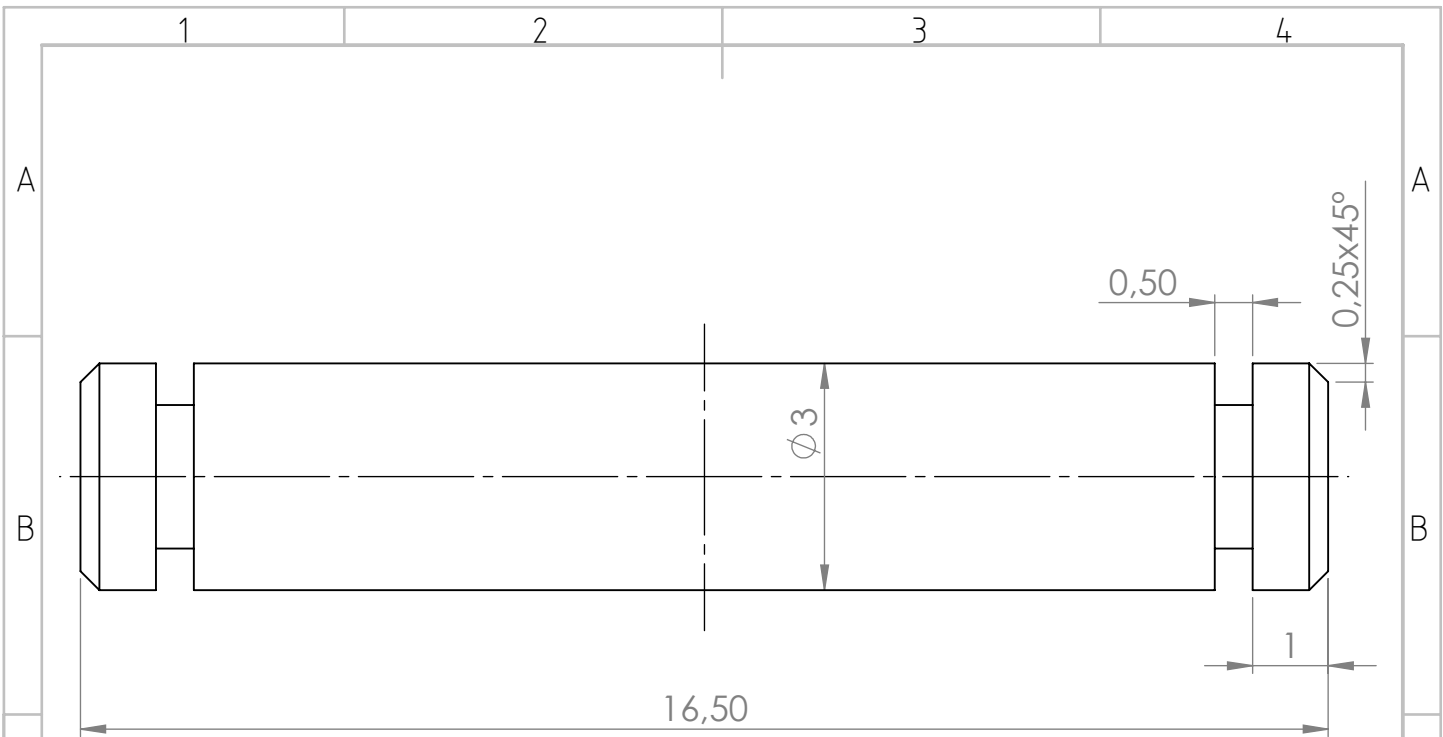


NOMBRE: SERGIO

HOJA:

Titulación: Inq. Diseño Industrial

5



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA  
CAMPUS D'ALCOI  
Dpto. de Ingeniería Gràfica

TÍTULO:

Eje 13,5mm

Revisado por:

Unidad:

1er APELLIDO: MONTOYA

FECHA:

ESCALA:  
10:1

1º APELLIDO: PÉREZ

25/10/2017

Nota:



NOMBRE: SERGIO

HOJA:

Titulación: Inq. Diseño Industrial

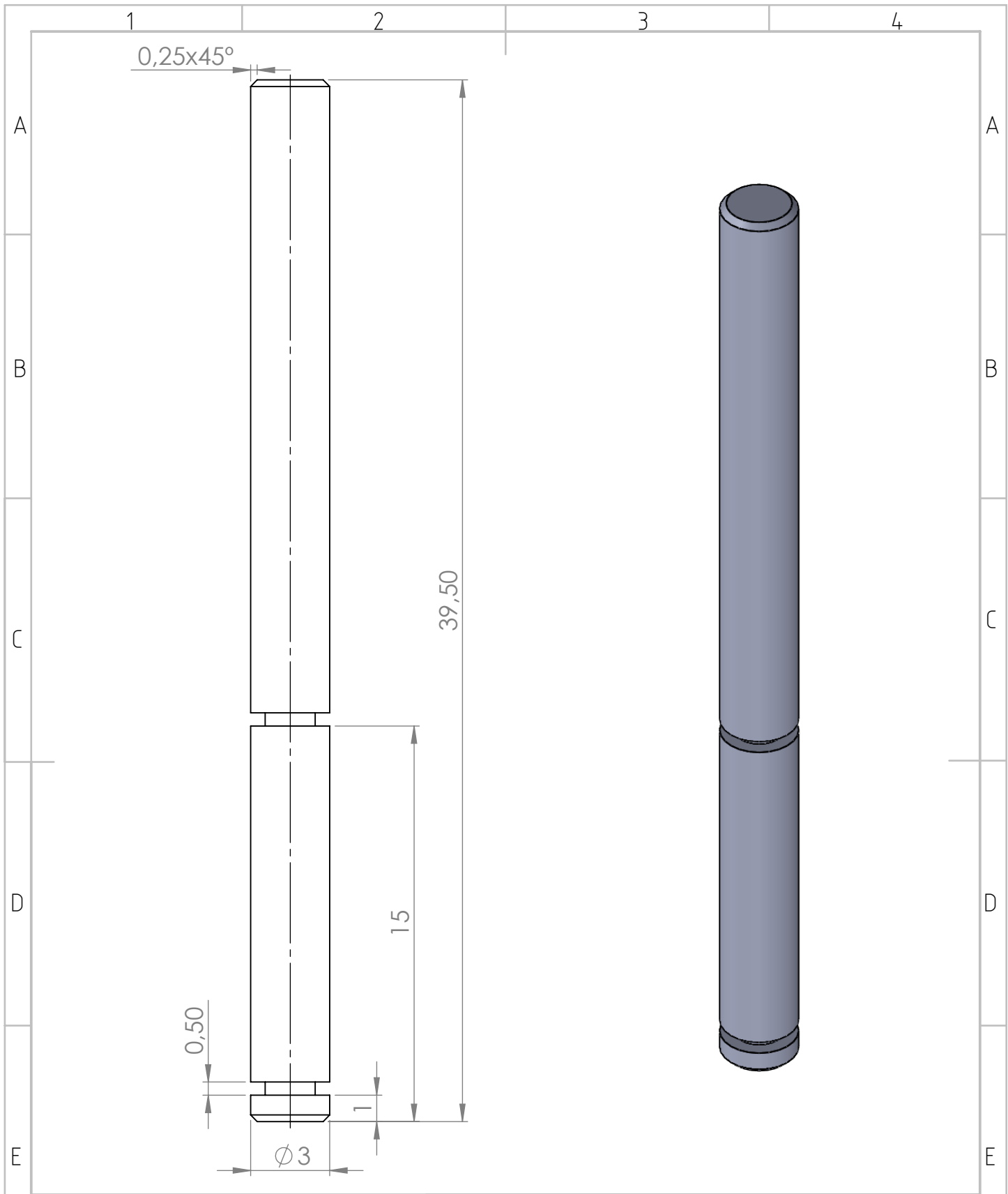
5

1

2

3

4



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA  
CAMPUS D'ALCOI  
Dpto. de Ingeniería Gràfica

TÍTULO:

Eje anular-meñique

Revisado por:

Unidad:

1er APELLIDO: MONTOYA

FECHA:

ESCALA:  
5:1

1º APELLIDO: PÉREZ

25/10/2017

Nota:

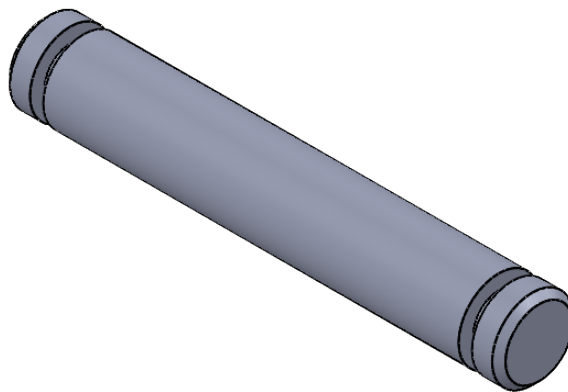
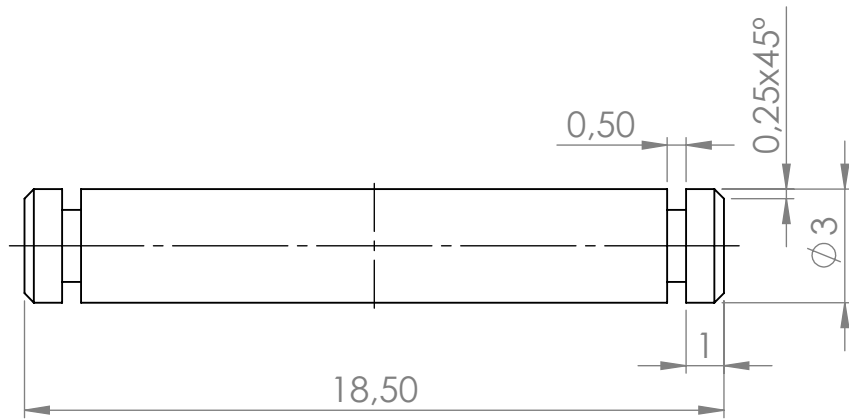


NOMBRE: SERGIO

HOJA:

Titulación: Inq. Diseño Industrial

6



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA  
CAMPUS D'ALCOI  
Dpto. de Ingeniería Gràfica

TÍTULO:

Eje 15,5mm

Revisado por:

Unidad:

1er APELLIDO: MONTOYA

FECHA:

ESCALA:  
5:1

1º APELLIDO: PÉREZ

25/10/2017

Nota:

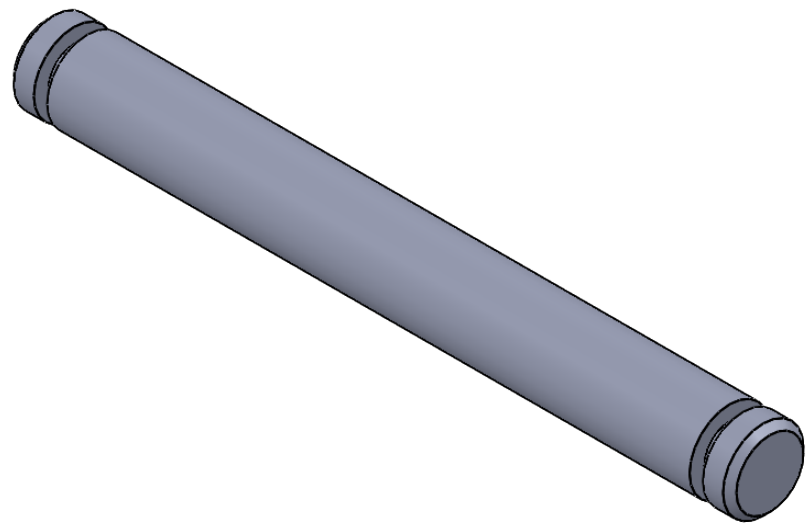
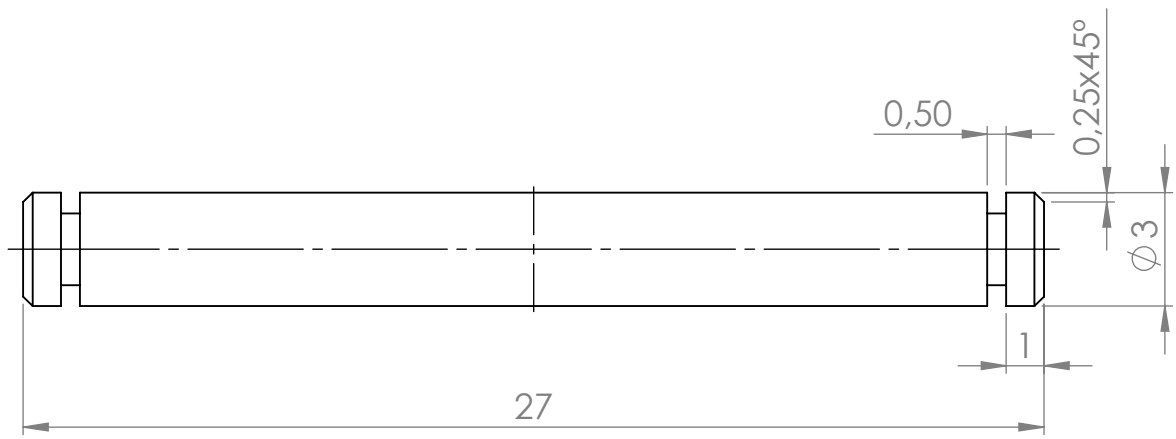


NOMBRE: SERGIO

HOJA:

Titulación: Inq. Diseño Industrial

7



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA  
CAMPUS D'ALCOI  
Dpto. de Ingeniería Gràfica

TÍTULO:

Eje 24mm

Revisado por:

Unidad:

1er APELLIDO: MONTOYA

FECHA:

ESCALA:  
5:1

1º APELLIDO: PÉREZ

25/10/2017

Nota:



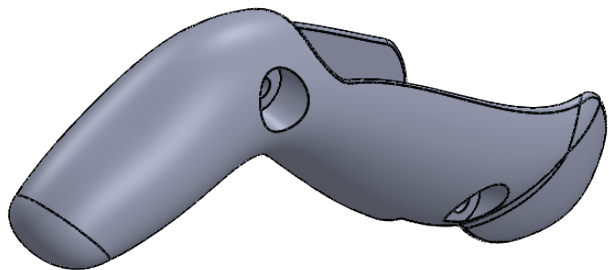
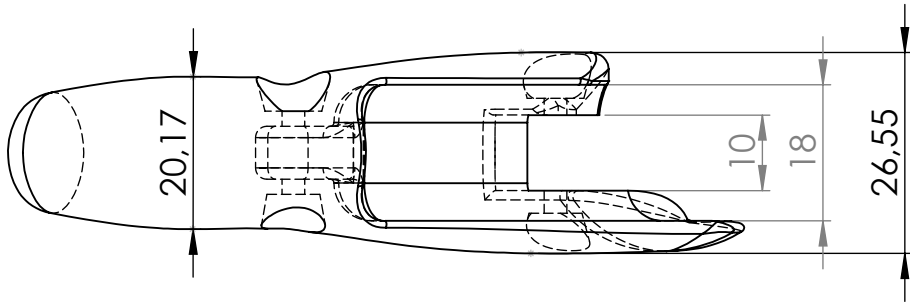
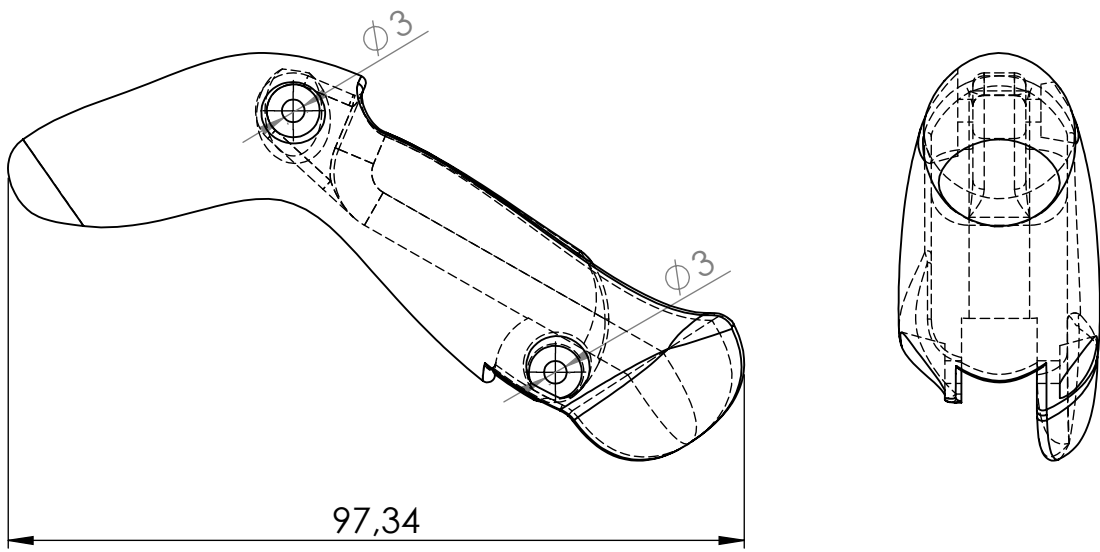
NOMBRE: SERGIO

HOJA:

Titulación: Inq. Diseño Industrial

8





UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA  
CAMPUS D'ALCOI  
Dpto. de Ingeniería Gràfica

TÍTULO:

Dedo pulgar

Revisado por:

Unidad:

1er APELLIDO: MONTOYA

FECHA:

ESCALA:  
1:1

1º APELLIDO: PÉREZ

25/10/2017

Nota:

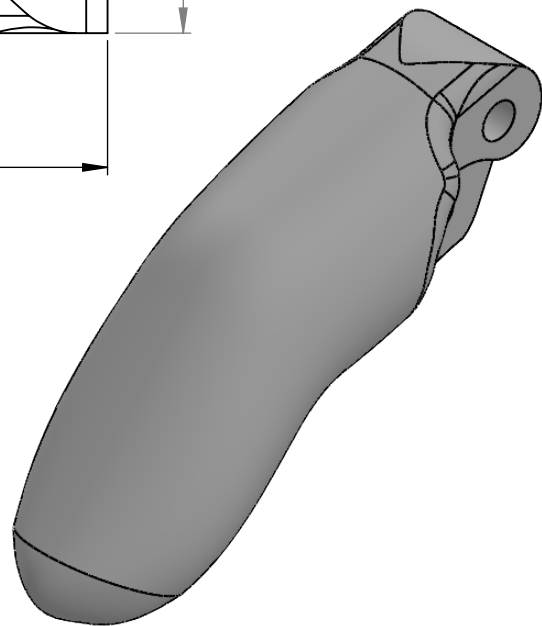
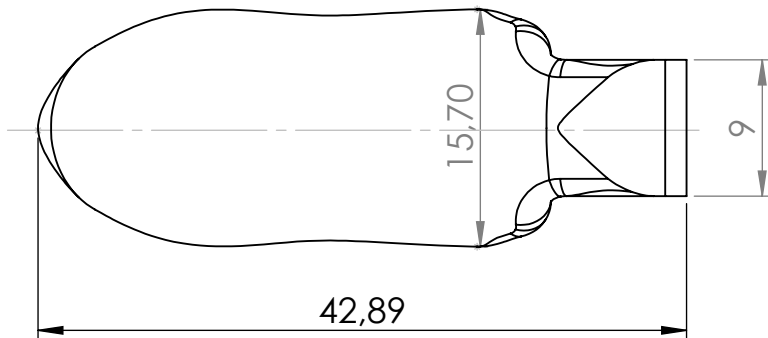
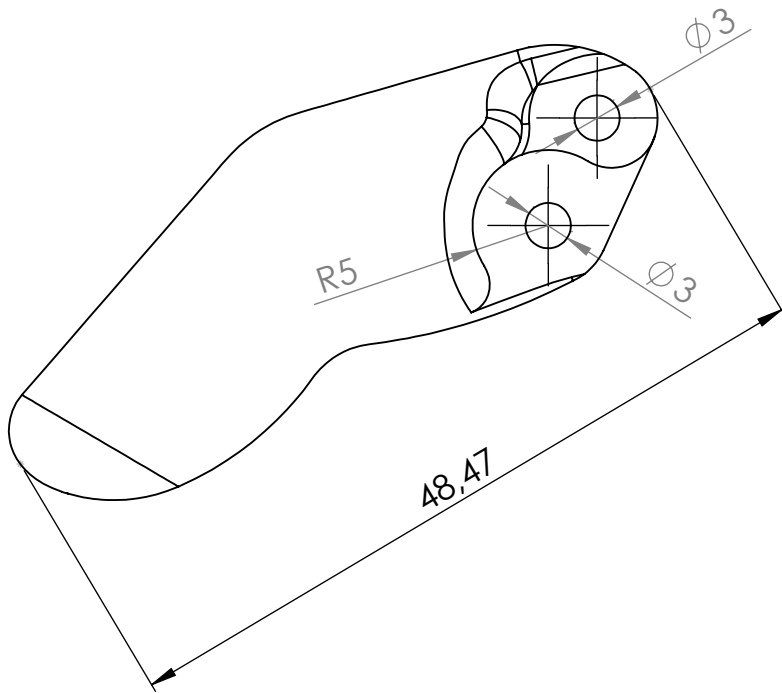


NOMBRE: SERGIO

HOJA:

Titulación: Inq. Diseño Industrial

9



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA  
CAMPUS D'ALCOI  
Dpto. de Ingeniería Gràfica

TÍTULO:  
Falange distal-medial meñique

Revisado por:

Unidad:

1er APELLIDO: MONTOYA

FECHA:

ESCALA:  
2:1

1º APELLIDO: PÉREZ

25/10/2017

Nota:

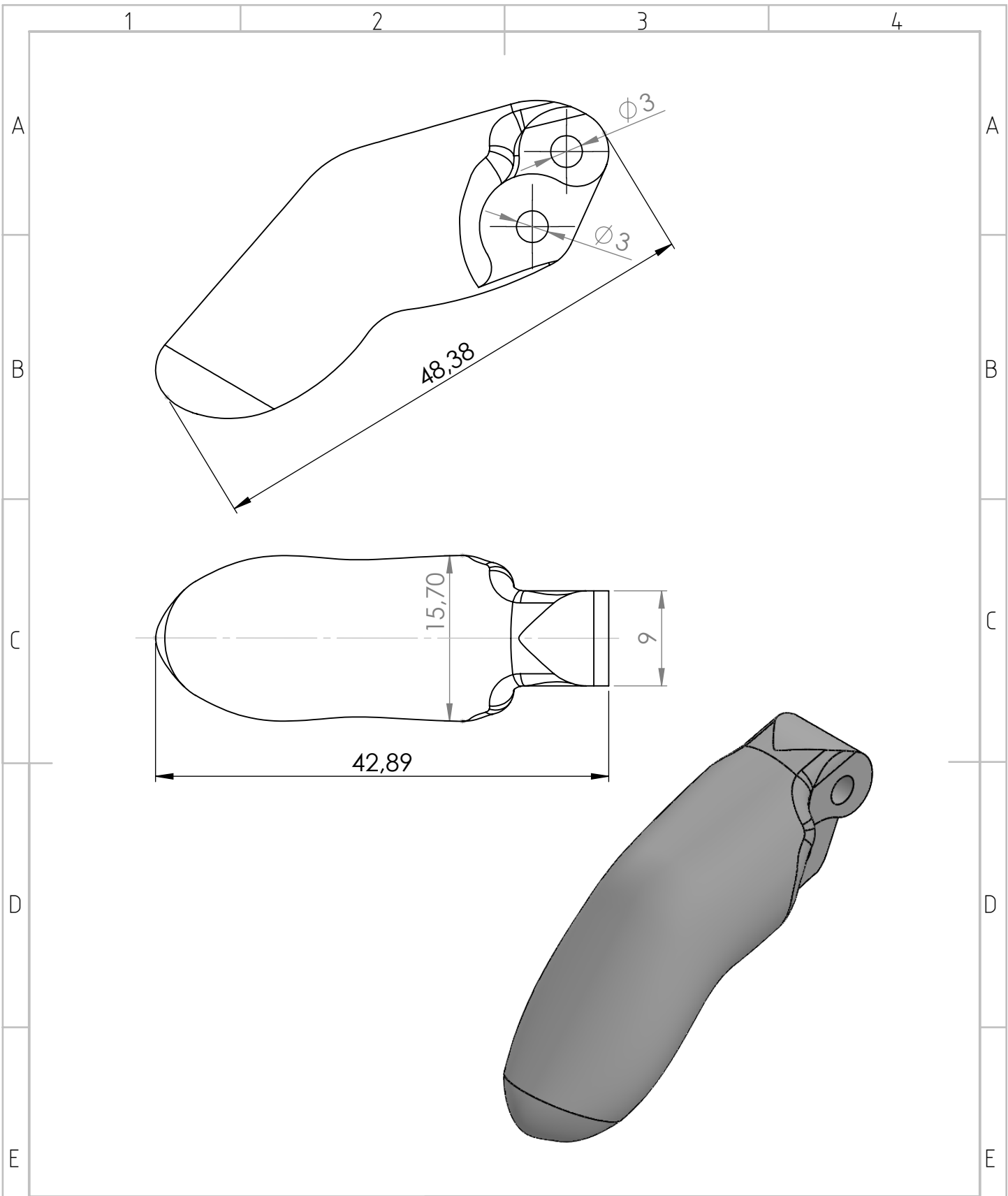


NOMBRE: SERGIO

HOJA:

Titulación: Ing. Diseño Industrial

10



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA  
CAMPUS D'ALCOI  
Dpto. de Ingeniería Gràfica

TÍTULO:  
Falange distal-medial índice-anular

Revisado por:

Unidad:

1er APELLIDO: MONTOYA

FECHA:

ESCALA:  
2:1

1º APELLIDO: PÉREZ

25/10/2017

Nota:

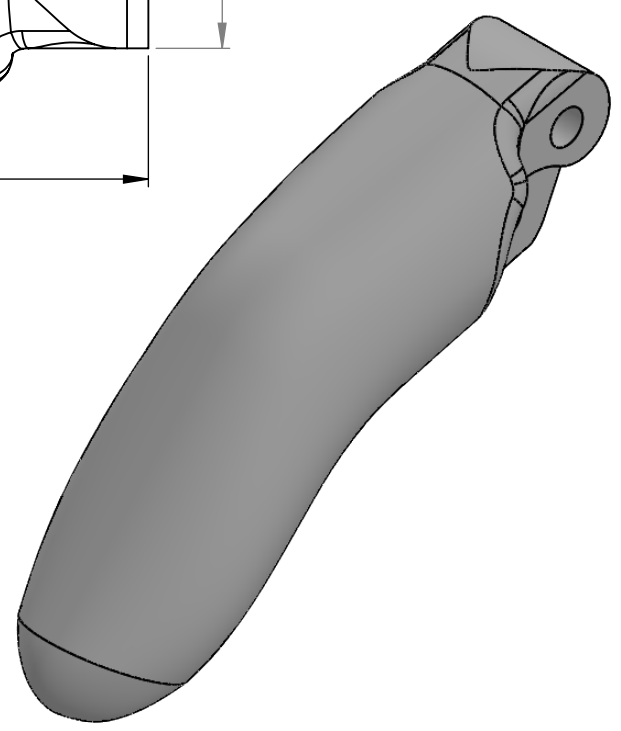
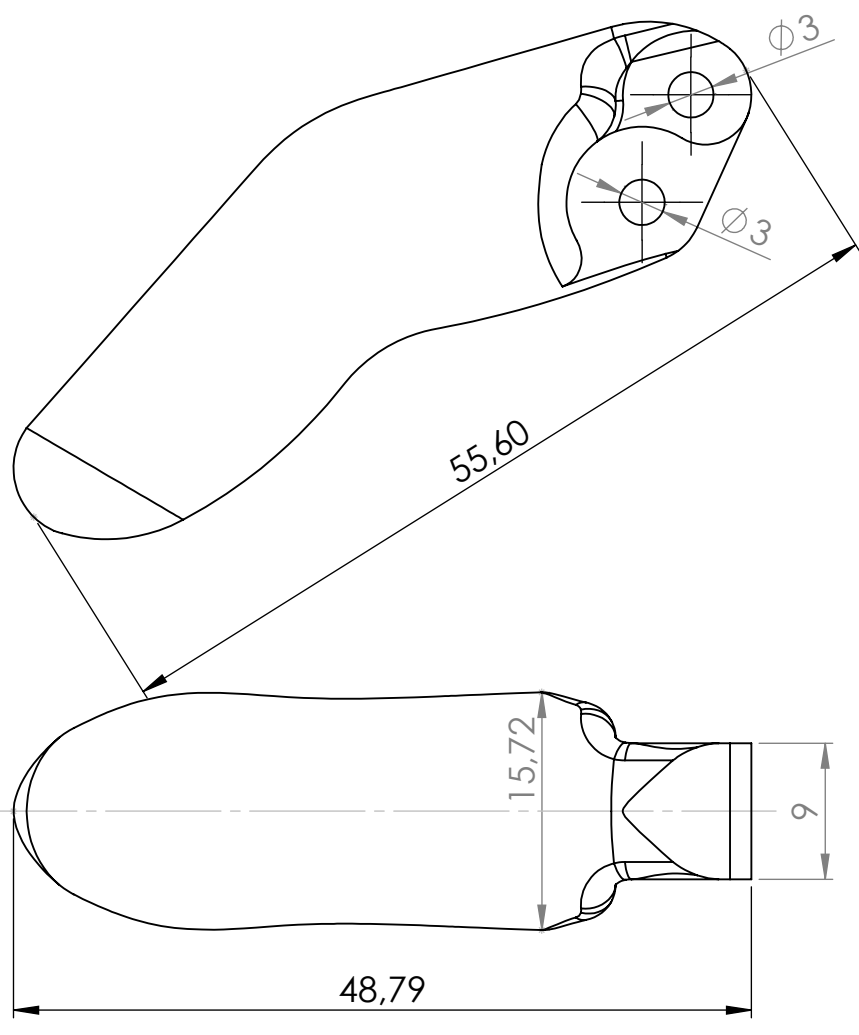


NOMBRE: SERGIO

HOJA:

Titulación: Inq. Diseño Industrial

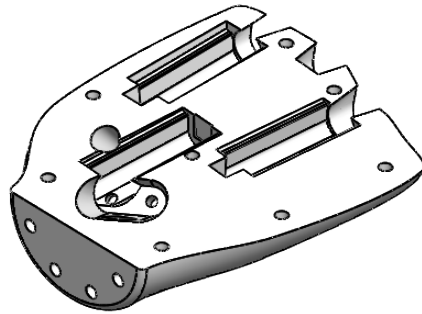
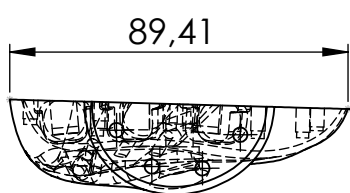
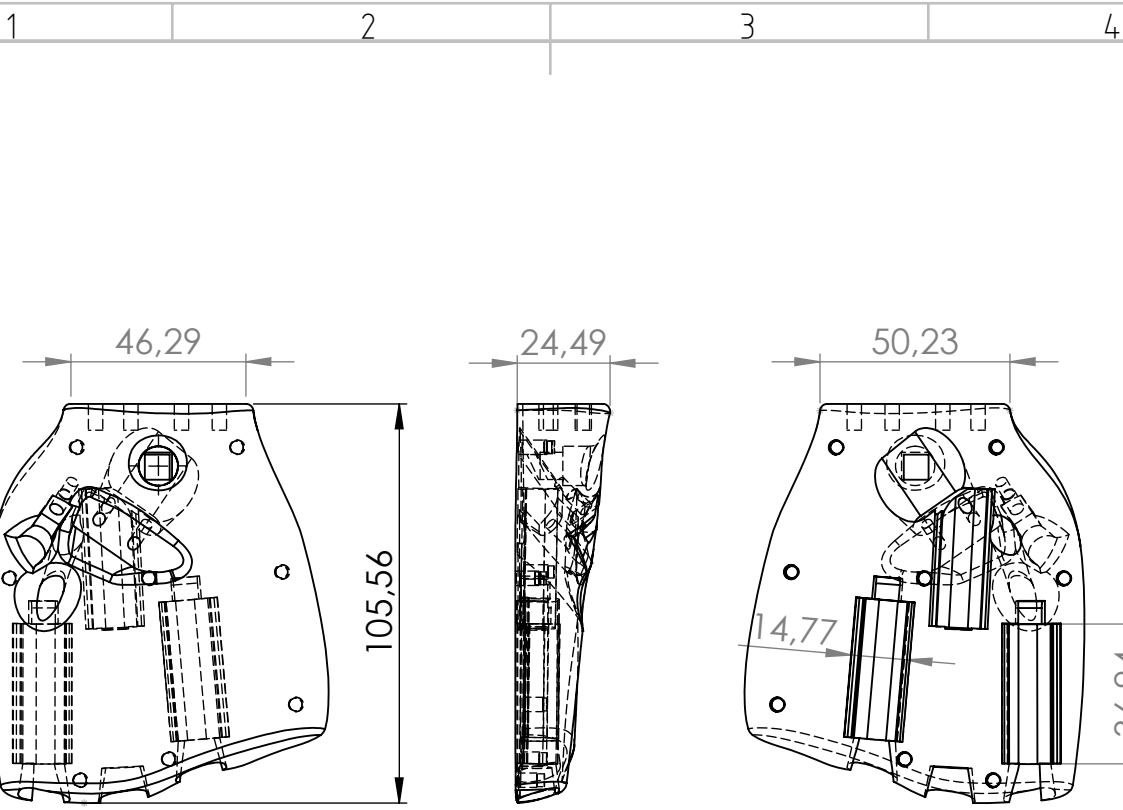
11



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA  
CAMPUS D'ALCOI  
Dpto. de Ingeniería Gràfica

TÍTULO:  
Falange distal-medial medio

F	Revisado por:	Unidad:	1er APELLIDO: MONTOYA	FECHA: 25/10/2017
		ESCALA: 2:1	1º APELLIDO: PÉREZ	
	Nota:		NOMBRE: SERGIO	HOJA: 12
			Titulación: Inq. Diseño Industrial	



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA  
CAMPUS D'ALCOI  
Dpto. de Ingeniería Gràfica

TÍTULO:  
Palma inferior

Revisado por:

Unidad:

1er APELLIDO: MONTOYA

FECHA:

ESCALA:  
1:2

1º APELLIDO: PÉREZ

25/10/2017

Nota:

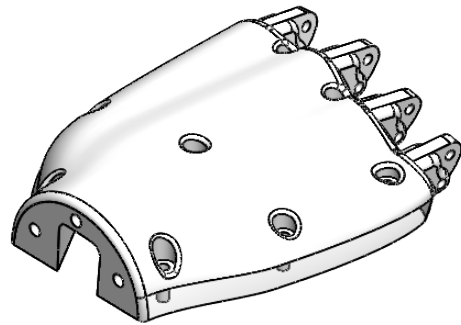
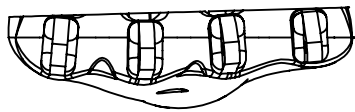
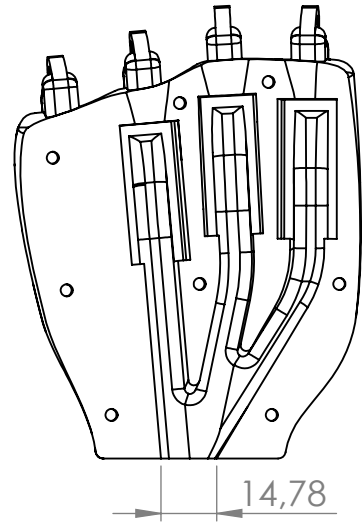
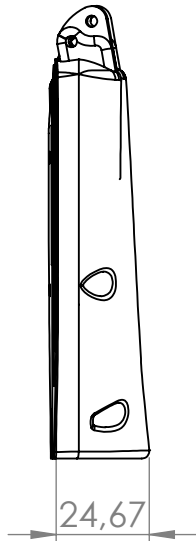
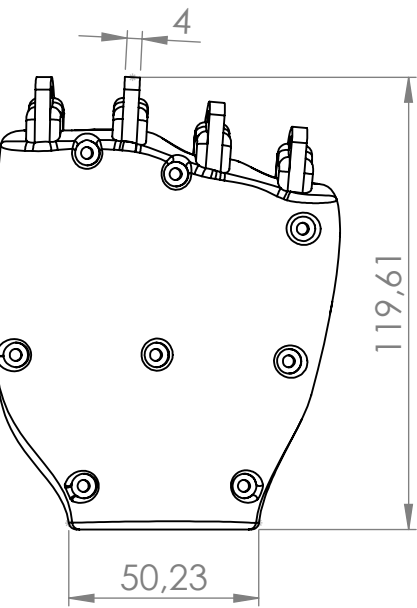


NOMBRE: SERGIO

HOJA:

Titulación: Inq. Diseño Industrial

13



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA  
CAMPUS D'ALCOI  
Dpto. de Ingeniería Gràfica

TÍTULO:

Palma superior

Revisado por:

Unidad:

1er APELLIDO: MONTOYA

FECHA:

ESCALA:  
1:2

1º APELLIDO: PÉREZ

25/10/2017

Nota:

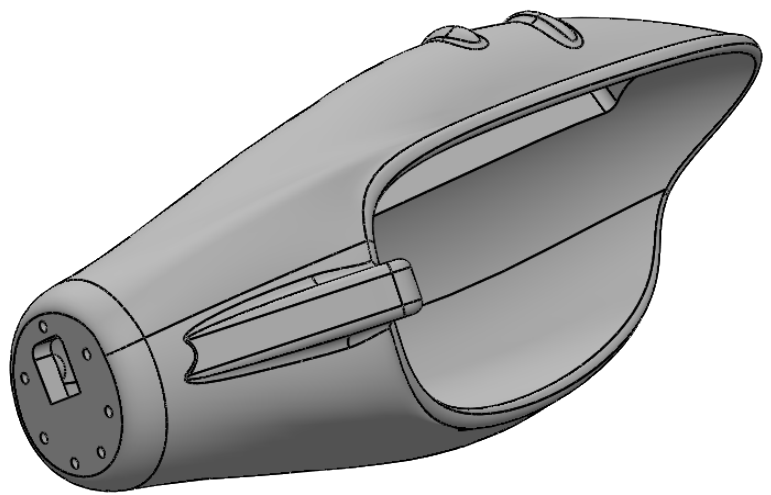
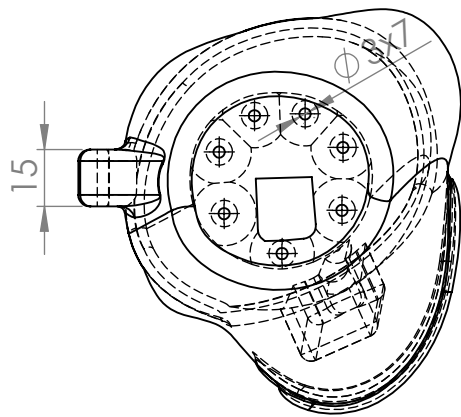
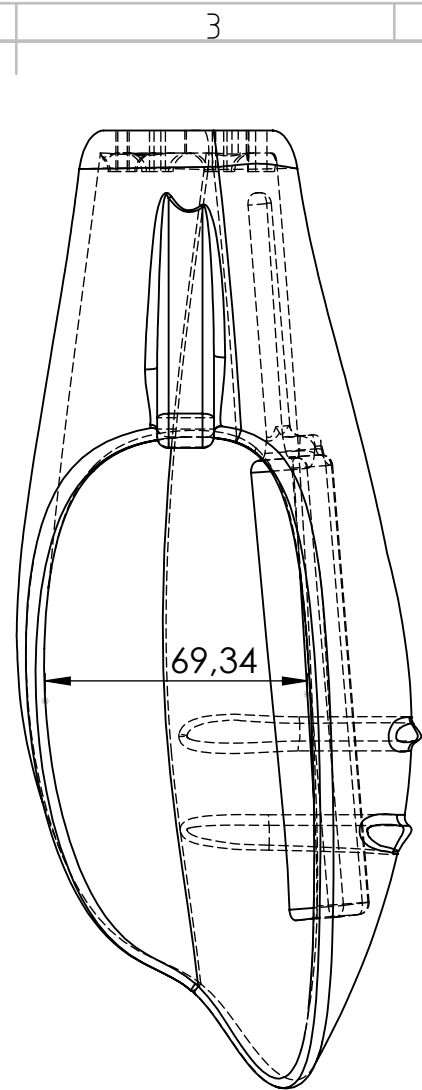
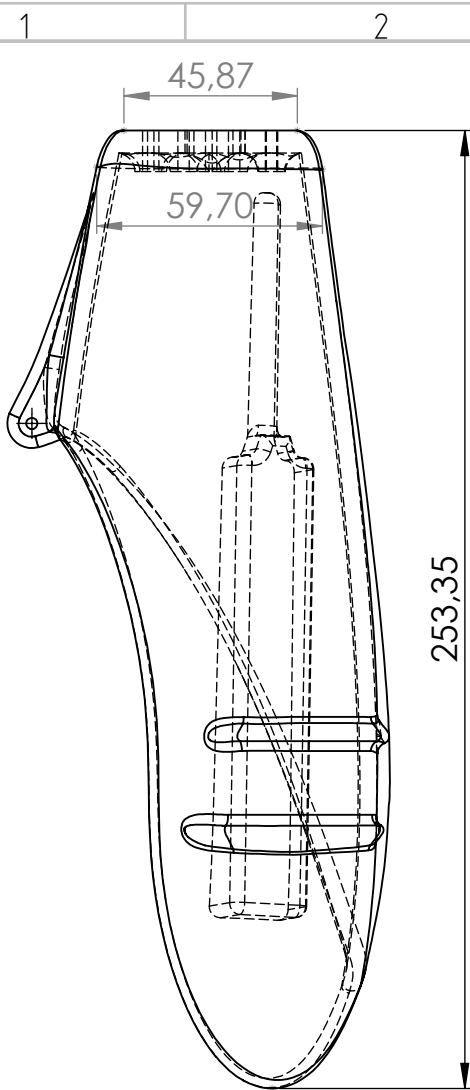


NOMBRE: SERGIO

HOJA:

Titulación: Inq. Diseño Industrial

14



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA  
CAMPUS D'ALCOI  
Dpto. de Ingeniería Gràfica

TÍTULO:  
Cuerpo socket

Revisado por:

Unidad:

1er APELLIDO: MONTOYA

FECHA:

ESCALA:  
1:2

1º APELLIDO: PÉREZ

25/10/2017

Nota:



NOMBRE: SERGIO

HOJA:

Titulación: Inq. Diseño Industrial

15



1

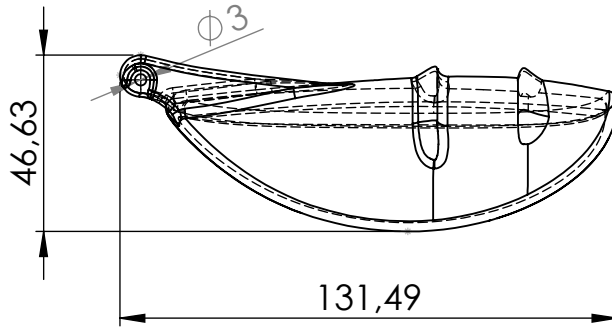
2

3

4

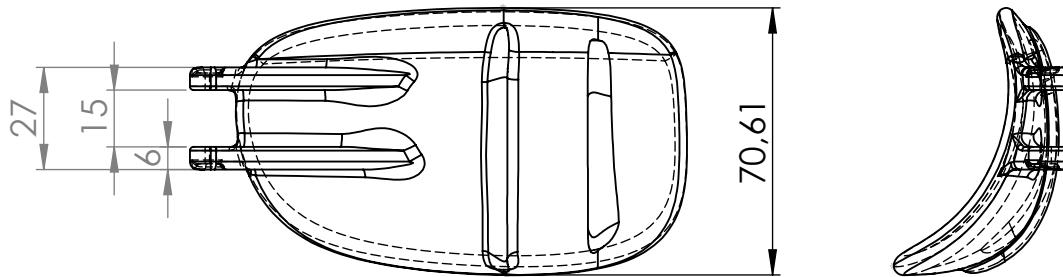
A

A



B

B

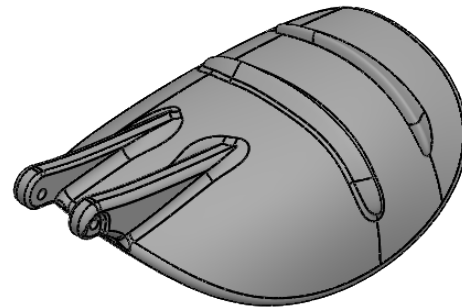


C

C

D

D



E

E

UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA  
CAMPUS D'ALCOI  
Dpto. de Ingeniería Gràfica

TÍTULO:

Aleta socket

Revisado por:

Unidad:

1er APELLIDO: MONTOYA

FECHA:

ESCALA:  
1:2

1º APELLIDO: PÉREZ

25/10/2017

Nota:



NOMBRE: SERGIO

HOJA:

Titulación: Inq. Diseño Industrial

16

1

2

3

4

F

F

1

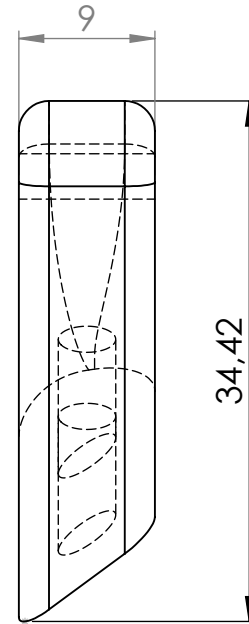
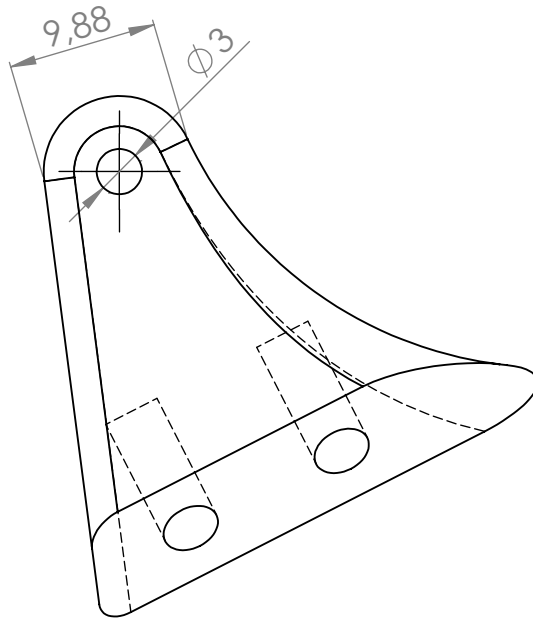
2

3

4

A

A

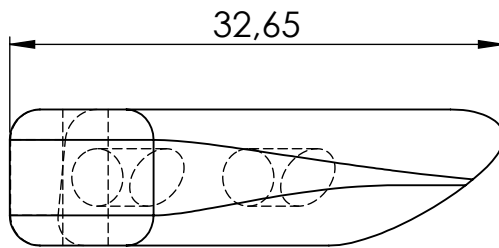


B

B

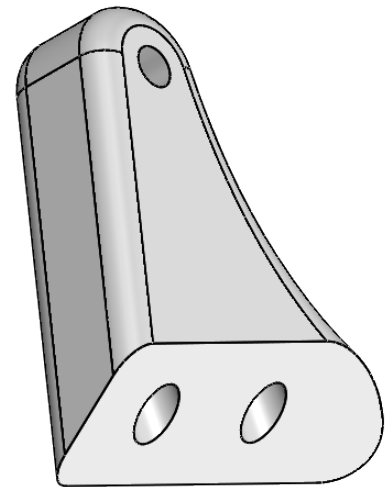
C

C



D

D



E

E

UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA  
CAMPUS D'ALCOI  
Dpto. de Ingeniería Gràfica

TÍTULO:

Soporte pulgar

Revisado por:

Unidad:

1er APELLIDO: MONTOYA

FECHA:

F

F

ESCALA:  
2:1

1º APELLIDO: PÉREZ

25/10/2017

NOMBRE: SERGIO

HOJA:

Nota:



Titulación: Inq. Diseño Industrial

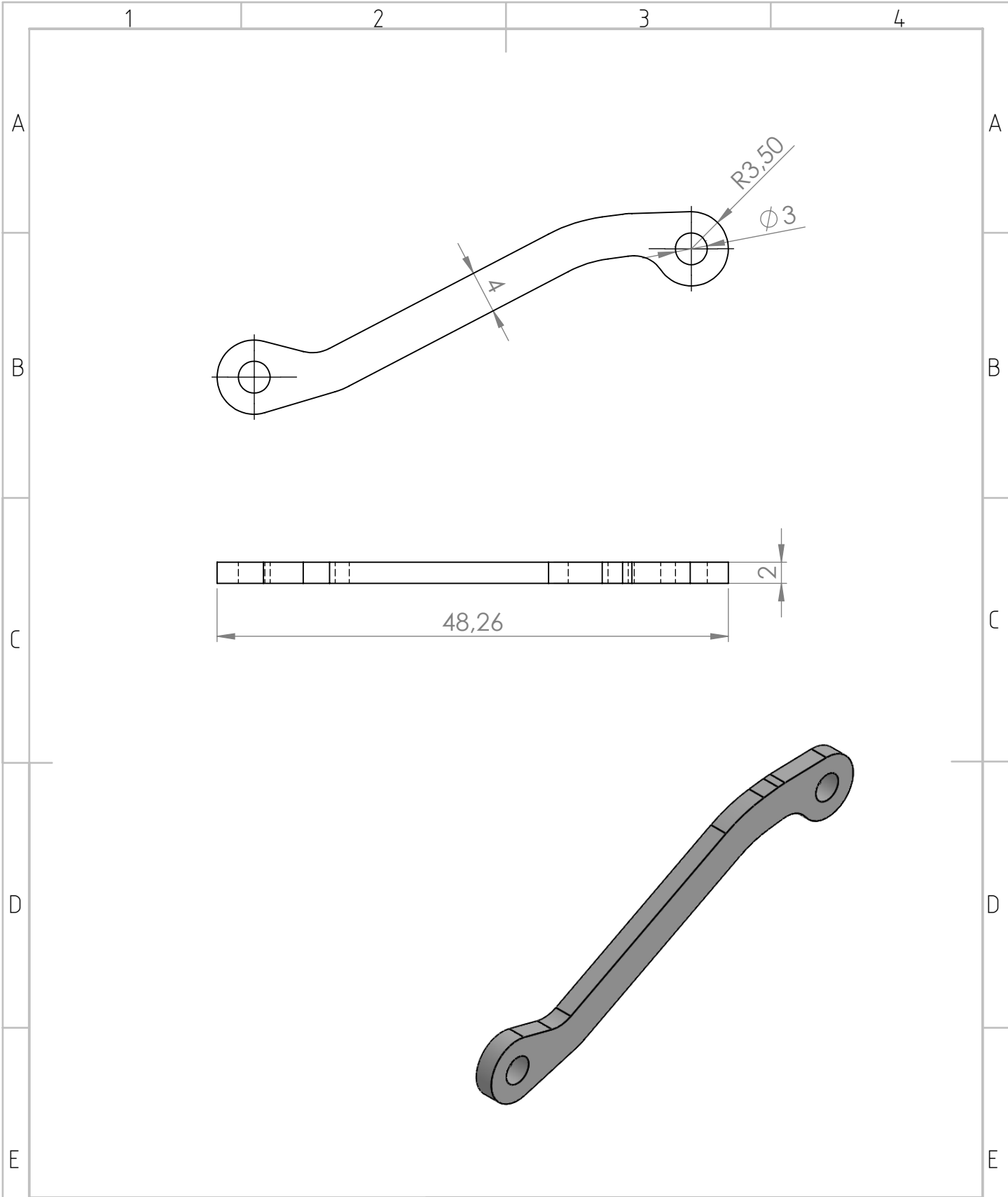
17

1

2

3

4



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA  
CAMPUS D'ALCOI  
Dpto. de Ingeniería Gràfica

TÍTULO:  
Bieleta dedos

Revisado por:

Unidad:

1er APELLIDO: MONTOYA

FECHA:

ESCALA:  
2:1

1º APELLIDO: PÉREZ

25/10/2017

Nota:

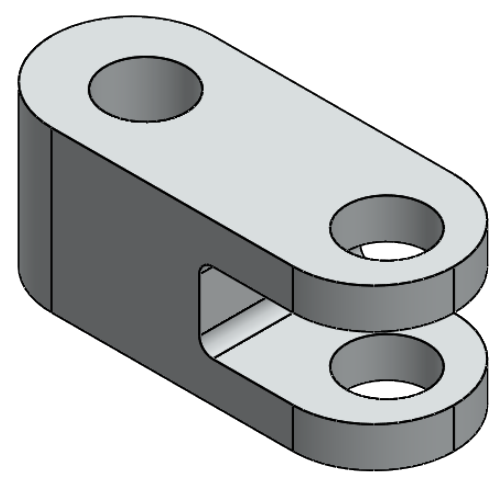
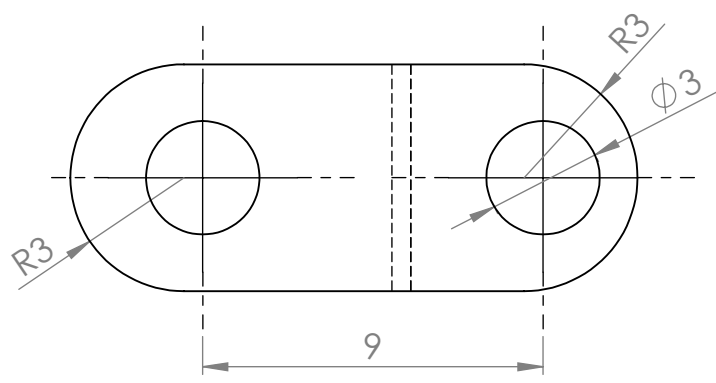
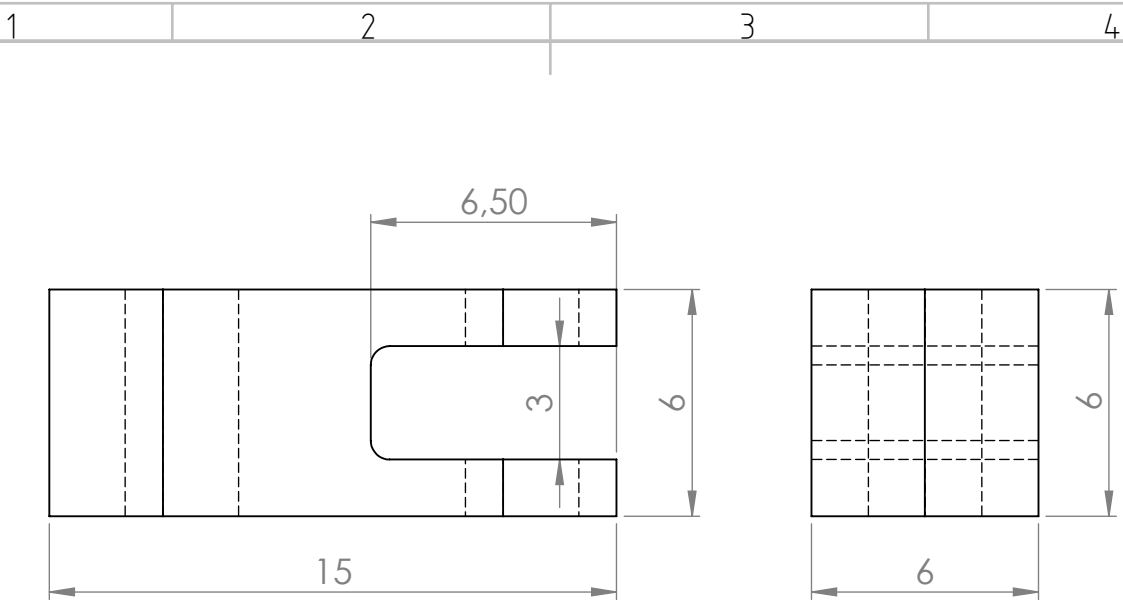


NOMBRE: SERGIO

HOJA:

Titulación: Inq. Diseño Industrial

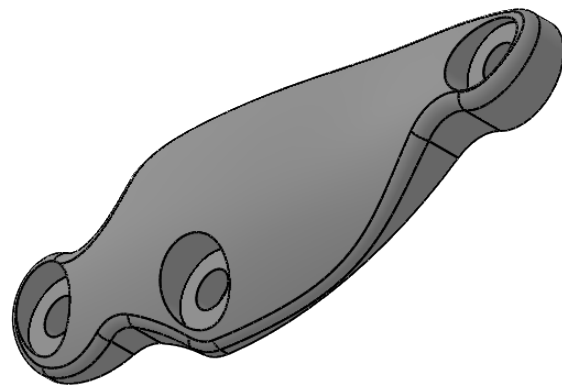
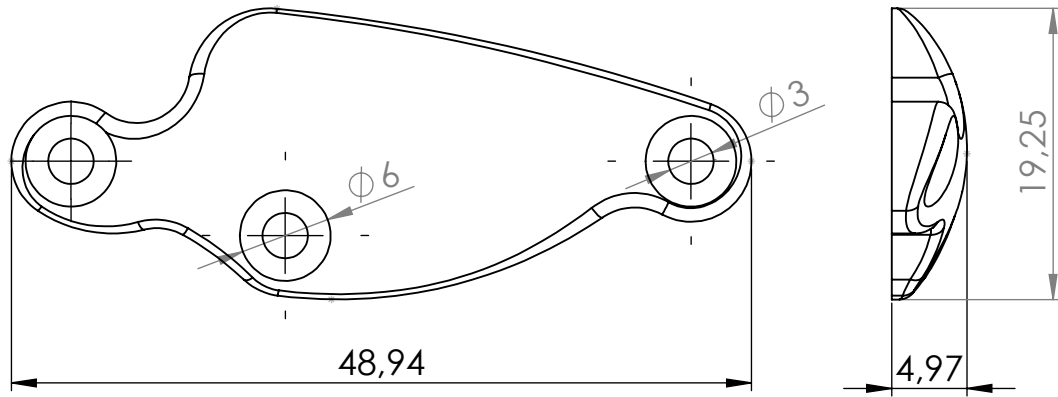
18



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA  
CAMPUS D'ALCOI  
Dpto. de Ingeniería Gràfica

TÍTULO:  
Bieleta motor

Revisado por:	Unidad:	1er APELLIDO: MONTOYA	FECHA: 25/10/2017
	ESCALA: 5:1	1º APELLIDO: PÉREZ	HOJA: 19
Nota:		NOMBRE: SERGIO	
		Titulación: Inq. Diseño Industrial	



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA  
CAMPUS D'ALCOI  
Dpto. de Ingeniería Gràfica

TÍTULO:

Falange proximal derecha

Revisado por:

Unidad:

1er APELLIDO: MONTOYA

FECHA:

ESCALA:  
2:1

1º APELLIDO: PÉREZ

25/10/2017

Nota:

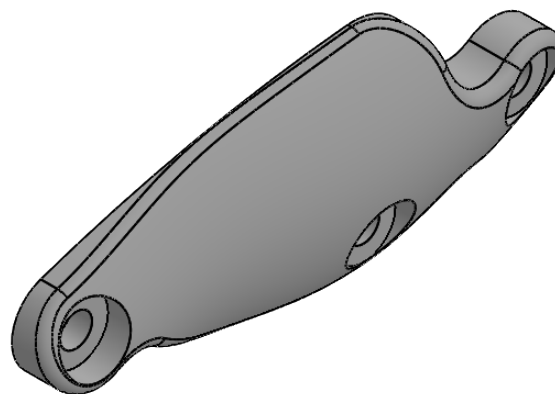
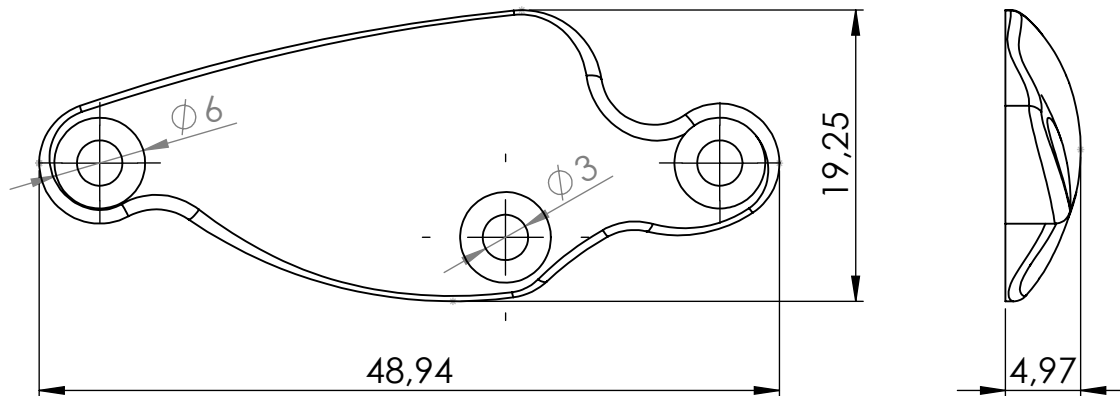


NOMBRE: SERGIO

HOJA:

Titulación: Inq. Diseño Industrial

20



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA  
CAMPUS D'ALCOI  
Dpto. de Ingeniería Gràfica

TÍTULO:

Falange proximal izquierda

Revisado por:

Unidad:

1er APELLIDO: MONTOYA

FECHA:

ESCALA:  
2:1

1º APELLIDO: PÉREZ

25/10/2017

Nota:

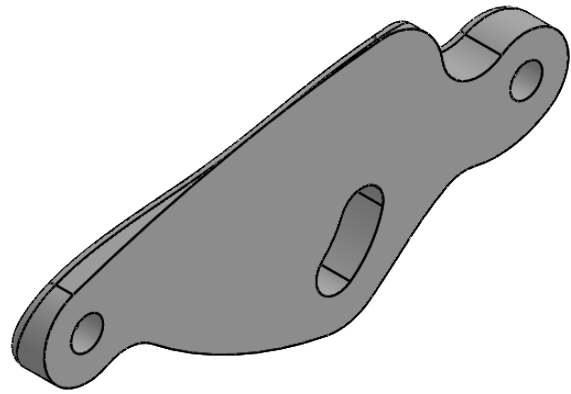
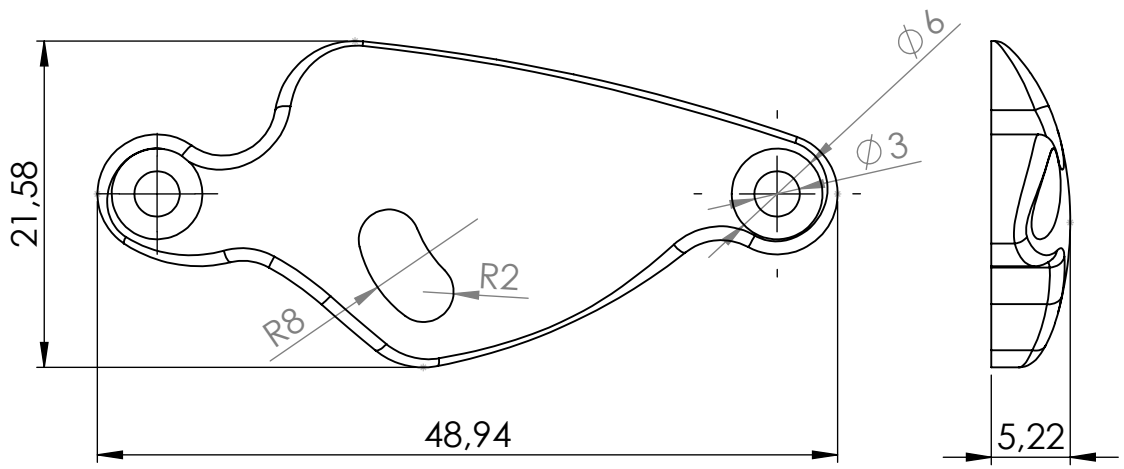


NOMBRE: SERGIO

HOJA:

Titulación: Inq. Diseño Industrial

21



UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA  
CAMPUS D'ALCOI  
Dpto. de Ingeniería Gràfica

TÍTULO:  
Falange proximal meñique derecha

Revisado por:

Unidad:

1er APELLIDO: MONTOYA

FECHA:

ESCALA:  
2:1

1º APELLIDO: PÉREZ

25/10/2017

Nota:

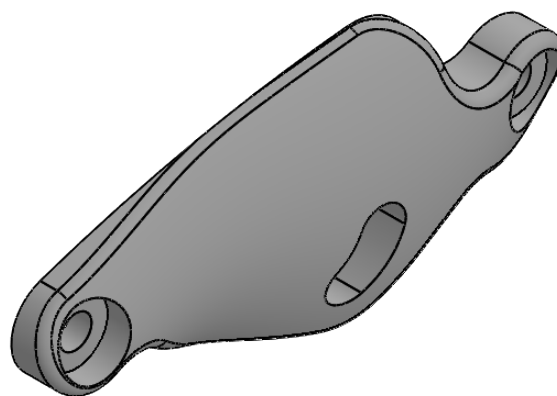
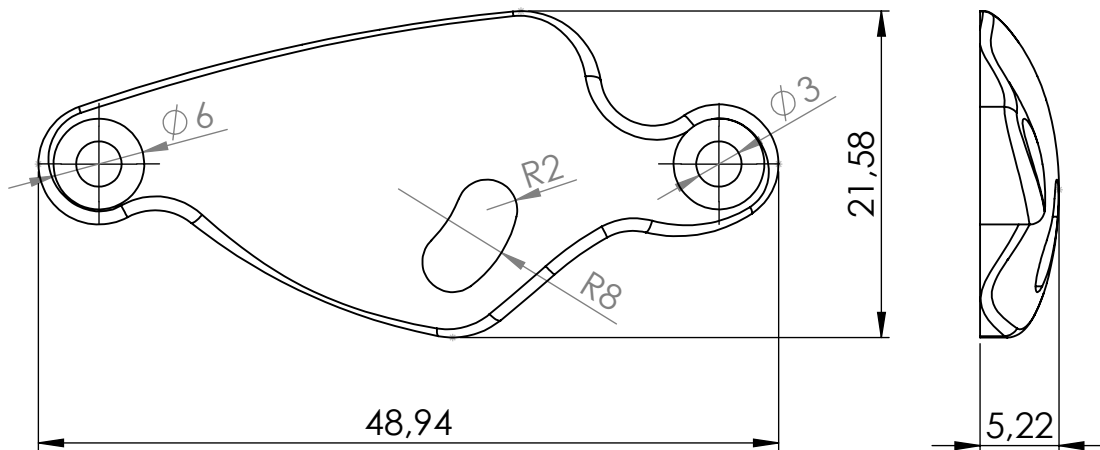


NOMBRE: SERGIO

HOJA:  
22

Titulación: Inq. Diseño Industrial





UNIVERSITAT POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA  
CAMPUS D'ALCOI  
Dpto. de Ingeniería Gràfica

TÍTULO:  
Falange proximal meñique izquierda

Revisado por:

Unidad:

1er APELLIDO: MONTOYA

FECHA:

ESCALA:  
2:1

1º APELLIDO: PÉREZ

25/10/2017

Nota:



NOMBRE: SERGIO

HOJA:  
23

Titulación: Inq. Diseño Industrial

## **12.2- Hojas de datos de componentes**



PQ12 Actual Size

### Benefits

- Compact miniature size
- Precise position feedback
- Limit switches
- Simple control
- Low voltage
- Equal push/pull force
- Easy mounting

### Applications

- Robotics
- Consumer appliances
- Toys
- RC vehicles
- Automotive
- Industrial Automation



## Miniature Linear Motion Series · **PQ12**

Firgelli Technologies' unique line of Miniature Linear Actuators enables a new generation of motion-enabled product designs, with capabilities that have never before been combined in a device of this size. These tiny linear actuators are a superior alternative to designing your own push/pull mechanisms. Their low cost and easy availability make them attractive to hobbyists and OEM designers alike.

The PQ12 actuators are complete, self contained linear motion devices with position feedback for sophisticated position control capabilities, or end of stroke limit switches for simple two position automation. Driving them couldn't be easier, simply apply a DC voltage to extend the actuator, and reverse the polarity to retract it. Several gear ratios and voltage options are available to give you varied speed/force configurations.

### PQ12 Specifications

<u>Gearing Option</u>	<u>30:1</u>	<u>63:1</u>	<u>100:1</u>
Peak Power Point	15N@15mm/s	30N @ 8mm/s	40N @ 6mm/s
Peak Efficiency Point	8N @ 20mm/s	12N@12mm/s	20N @ 8mm/s
Max Speed (no load)	28mm/s	15mm/s	10mm/s
Max Force (lifted)	18N	45N	50N
Max Side Load	5N	10N	10N
Back Drive Force	9N	25N	35N
Stroke	20 mm		
Input Voltage	6 or 12 VDC		
Stall Current	550mA @ 6V, 210mA @ 12V		
Mass	15g		
Operating Temperature	-10°C to +50°C		
Positional Repeatability	±0.1mm		
Mechanical Backlash	0.25 mm		
Audible Noise	55dB @ 45cm		
Ingress Protection	IP-54		
Feedback Potentiometer	5kΩ±50%		
Limit Switches	Max. Current Leakage: 8uA		
Maximum Duty Cycle	20%		

### Basis of Operation

The PQ12 is designed to push or pull a load along its full stroke length. The speed of travel is determined by the load applied(see load curves). When power is removed the actuator will hold its position, unless the applied load exceeds the back drive force. Repeated stalling of the actuator against a fixed load will shorten the life of the actuator. Since application conditions (Environmental, loading, duty cycle, vibration, etc) vary so widely, we advise application specific testing to determine the expected life of the actuator.

### Ordering

Small quantity orders can be placed directly online at [www.firgelli.com](http://www.firgelli.com). Each actuator ships with two mounting brackets, M3 mounting hardware, and one FPC ribbon cable connector. To extend the length of the ribbon cable you can purchase one of our PQ12 cable adapters and extension cable, or solder wires directly to the ribbon cable. Contact [sales@firgelli.com](mailto:sales@firgelli.com) for volume quotes and customization options for OEM's.



#### Firgelli Technologies Inc.

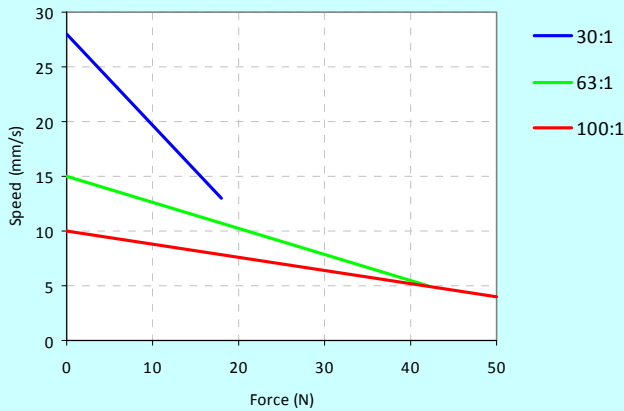
580 Starling Lane  
Victoria, BC, V9E 2A9  
Canada

1 (206) 347-9684 *phone*  
1 (888) 225-9198 *toll-free*  
1 (206) 347-9684 *fax*

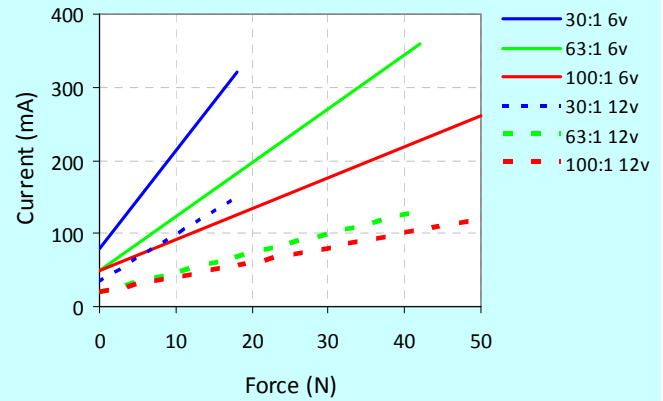
[sales@firgelli.com](mailto:sales@firgelli.com)  
[www.firgelli.com](http://www.firgelli.com)

## PQ12 Specifications

Load Curves



Current Curves



### Model Selection

The PQ12 has 3 configuration choices: Gear Ratio, Voltage and Controller. PQ12 options are identified according to the following scheme:

#### PQ12-GG-VV-C

feature	options
<b>GG:</b> Gear reduction ratio (refer to load curves above)	<b>30, 63, 100</b> (lower ratios are faster but push less force, and vice versa)
<b>VV:</b> Voltage	<b>6, 12</b> (DC volts)
<b>C:</b> Controller	<b>P</b> Potentiometer Feedback <b>S</b> Limit Switches <b>R</b> RC Linear Servo (6V Only)

### PQ12 Controller Options

#### Option S – End of Stroke Limit Switches

WIRING: (see next page for pin numbering)

- 1- Limit Switch Detection (Optional)
- 2- Actuator Motor Power
- 3- Actuator Motor Power
- 4- Not Connected
- 5- Not Connected

The –S actuators have limit switches that will turn off power to the motor when the actuator reaches within 1mm of the end of stroke. Internal diodes allow the actuator to reverse away from the limit switch. The limit switches cannot be moved. While voltage is applied to the motor power pins (2 & 3) the actuator extends. Reverse the polarity and the actuator retracts. This can be accomplished manually with a DPDT switch or relay, or using an H-Bridge circuit. The –S model cannot be used with the LAC control board. Pin #1 can be used to sense when the actuator has reached the end limits. See our FAQ page for a simple schematic to light an LED when the limits are reached.

All the information provided on this datasheet is for information purposes only and is subject to change. Purchase and use of all Firgelli Actuators is subject to acceptance of our Terms and Conditions of sale as posted here: <http://store.firgelli.com/terms.asp>

#### Option P – Potentiometer Position Feedback

WIRING: (see next page for pin numbering)

- 1 – Feedback Potentiometer negative reference rail
- 2 – Actuator Motor Power
- 3 – Actuator Motor Power
- 4 – Feedback Potentiometer positive reference rail
- 5 – Feedback Potentiometer wiper

The –P actuators have no built in controller, but do provide analog position feedback. While voltage is applied to the motor power pins (2 & 3) the actuator extends. Reverse the polarity and the actuator retracts. Position of the actuator stroke can be monitored using the internal linear potentiometer. Provide any stable low and high reference voltage on pins 1 & 4, then read the position signal on pin 5. The voltage on pin 5 will vary linearly between the two reference voltages in proportion to the position of the actuator stroke. Connect to an LAC board for easy interface with any of the following control signals: Analog 0-5V or 4-20mA, or Digital 0-5V PWM, 1-2ms Standard RC, or USB.

#### Option R – RC Linear Servo

WIRING: (see last page for pin numbering)

- 1 - RC input signal (RC-servo compatible)
- 2 - Power (+6 VDC)
- 3 - Ground

*Note: Reversing polarity on pins 2 and 3 may cause damage*

–R actuators are ideally suited to use in robotics and radio control models. The –R actuators or ‘linear servos’ are a direct replacement for regular radio controlled hobby servos. The desired actuator position is input to the actuator on lead 1 as a positive 5 Volt pulse width signal. A 2.0 ms pulse commands the controller to fully retract the actuator, and a 1.0 ms pulse signals it to fully extend. If the motion of the actuator, or of other servos in your system, seems erratic, place a 1–4Ω resistor in series with the actuator’s red V+ lead wire. The PQ12–R Linear Servos are designed to work with typical RC receivers and battery packs. Consequently they also are compatible with Arduino control boards, VEX Microcontrollers and many other similar boards designed for robotics.



Firgelli Technologies Inc.

580 Starling Lane  
Victoria, BC, V9E 2A9  
Canada

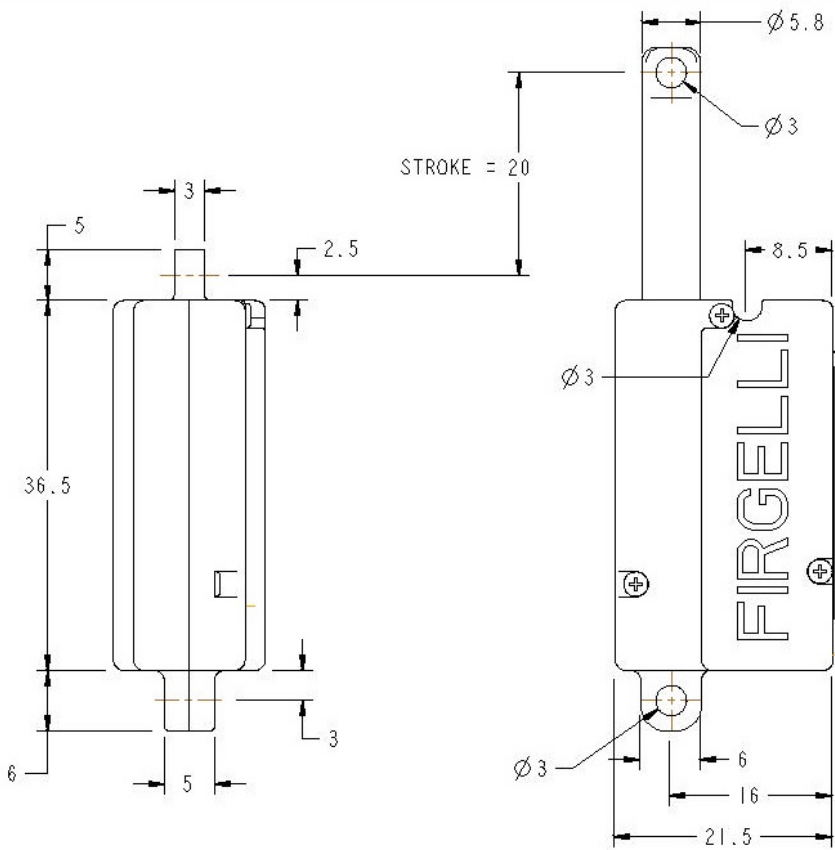
1 (206) 347-9684 phone

1 (888) 225-9198 toll-free

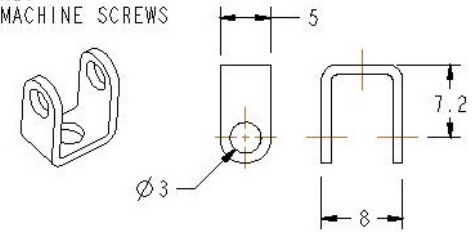
1 (206) 347-9684 fax

sales@firgelli.com

www.firgelli.com



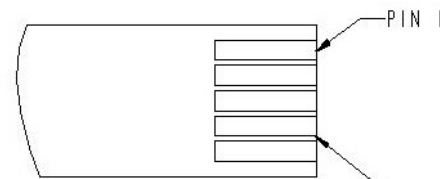
MOUNTING BRACKET  
HOLES FOR M3 MACHINE SCREWS



WIRING (PIN CONNECTIONS):

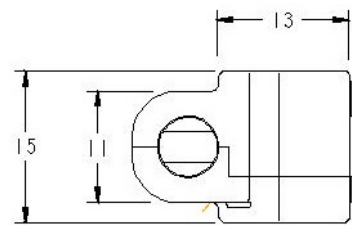
PQ12 -P OPTION  
 PIN 1 - POTENTIOMETER REFERENCE  
 PIN 2 - ACTUATOR POWER  
 PIN 3 - ACTUATOR POWER  
 PIN 4 - POTENTIOMETER REFERENCE  
 PIN 5 - POTENTIOMETER WIPER

PQ12 -S OPTION  
 PIN 1 - LIMIT DETECTION (OPTIONAL)  
 PIN 2 - ACTUATOR POWER  
 PIN 3 - ACTUATOR POWER  
 PIN 4 - NOT CONNECTED  
 PIN 5 - NOT CONNECTED



DETAIL A  
SCALE 5:1

1 MM PITCH 5 POS FPC/FFC TERMINALS  
 EXAMPLE MATING CONNECTOR:  
 FCI #HLW5R-2C7LF



FLEX.PCB  
LENGTH=120mm

SEE DETAIL A

PQ12 ACTUATOR  
DIMENSIONS

ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS

Copyright 2015 © Firgelli Technologies Inc.



**Firgelli Technologies Inc.**

580 Starling Lane  
 Victoria, BC, V9E 2A9  
 Canada

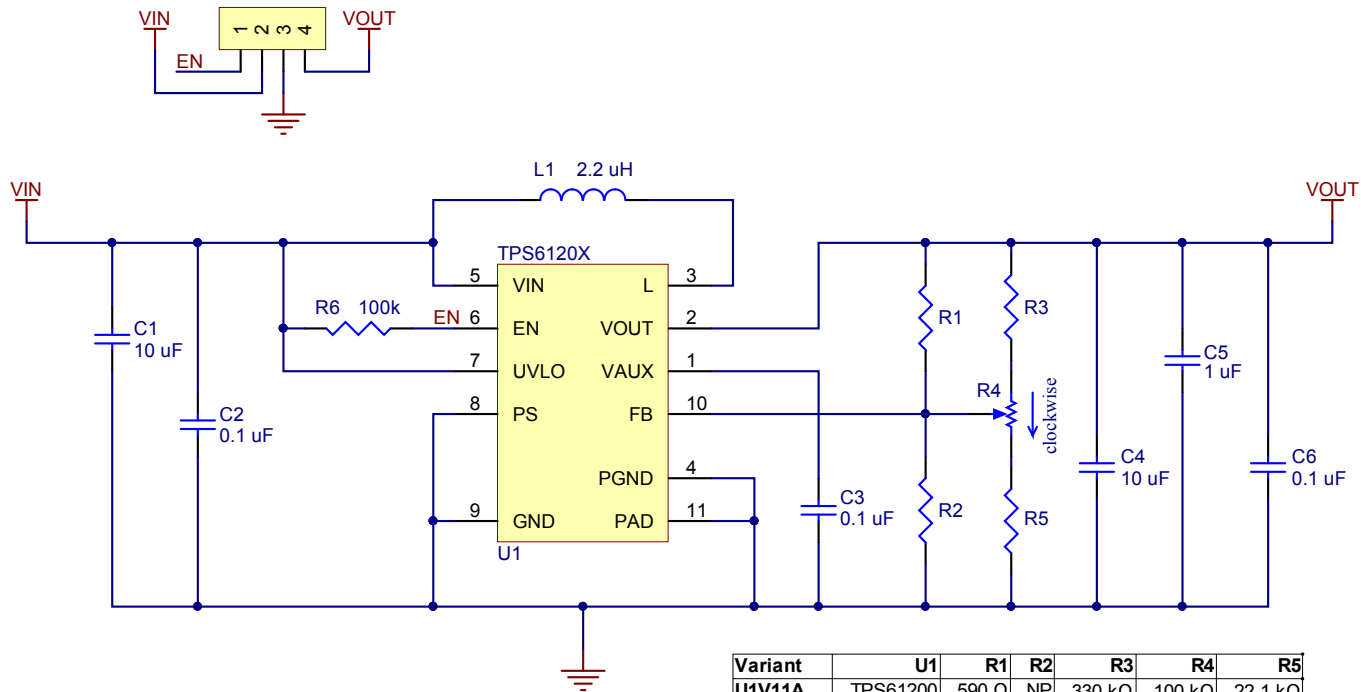
1 (206) 347-9684 phone  
 1 (888) 225-9198 toll-free  
 1 (206) 347-9684 fax

sales@firgelli.com  
 www.firgelli.com

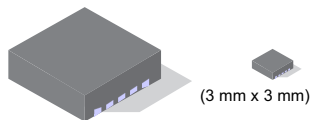
All data provided on this sheet is for information purposes only and is subject to change. Purchase and use of all Firgelli Actuators is subject to acceptance of our Terms and Conditions of sale as posted here: <http://store.firgelli.com/terms.asp>

# Step-Up Voltage Regulator U1V11x

©2014 Pololu Corporation  
www.pololu.com



Variant	U1	R1	R2	R3	R4	R5
U1V11A	TPS61200	590 Ω	NP	330 kΩ	100 kΩ	22.1 kΩ
U1V11F3	TPS61201	0 Ω	NP	NP	NP	NP
U1V11F5	TPS61202	0 Ω	NP	NP	NP	NP



## LOW INPUT VOLTAGE SYNCHRONOUS BOOST CONVERTER WITH 1.3-A SWITCHES

Check for Samples: [TPS61200](#), [TPS61201](#), [TPS61202](#)

### FEATURES

- **More than 90% Efficiency at**
  - 300 mA Output Current at 3.3 V ( $V_{IN} \geq 2.4$  V)
  - 600 mA Output Current at 5 V ( $V_{IN} \geq 3$  V)
- **Automatic Transition between Boost Mode and Down Conversion Mode**
- **Device Quiescent Current less than 55  $\mu$ A**
- **Startup into Full Load at 0.5 V Input Voltage**
- **Operating Input Voltage Range from 0.3 V to 5.5 V**
- **Programmable Undervoltage Lockout Threshold**
- **Output Short Circuit Protection Under all Operating Conditions**
- **Fixed and Adjustable Output Voltage Options from 1.8 V to 5.5 V**

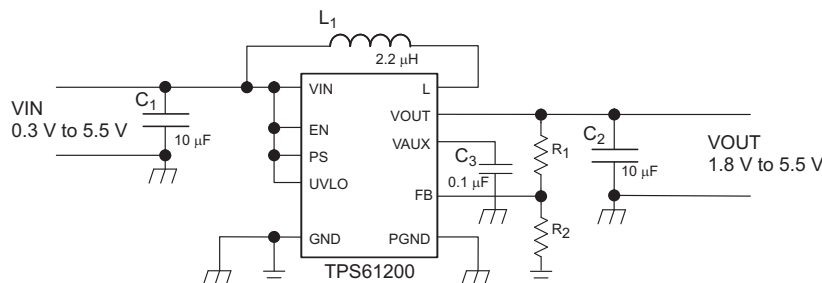
- **Power Save Mode for Improved Efficiency at Low Output Power**
- **Forced fixed Frequency Operation possible**
- **Load Disconnect During Shutdown**
- **Overtemperature Protection**
- **Small 3 mm x 3 mm SON-10 Package**

### APPLICATIONS

- **All Single-Cell, Two-Cell and Three-Cell Alkaline, NiCd or NiMH or Single-Cell Li Battery Powered Products**
- **Fuel Cell And Solar Cell Powered Products**
- **Portable Audio Players**
- **PDA's**
- **Cellular Phones**
- **Personal Medical Products**
- **White LED Driver**

### DESCRIPTION

The TPS6120x devices provide a power supply solution for products powered by either a single-cell, two-cell, or three-cell alkaline, NiCd or NiMH, or one-cell Li-Ion or Li-polymer battery. It is also used in fuel cell or solar cell powered devices where the capability of handling low input voltages is essential. Possible output currents depend on the input to output voltage ratio. The devices provide output currents of up to 600 mA at a 5-V output, while using a single-cell Li-Ion or Li-Polymer battery and discharges it down to 2.6 V. The boost converter is based on a fixed frequency, pulse-width-modulation (PWM) controller using synchronous rectification to obtain maximum efficiency. At low load currents, the converter enters the Power Save mode to maintain a high efficiency over a wide load current range. The Power Save mode can be disabled, forcing the converter to operate at a fixed switching frequency. The average input current is limited to a maximum value of 1500 mA. The output voltage is programmed by an external resistor divider, or is fixed internally on the chip. The converter can be disabled to minimize battery drain. During shutdown, the load is completely disconnected from the battery. The device is packaged in a 10-pin SON package measuring 3 mm x 3 mm.



Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.





These devices have limited built-in ESD protection. The leads should be shorted together or the device placed in conductive foam during storage or handling to prevent electrostatic damage to the MOS gates.

### AVAILABLE DEVICE OPTIONS<sup>(1)</sup>

T <sub>A</sub>	OUTPUT VOLTAGE	PACKAGE MARKING	PACKAGE <sup>(2)</sup>	PART NUMBER <sup>(3)</sup>
–40°C to 85°C	Adjustable	BRR	10-Pin SON, 1 mm height	TPS61200DRC
	3.3 V	BRS		TPS61201DRC
	5 V	BRT		TPS61202DRC
	5 V	CER	10-Pin SON, 0.8 mm height	TPS61202DSC

- (1) Contact the factory to check availability of other fixed output voltage versions.
- (2) For the most current package and ordering information, see the Package Option Addendum at the end of this document, or see the TI website at [www.ti.com](http://www.ti.com).
- (3) The DRC and the DSC package are available taped and reeled. Add R suffix to device type (e.g., TPS61200DRCR or TPS61202DSCR) to order quantities of 3000 devices per reel. It is also available in minireels. Add a T suffix to the device type (i.e. TPS61200DRCT or TPS61202DSCT) to order quantities of 250 devices per reel.

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

over operating free-air temperature range (unless otherwise noted)<sup>(1)</sup>

		TPS6120x	UNIT
V <sub>IN</sub>	Input voltage range on VIN, L, VAUX, VOUT, PS, EN, FB, UVLO	– 0.3 to 7	V
T <sub>J</sub>	Operating junction temperature range	–40 to 150	°C
T <sub>stg</sub>	Storage temperature range	–65 to 150	°C
ESD	Human Body Model (HBM) <sup>(2)</sup>	4	kV
	Machine Model (MM) <sup>(2)</sup>	200	V
	Charged Device Model (CDM) <sup>(2)</sup>	1.5	kV

- (1) Stresses beyond those listed under *Absolute Maximum Ratings* may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under *Recommended Operating Conditions* is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.
- (2) ESD testing is performed according to the respective JEDEC standard.

### THERMAL INFORMATION

THERMAL METRIC <sup>(1)</sup>		DRC	DSC	UNITS
		10 PINS	10 PINS	
θ <sub>JA</sub>	Junction-to-ambient thermal resistance	41.2	40.4	°C/W
θ <sub>JCtop</sub>	Junction-to-case (top) thermal resistance	62.8	37.8	
θ <sub>JB</sub>	Junction-to-board thermal resistance	16.6	15.4	
ψ <sub>JT</sub>	Junction-to-top characterization parameter	1.2	0.3	
ψ <sub>JB</sub>	Junction-to-board characterization parameter	16.8	15.6	
θ <sub>JCbot</sub>	Junction-to-case (bottom) thermal resistance	4.1	2.8	

- (1) For more information about traditional and new thermal metrics, see the *IC Package Thermal Metrics* application report, [SPRA953](http://www.ti.com/lit/zip/Spra953).

### RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

		MIN	NOM	MAX	UNIT
V <sub>IN</sub>	Input voltage at VIN	0.3		5.5	V
T <sub>A</sub>	Operating free air temperature range	–40		85	°C
T <sub>J</sub>	Operating junction temperature range	–40		125	°C

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

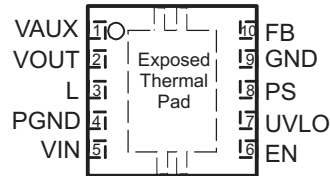
over recommended free-air temperature range and over recommended input voltage range (typical at an ambient temperature range of 25°C) (unless otherwise noted)

DC/DC STAGE							
PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT	
$V_{IN}$	Input voltage range		0.3		5.5	V	
$V_{IN}$	Minimum input voltage at startup				0.5	V	
$V_{OUT}$	TPS61200 output voltage range		1.8		5.5	V	
$V_{FB}$	TPS61200 feedback voltage		495	500	505	mV	
$V_{OUT}$	TPS61201 output voltage	$V_{IN} < V_{OUT}$ , PS = High	3.27	3.3	3.33	V	
$V_{OUT}$	TPS61202 output voltage	$V_{IN} < V_{OUT}$ , PS = High	4.95	5.0	5.05	V	
f	Oscillator frequency		1250		1650	kHz	
$I_{LIM}$	average inductor current limit	$V_{OUT} = 3.3$ V	1200	1350	1500	mA	
$R_{DS(on)}$	Rectifying switch on resistance	$V_{OUT} = 3.3$ V		180		mΩ	
$R_{DS(on)}$	Main switch on resistance	$V_{OUT} = 3.3$ V		150		mΩ	
	Line regulation	$V_{IN} < V_{OUT}$ , PS = High		0.1%	0.5%		
	Load regulation	$V_{IN} < V_{OUT}$ , PS = High		0.1%	0.5%		
$I_Q$	Quiescent current	$V_{IN}$	$I_O = 0$ mA, $V_{EN} = V_{IN} = 1.2$ V, $V_{OUT} = 3.3$ V, $V_{AUX} = 3.3$ V PS = Low		1	2	μA
		$V_{OUT}$			50	70	μA
		$V_{AUX}$			4	6	μA
$I_{SD}$	Shutdown current	$V_{IN}$	$V_{EN} = 0$ V, $V_{IN} = 1.2$ V		0.5	1.5	μA
		$V_{AUX}$			1	2	μA
$I_{LKG}$	Input leakage current ( L )	$V_{EN} = 0$ V, $V_{IN} = 1.2$ V, $V_L = 1.2$ V		0.01	1	μA	

CONTROL STAGE						
PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
$V_{AUX}$	Auxiliary Output Voltage		2.4		5.5	V
$V_{IL}$	Low level input threshold voltage (EN)	$V_{IN} < 0.8$ V			$0.1 \times V_{IN}$	V
$V_{IH}$	High level input threshold voltage (EN)	$V_{IN} < 0.8$ V	$0.9 \times V_{IN}$			V
$V_{IL}$	Low level input threshold voltage (EN)	$0.8$ V $\leq V_{IN} \leq 1.5$ V			$0.2 \times V_{IN}$	V
$V_{IH}$	High level input threshold voltage (EN)	$0.8$ V $\leq V_{IN} \leq 1.5$ V	$0.8 \times V_{IN}$			V
$V_{IL}$	Low level input threshold voltage (EN)	$V_{IN} > 1.5$ V			0.4	V
$V_{IH}$	High level input threshold voltage (EN)	$V_{IN} > 1.5$ V	1.2			V
$V_{IL}$	Low level input threshold voltage (PS)				0.4	V
$V_{IH}$	High level input threshold voltage (PS)		1.2			V
$I_{LKG}$	Input leakage current (EN, PS)	EN, PS = GND or $V_{IN}$		0.01	0.1	μA
$V_{UVLO}$	Undervoltage lockout threshold	Falling UVLO voltage	235	250	265	mV
$V_{UVLO}$	Undervoltage lockout threshold	Rising UVLO voltage	330	350	370	mV
$I_{LKG}$	Input leakage current (UVLO)	$V_{UVLO} = 0.5$ V			0.3	μA
$V_{OVP}$	Overvoltage protection threshold		5.5		7	V
	Thermal shutdown temperature	Rising temperature		140		°C
	Thermal shutdown temperature hysteresis			20		°C

## PIN ASSIGNMENTS

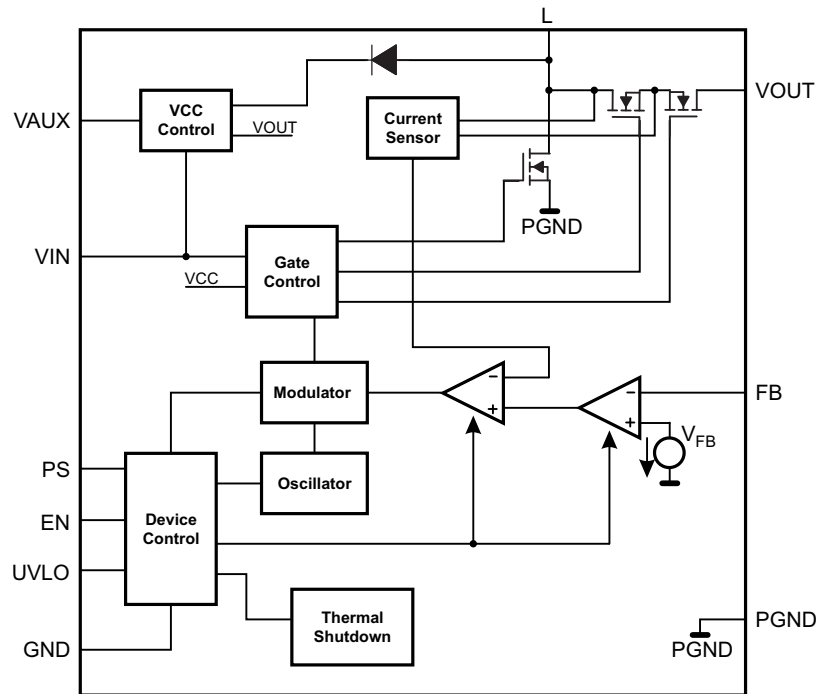
### DSC and DRC PACKAGE (TOP VIEW)



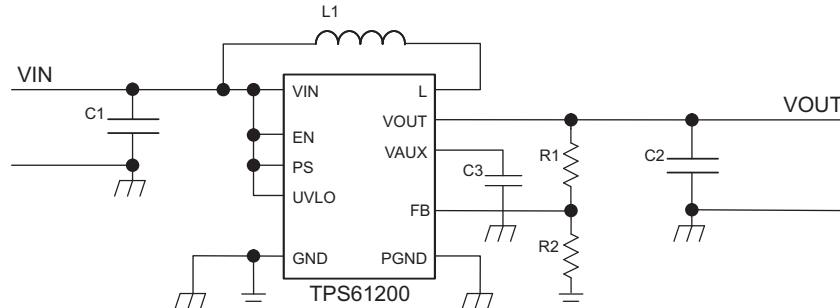
### Terminal Functions

TERMINAL		I/O	DESCRIPTION
NAME	NO.		
EN	6	I	Enable input (High = enabled, Low = disabled). Do not leave floating.
FB	10	I	Voltage feedback of adjustable versions, must be connected to $V_{OUT}$ at fixed output voltage versions
GND	9		Control / logic ground
PS	8	I	Enable/disable Power Save mode (High = disabled, Low = enabled). Do not leave floating.
L	3	I	Connection for Inductor
UVLO	7	I	Undervoltage lockout comparator input. Must be connected to VAUX if not used
PGND	4		Power ground
VIN	5	I	Boost converter input voltage
VOUT	2	O	Boost converter output
VAUX	1	I/O	Supply voltage for control stage
Exposed thermal pad			Must be soldered to achieve appropriate power dissipation and mechanical reliability. Should be connected to PGND.

**FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM (TPS61200)**



**PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION**



**Table 1. List of Components:**

COMPONENT REFERENCE	PART NUMBER	MANUFACTURER	VALUE
C1		any	10 $\mu$ F, X7R Ceramic
C2		any	2 x 10 $\mu$ F, X7R Ceramic
C3		any	1 $\mu$ F, X7R, Ceramic
L1	LPS3015-222ML	Coilcraft	2.2 $\mu$ H

## Table of Graphs

		FIGURE
Maximum output current	vs Input voltage	1
Efficiency	vs Output current (TPS61200), Power Save Enabled	2
	vs Output current (TPS61200), Power Save Disabled	3
	vs Output current (TPS61201), Power Save Enabled	4
	vs Output current (TPS61201), Power Save Disabled	5
	vs Output current (TPS61202), Power Save Enabled	6
	vs Output current (TPS61202), Power Save Disabled	7
	vs Input voltage (TPS61201), Power Save Enabled	8
	vs Input voltage (TPS61201), Power Save Disabled	9
	vs Input voltage (TPS61202), Power Save Enabled	10
	vs Input voltage (TPS61202), Power Save Disabled	11
	Output voltage	vs Output current (TPS61201)
vs Output current (TPS61202)		13
Waveforms	Output Voltage TPS61201, Power Save Mode Disabled	14
	Output Voltage TPS61202, Power Save Mode Disabled	15
	Output Voltage TPS61201, Power Save Mode Enabled	16
	Output Voltage TPS61202, Power Save Mode Enabled	17
	TPS61201 Load Transient Response	18
	TPS61202 Load Transient Response	19
	TPS61201 Line Transient Response	20
	TPS61202 Line Transient Response	21
	TPS61201 Startup after Enable	22
	TPS61202 Startup after Enable	23

TYPICAL CHARACTERISTICS

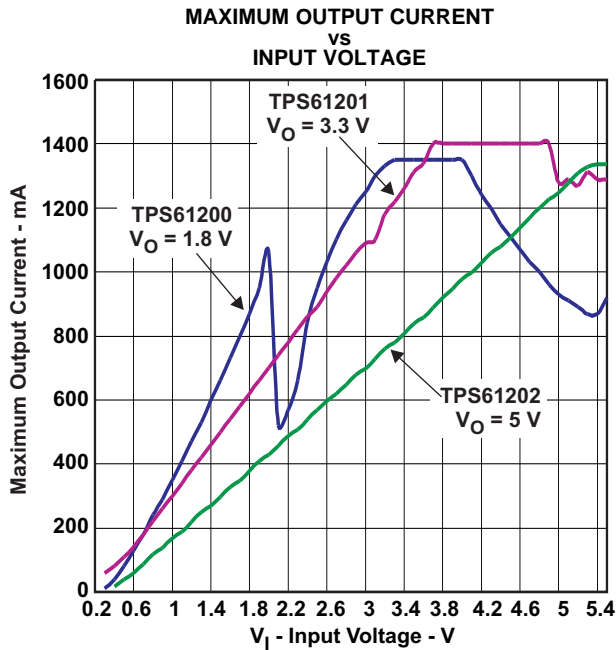


Figure 1.

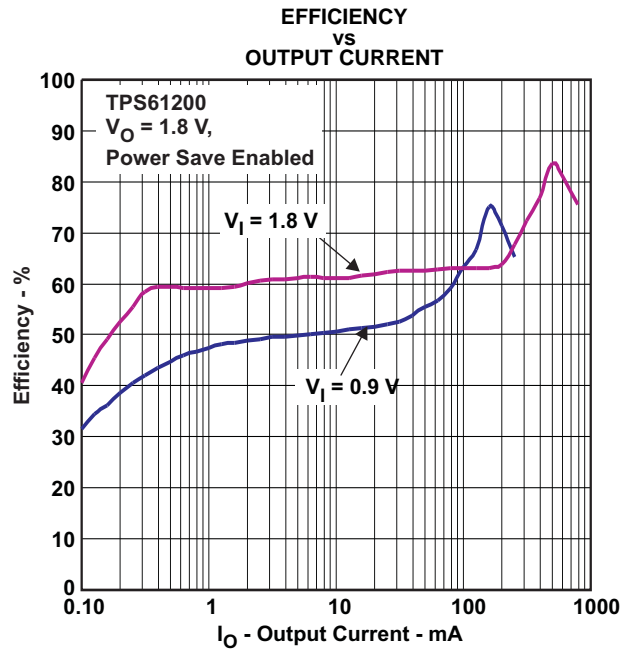


Figure 2.

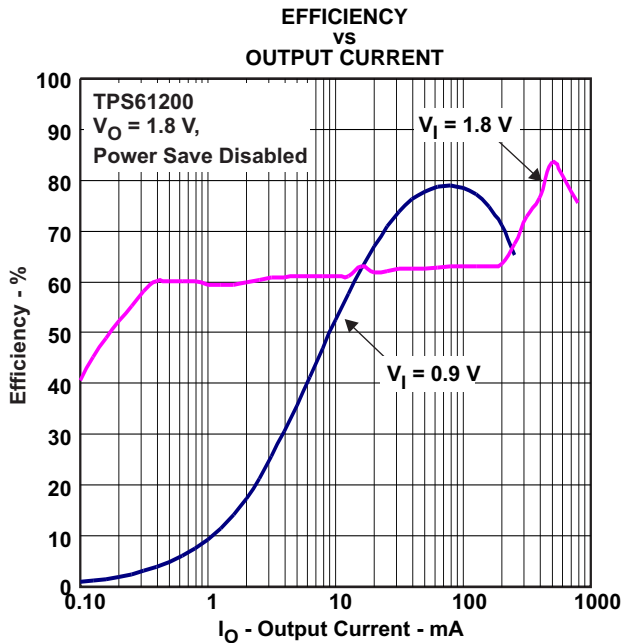


Figure 3.

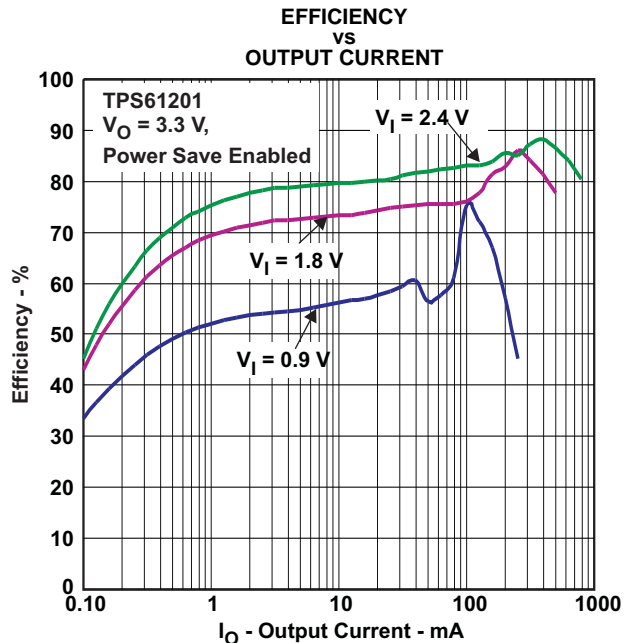


Figure 4.

**TYPICAL CHARACTERISTICS (continued)**

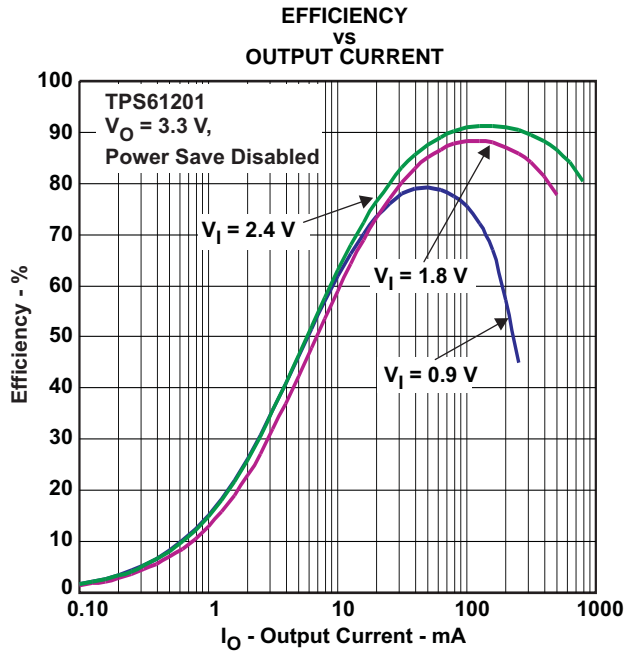


Figure 5.

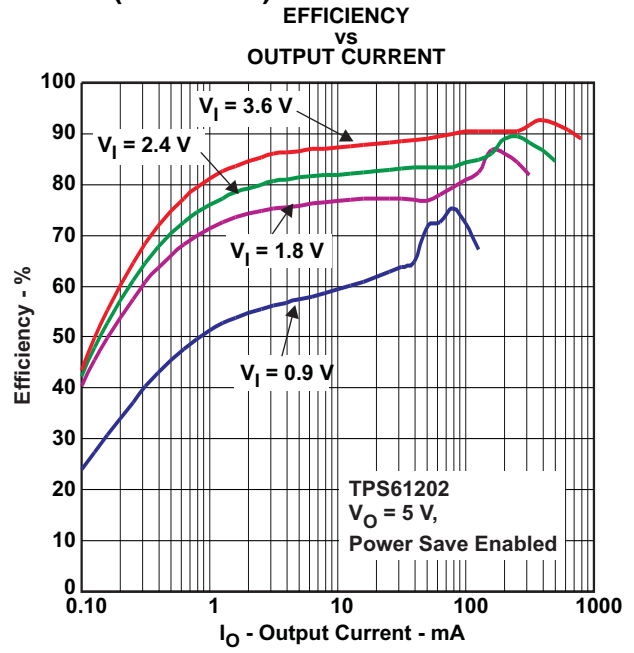


Figure 6.

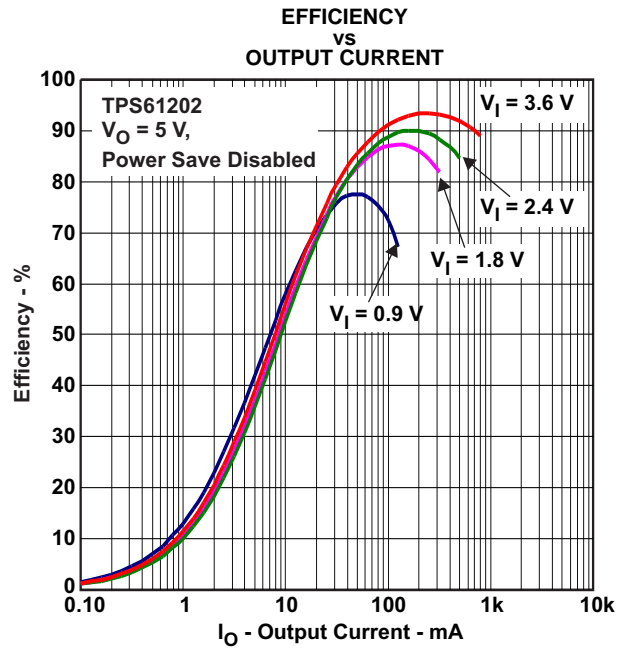


Figure 7.

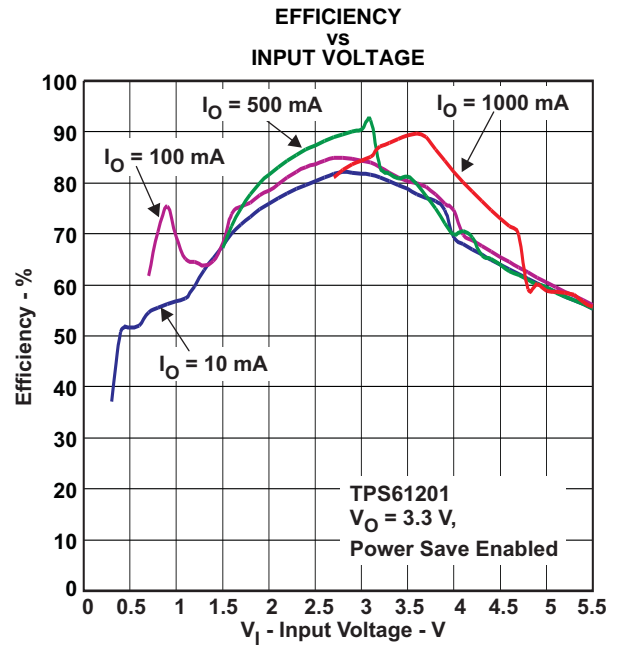


Figure 8.



TYPICAL CHARACTERISTICS (continued)

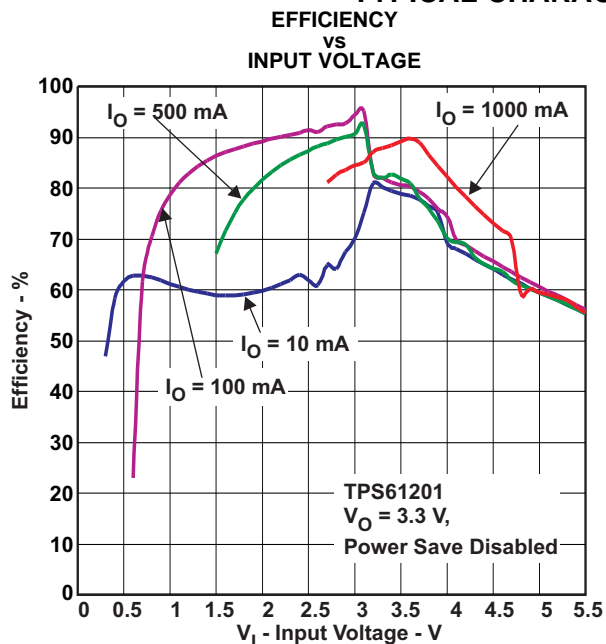


Figure 9.

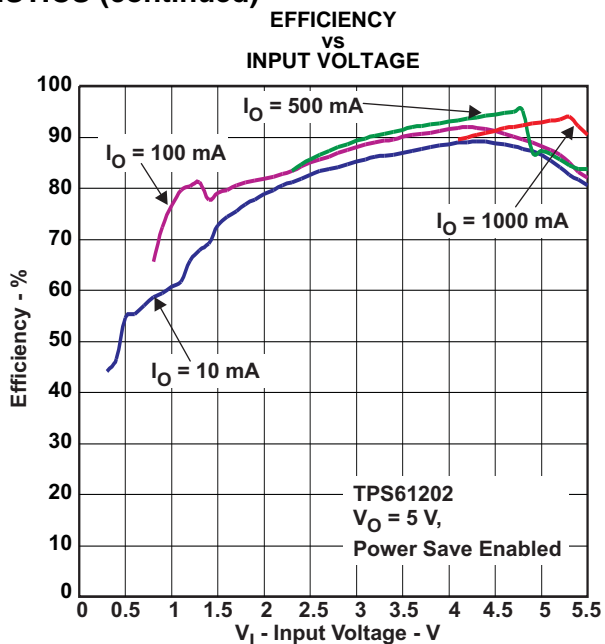


Figure 10.

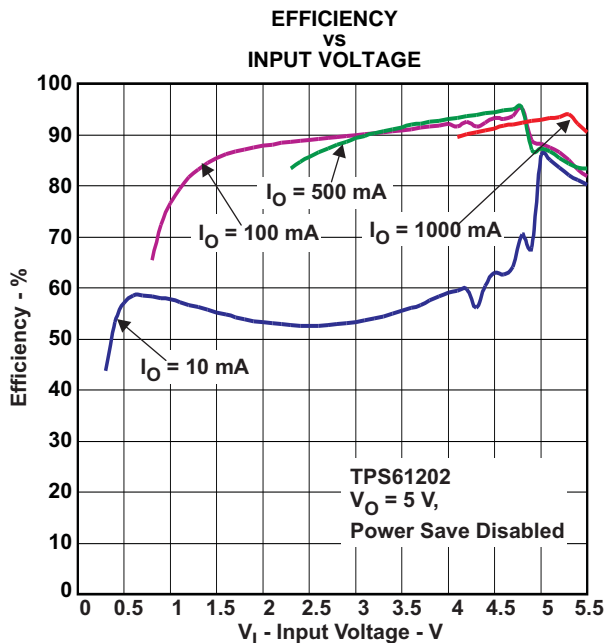


Figure 11.

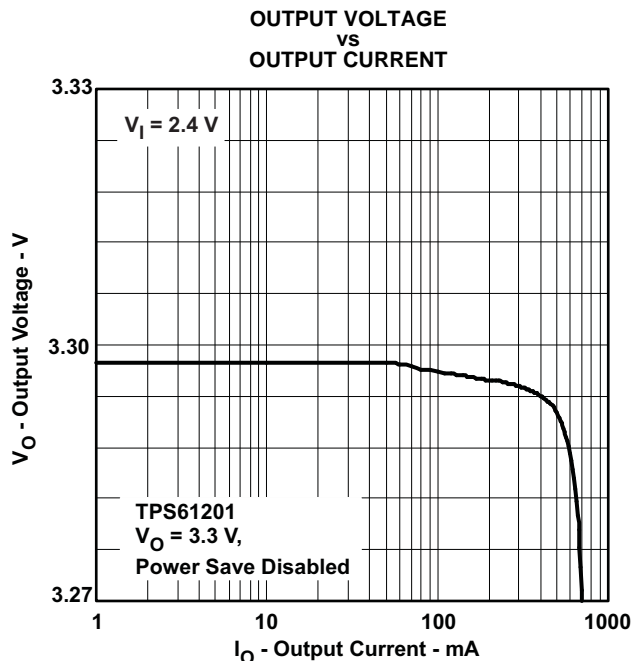


Figure 12.

**TYPICAL CHARACTERISTICS (continued)**

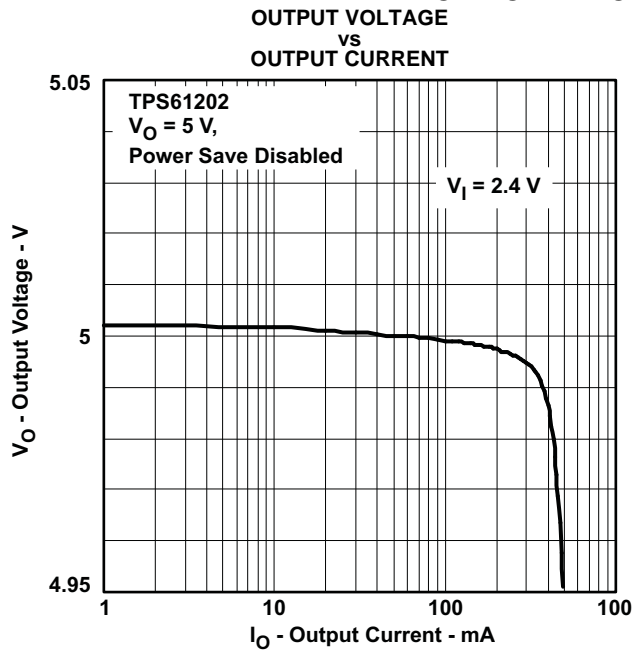


Figure 13.

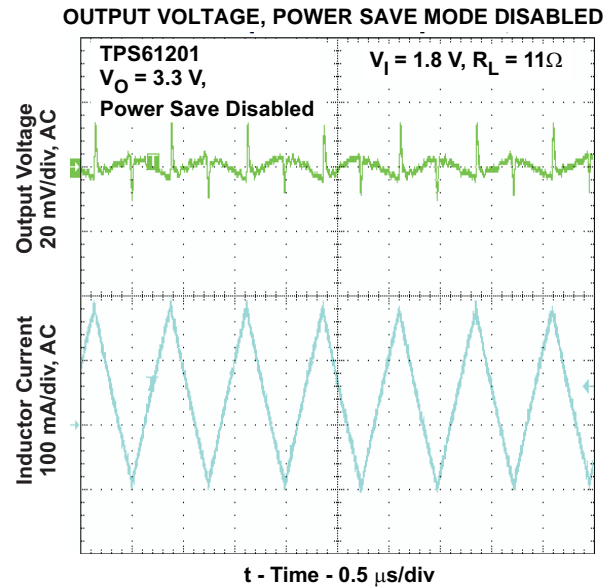


Figure 14.

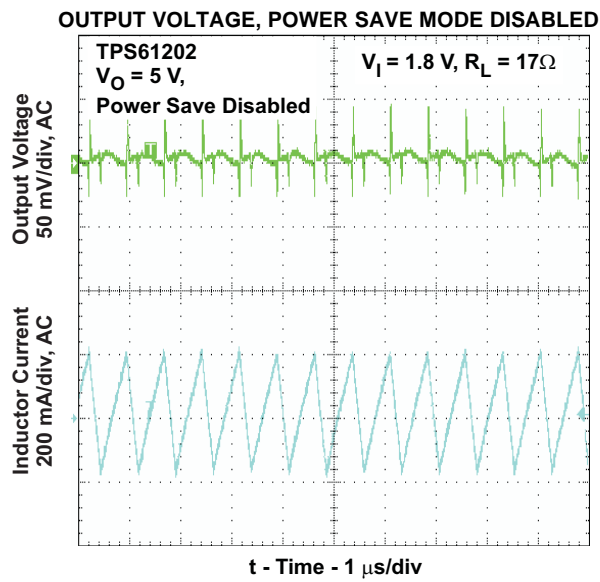


Figure 15.

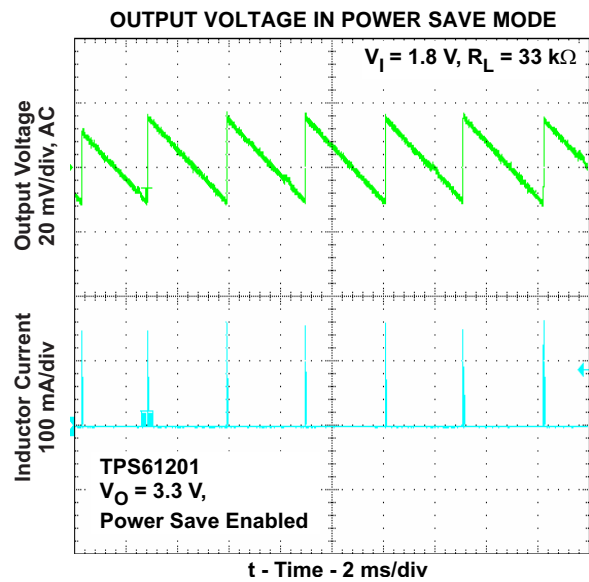
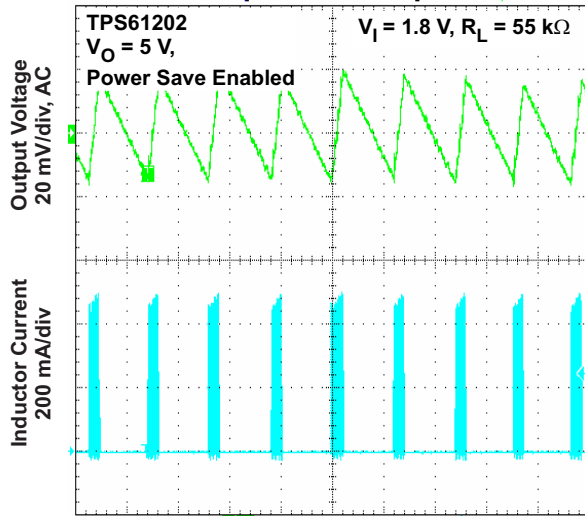


Figure 16.

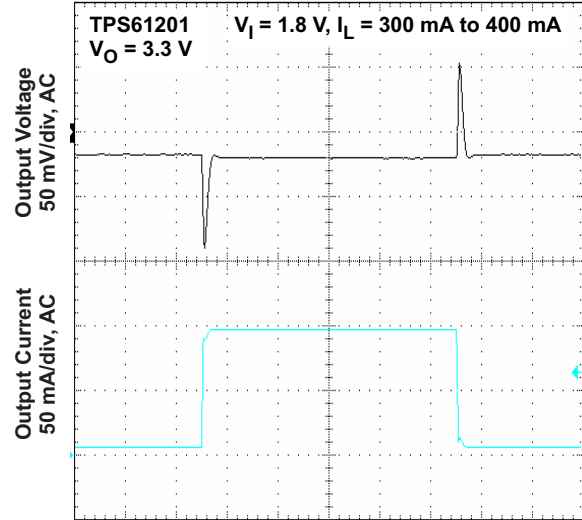
TYPICAL CHARACTERISTICS (continued)

OUTPUT VOLTAGE IN POWER SAVE MODE



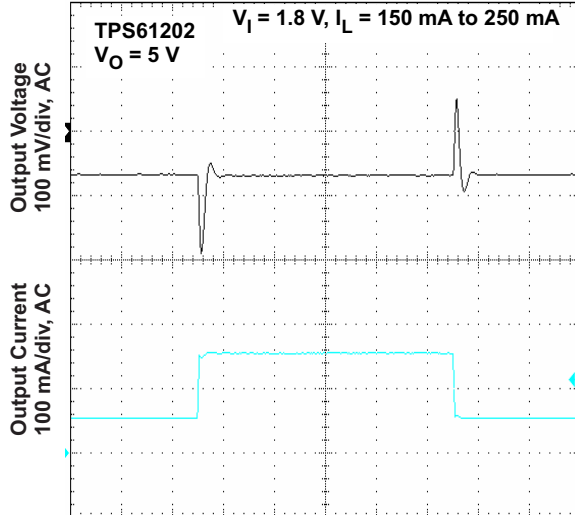
t - Time - 100  $\mu\text{s/div}$   
Figure 17.

LOAD TRANSIENT RESPONSE



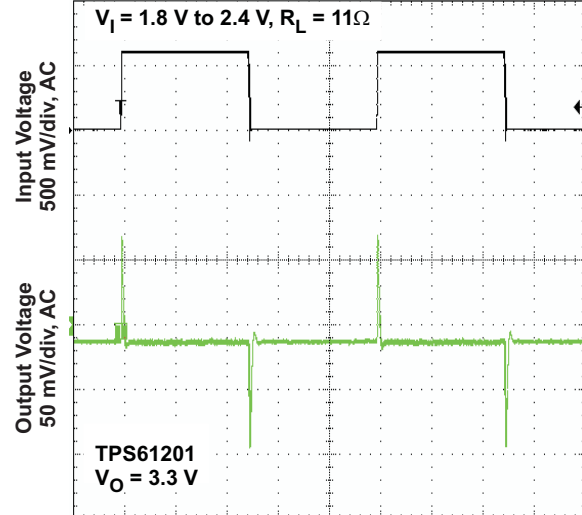
t - Time - 1 ms/div  
Figure 18.

LOAD TRANSIENT RESPONSE



t - Time - 1 ms/div  
Figure 19.

LINE TRANSIENT RESPONSE



t - Time - 2 ms/div  
Figure 20.

**TYPICAL CHARACTERISTICS (continued)**

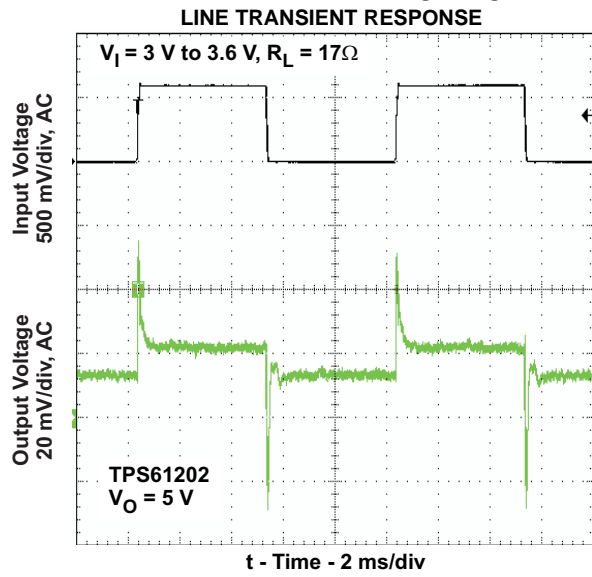


Figure 21.

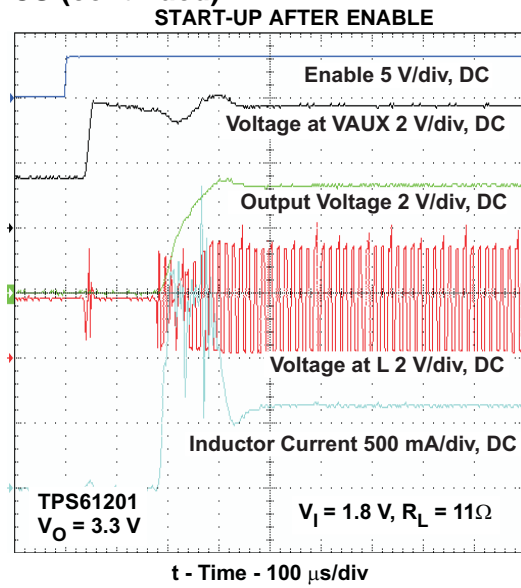


Figure 22.

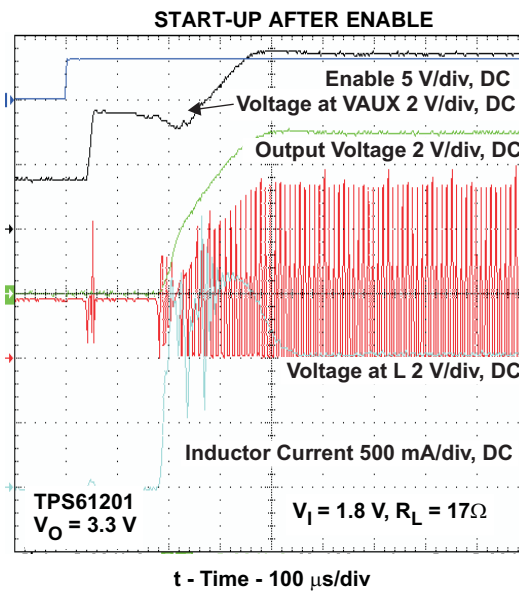


Figure 23.

## DETAILED DESCRIPTION

### CONTROLLER CIRCUIT

The controlling circuit of the device is based on an average current mode topology. The average inductor current is regulated by a fast current regulator loop which is controlled by a voltage control loop. The controller also uses input and output voltage feedforward. Changes of input and output voltage are monitored and immediately change the duty cycle in the modulator to achieve a fast response to those errors. The voltage error amplifier gets its feedback input from the FB pin. For adjustable output voltage devices, a resistive voltage divider must be connected to that pin. For fixed output voltage devices, FB must be connected to the output voltage to directly sense the voltage. Fixed output voltage versions use a trimmed internal resistive divider. The feedback voltage is compared with the internal reference voltage to generate a stable and accurate output voltage.

The controller circuit also senses the average input current as well as the peak input current. Thus, the maximum input power is controlled as well as the maximum peak current, to achieve a safe and stable operation under all possible conditions. To protect the device from overheating, an internal temperature sensor is implemented.

### Synchronous Operation

The device uses three internal N-channel MOSFETs to maintain synchronous power conversion at all possible operating conditions. This enables the device to keep high efficiency over a wide input voltage and output power range.

To avoid ground shift problems due to the high currents in the switches, two separate ground pins, GND and PGND, are used. The reference for all control functions is the GND pin. The power switches are connected to PGND. Both grounds must be connected on the PCB at only one point, ideally close to the GND pin. Due to the 3-switch topology, the load is always disconnected from the input during shutdown of the converter.

### Down Regulation

A boost converter only regulates output voltages which are higher than the input voltage. This device operates differently. For example, it is able to regulate 3 V at the output with two fresh alkaline cells at the input having a total cell voltage of 3.2 V. Another example is powering white LEDs with a forward voltage of 3.6 V from a fully charged Li-Ion cell with an output voltage of 4.2 V. To control these applications properly, a Down Conversion mode is implemented.

If the input voltage reaches or exceeds the output voltage, the converter automatically changes to a Down Conversion mode. In this mode, the control circuit changes the behavior of the two rectifying switches. While continuing switching, it sets the voltage drop across the rectifying switches as high as needed to regulate the output voltage. This means the power losses in the converter increase. This must be taken into account for thermal consideration.

### Power Save Mode

The Power Save (PS) pin can be used to select different operation modes. To enable Power Save mode the PS pin must be set low. Power Save mode is used to improve efficiency at light load. If Power Save mode is enabled, the converter stops operating if the average inductor current decreases below about 300 mA and the output voltage is at or above its nominal value. If the output voltage decreases below its nominal value, the device ramps up the output voltage again by starting operation using a programmed average inductor current higher than required by the current load condition. Operation can last for one or several pulses. The converter stops operating once the conditions for stopping operation are met again.

The Power Save mode can be disabled by programming a high at the PS pin. In Down Conversion mode, Power Save mode is always enabled and the device cannot be forced into fixed frequency operation at light loads. The PS input supports standard logic thresholds.

### Device Enable

The device is put into operation when EN is set high. It is put into Shutdown mode when EN is set to low. In Shutdown mode, the regulator stops switching, all internal control circuitry including the UVLO comparator is switched off, and the load is disconnected from the input. Current does not flow from input to output or from output to input. This also means that the output voltage can drop below the input voltage during shutdown.

## Softstart and Short-Circuit Protection

During start-up of the converter, the duty cycle and the peak current are limited in order to avoid high peak currents drawn from the battery. After being enabled, the device starts operating. At first, it keeps the main output VOUT disconnected, and charges the capacitor at VAUX. Once the capacitor at VAUX is charged to about 2.5 V, the device switches to normal operation. This means VOUT is turned on and the capacitor at VOUT is charged, while the load connected to the device is supplied. To ramp up the output voltage in a controlled way, the average current limit is set to 400 mA and rises proportional to the increase of the output voltage. At an output voltage of about 1.2 V the current limit is at its nominal value. If the output voltage does not increase, the current limit does not increase. There is no timer implemented. Thus the output voltage overshoot at startup, as well as the inrush current, is kept at a minimum. The device ramps up the output voltage in a controlled manner even if a large capacitor is connected at the output. When the output voltage does not increase above 1.2 V, the device assumes a short-circuit at the output, and keeps the current limit low to protect itself and the application. When there is a short at the output during operation, the current limit is decreased accordingly.

The device can also start into a Prebias on the outputs.

## Current Limit

The device current limit limits the average current in the inductor. In a boost converter, this is the input current. If an excessive load requires an input current greater than the average current limit, the device limits the input current by reducing the output power delivered. In this case, the output voltage decreases.

## Undervoltage Lockout

An undervoltage lockout function prevents the main output at VOUT from being supplied if the voltage at the UVLO pin drops below 0.25 V. When using a resistive divider at the voltage to be monitored, for example the supply voltage, any threshold for the monitored voltage can be programmed. If in undervoltage lockout mode, the device still maintains its supply voltage at VAUX, and it is not turned off until EN is programmed low. This undervoltage lockout function is implemented in order to prevent the malfunctioning of the converter.

## Thermal Shutdown

The device has a built-in temperature sensor which monitors the internal IC temperature. If the temperature exceeds the programmed threshold (see electrical characteristics table), the device stops operating. As soon as the IC temperature has decreased below the programmed threshold, it starts operating again. There is a built-in hysteresis to avoid unstable operation at IC temperatures at the thermal shutdown threshold.

## APPLICATION INFORMATION

### DESIGN PROCEDURE

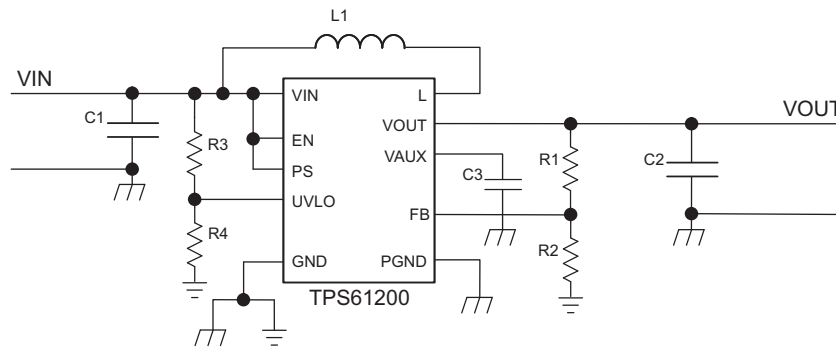
The TPS6120x DC/DC converters are intended for systems powered by a single up to triple cell Alkaline, NiCd, NiMH battery with a typical terminal voltage between 0.7 V and 5.5 V. They can also be used in systems powered by one-cell Li-Ion or Li-Polymer with a typical voltage between 2.5 V and 4.2 V. Additionally, any other voltage source like solar cells or fuel cells with a typical output voltage between 0.3 V and 5.5 V can power systems where the TPS6120x is used.

### Programming the Output Voltage

Within the TPS6120X family, there are fixed and adjustable output voltage versions available. To properly configure the fixed output voltage devices, the FB pin is used to sense the output voltage. This means that it must be connected directly to VOUT. For the adjustable output voltage version, an external resistor divider is used to adjust the output voltage. The resistor divider must be connected between VOUT, FB and GND. When the output voltage is regulated properly, the typical value of the voltage at the FB pin is 500 mV. The maximum recommended value for the output voltage is 5.5 V. The current through the resistive divider should be about 100 times greater than the current into the FB pin. The typical current into the FB pin is 0.01  $\mu$ A, and the voltage across the resistor between FB and GND, R2, is typically 500 mV. Based on those two values, the recommended value for R2 should be lower than 500 k $\Omega$ , in order to set the divider current at 1  $\mu$ A or higher. It is recommended to keep the value for this resistor in the range of 200 k $\Omega$ . The value of the resistor connected between VOUT and FB, R1, depending on the needed output voltage ( $V_{OUT}$ ), can be calculated using [Equation 1](#):

$$R1 = R2 \times \left( \frac{V_{OUT}}{V_{FB}} - 1 \right) \quad (1)$$

As an example, for an output voltage of 3.3 V, a 1-M $\Omega$  resistor should be chosen for R<sub>1</sub> when a 180-k $\Omega$  is selected for R<sub>2</sub>.



**Figure 24. Typical Application Circuit for Adjustable Output Voltage Option**

### Programming the UVLO Threshold Voltage

The UVLO input can be used to shut down the main output if the supply voltage is getting too low. The internal reference threshold is typically 250 mV. If the supply voltage should cause the shutdown when it is dropping below 250 mV,  $V_{IN}$  can be connected directly to the UVLO pin. If the shutdown should happen at higher voltages, a resistor divider can be used. R3 and R4 in [Figure 24](#) show an example of how to monitor the input voltage of the circuit. The current through the resistive divider should be about 100 times greater than the current into the UVLO pin. The typical current into the UVLO pin is 0.01  $\mu$ A, and the voltage across R4 is equal to the UVLO voltage threshold that is generated on-chip, which has a value of 250 mV. Therefore, the recommended value for R4 is in the range of 250 k $\Omega$ . From this, the value of resistor R3, depending on the desired shutdown voltage  $V_{INMIN}$ , can be calculated using [Equation 2](#).



$$R3 = R4 \times \left( \frac{V_{INMIN}}{V_{UVLO}} - 1 \right) \quad (2)$$

## Inductor Selection

To make sure that the TPS6120X devices can operate, an inductor must be connected between the VIN and L pins. To estimate the minimum inductance value, Equation 3 can be used.

$$L_{MIN} = V_{IN} \times 0.5 \frac{\mu S}{A} \quad (3)$$

In Equation 3, the minimum inductance,  $L_{MIN}$ , for boost mode operation is calculated.  $V_{IN}$  is the maximum input voltage. The recommended inductor value range is between 1.5  $\mu$ H and 4.7  $\mu$ H. The minimum inductor value should not be below 1.5  $\mu$ H, even if Equation 3 yields something lower. Using 2.2  $\mu$ H is recommended anyway for getting best performance over the whole input and output voltage range.

With the chosen inductance value, the peak current for the inductor in steady state operation can be calculated using Equation 4.

$$I_{LMAX} = \frac{V_{OUT} \times I_{OUT}}{0.8 \times V_{IN}} + \frac{V_{IN} \times (V_{OUT} - V_{IN})}{2 \times V_{OUT} \times f \times L} \quad (4)$$

This would be the critical value for the current rating for selecting the inductor. It also needs to be taken into account that load transients and error conditions may cause higher inductor currents. The following inductor series from different suppliers have been used with TPS6120x converters:

**Table 2. List of Inductors**

VENDOR	INDUCTOR SERIES
Coilcraft	LPS3015
	LPS4012
Murata	LQH3NP
Tajo Yuden	NR3015
Würth Elektronik	WE-TPC Typ S

## Capacitor Selection

### Input Capacitor

At least a 4.7  $\mu$ F input capacitor is recommended to improve transient behavior of the regulator and EMI behavior of the total power supply circuit. An X5R or X7R ceramic capacitor placed as close as possible to the VIN and PGND pins of the IC is recommended.

An R-C filter may be placed on the VIN pin to improve performance in applications with a noisy input source. A 100  $\Omega$  resistor and 0.1  $\mu$ F capacitor are recommended in this case. This filter is not required operation.

### Output Capacitor

For the output capacitor, it is recommended to use small X5R or X7R ceramic capacitors placed as close as possible to the VOUT and PGND pins of the IC. If, for any reason, the application requires the use of large capacitors which can not be placed close to the IC, using a smaller ceramic capacitor in parallel to the large one is required. This small capacitor should be placed as close as possible to the VOUT and PGND pins of the IC.

To get an estimate of the recommended minimum output capacitance, Equation 5 can be used.

$$C_{OUT} = 5 \times L \times \frac{\mu F}{\mu H} \quad (5)$$

A capacitor with a value in the range of the calculated minimum should be used. This is required to maintain control loop stability. There are no additional requirements regarding minimum ESR. There is also no upper limit for the output capacitance value. Larger capacitors cause lower output voltage ripple as well as lower output voltage drops during load transients.

## Capacitor at VAUX

Between the VAUX pin and GND pin, a capacitor must be connected. This capacitor is used to maintain and filter the control supply voltage, which is chosen from the highest of VIN, VOUT, and L. It is charged during startup and before the main output VOUT is turned on. To ensure stable operation, using at least 0.1 $\mu$ F is recommended. At output voltages below 2.5 V, the capacitance should be in the range of 1  $\mu$ F. Since this capacitor is also used as a snubber capacitor for the main switch, using a X5R or X7R ceramic capacitor with low ESR is important.

## Layout Considerations

As for all switching power supplies, the layout is an important step in the design, especially at high peak currents and high switching frequencies. If the layout is not carefully done, the regulator could show stability problems as well as EMI problems. Therefore, use wide and short traces for the main current path and for the power ground tracks. The input and output capacitor, as well as the inductor should be placed as close as possible to the IC. Use a common ground node for power ground and a different one for control ground to minimize the effects of ground noise. Connect these ground nodes at any place close to one of the ground pins of the IC.

The feedback divider should be placed as close as possible to the control ground pin of the IC. To lay out the control ground, it is recommended to use short traces as well, separated from the power ground traces. This avoids ground shift problems, which can occur due to superimposition of power ground current and control ground current. See [Figure 25](#) for the recommended layout.

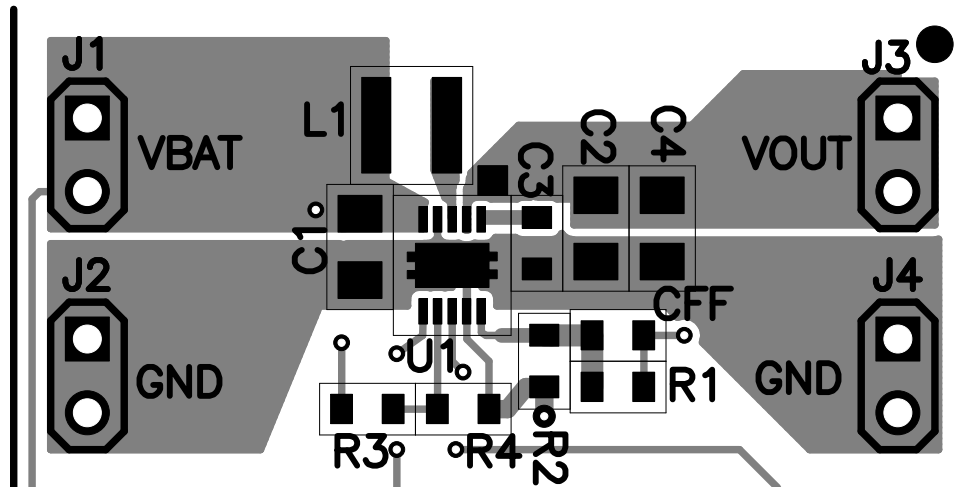


Figure 25. EVM Layout

## THERMAL INFORMATION

Implementation of integrated circuits in low-profile and fine-pitch surface-mount packages typically requires special attention to power dissipation. Many system-dependent issues such as thermal coupling, airflow, added heat sinks and convection surfaces, and the presence of other heat-generating components affect the power-dissipation limits of a given component.

Three basic approaches for enhancing thermal performance are listed below.

- Improving the power dissipation capability of the PCB design
- Improving the thermal coupling of the component to the PCB
- Introducing airflow in the system

The maximum recommended junction temperature ( $T_J$ ) of the TPS6120x devices is 125°C. The thermal resistance of the 10-pin SON 3 × 3 package (DRC) is  $R_{\theta JA} = 48.7$  °C/W, when the exposed thermal pad is soldered. Specified regulator operation is assured to a maximum ambient temperature,  $T_A$ , of 85°C. Therefore, the maximum power dissipation is about 820 mW. More power can be dissipated if the maximum ambient temperature of the application is lower.

$$P_{D(MAX)} = \frac{T_{J(MAX)} - T_A}{R_{\theta JA}} = \frac{125^{\circ}\text{C} - 85^{\circ}\text{C}}{48.7^{\circ}\text{C/W}} = 820 \text{ mW} \quad (6)$$

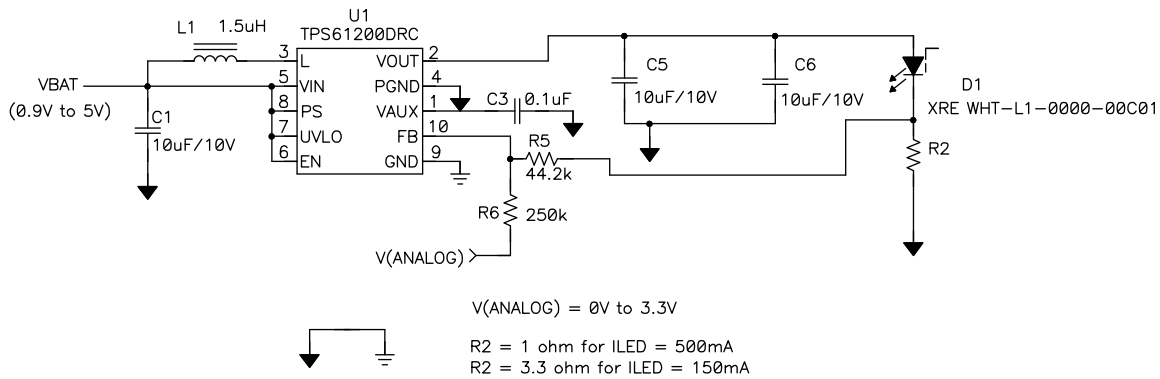


Figure 26. WLED Driver Circuit ( See SLVA364)

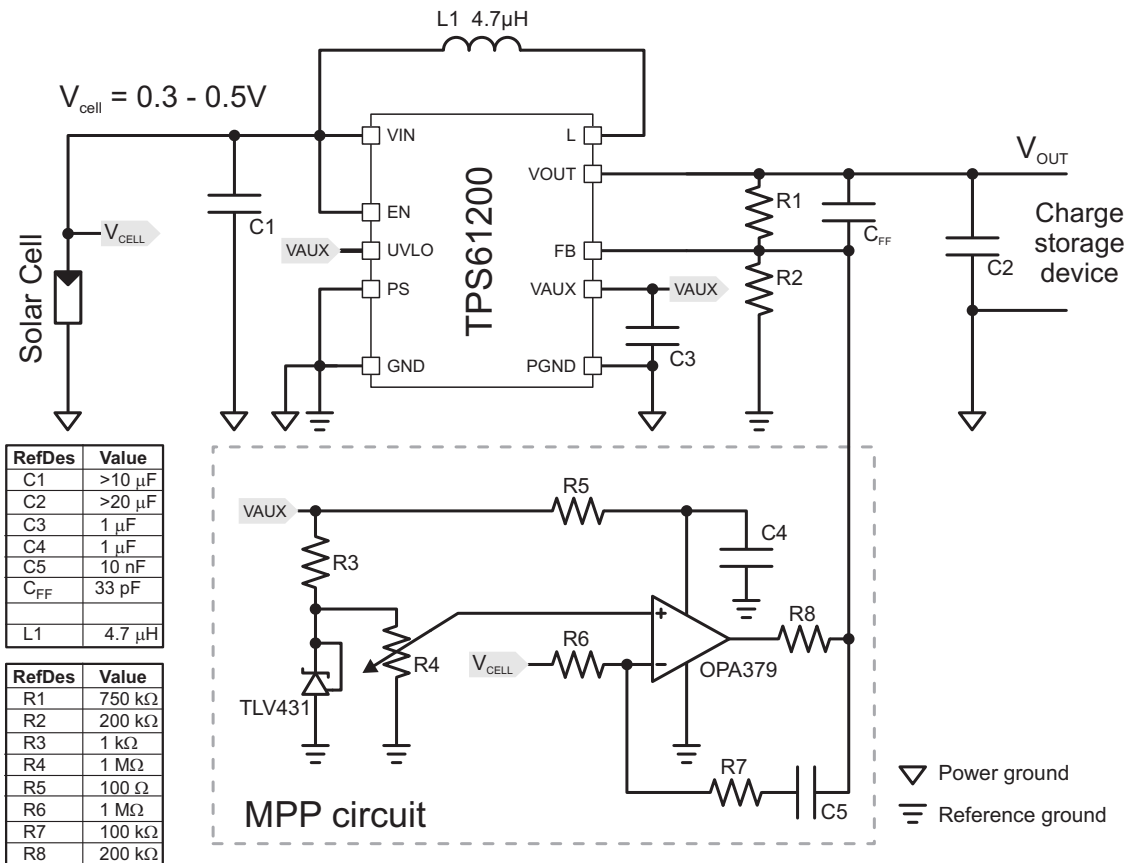


Figure 27. Solar Cell Circuit (See SLVA345)

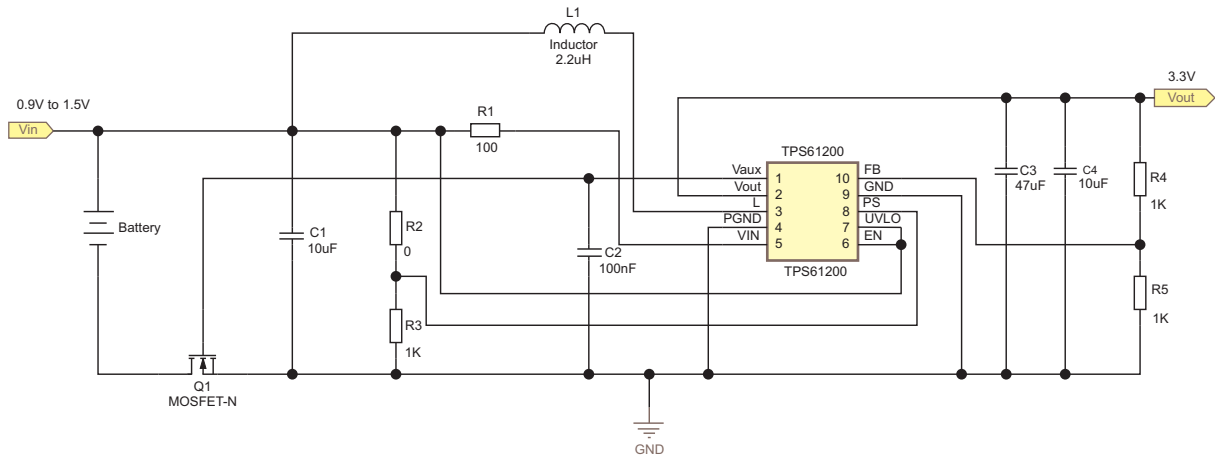


Figure 28. Reverse Battery Protection Circuit (See [SLVA315](#))

## REVISION HISTORY

Changes from Original (MARCH 2007) to Revision A	Page
• Changed Features bullet From: 600 mA Output Current at 3.3 V ( $V_{IN} \geq 1.2$ V) To: 300 mA Output Current at 3.3 V ( $V_{IN} \geq 2.4$ V) .....	1
• Changed <a href="#">Figure 6</a> label From: Power Save Disabled To: Power Save Enabled .....	7
• Changed <a href="#">Figure 7</a> label From: Power Save Enabled To: Power Save Disabled .....	8

Changes from Revision A (JUNE 2007) to Revision B	Page
• Added DSC package to the Available Device Options and <sup>(1)</sup> .....	2

(1) The DRC and the DSC package are available taped and reeled. Add R suffix to device type (e.g., TPS61200DRCR or TPS61202DSCR) to order quantities of 3000 devices per reel. It is also available in minireels. Add a T suffix to the device type (i.e. TPS61200DRCT or TPS61202DSCT) to order quantities of 250 devices per reel.

Changes from Revision B (FEBRUARY 2008) to Revision C	Page
• Changed Feature From: Small 3 mm x 3 mm QFN-10 Package To: Small 3 mm x 3 mm SON-10 Package .....	1
• Changed Application From: White LED's To: White LED Driver .....	1
• Changed the Available Device Options Package type From: 10-PIN QFN To: 10-Pin SON .....	2
• Changed From: DISSIPATION RATINGS TABLE To: Thermal Information table .....	2
• Changed $V_{SS}$ to $V_{IN}$ in the Recommended Operating Conditions table .....	2
• Changed the Parameters and Test Conditions in the Electrical Characteristics table .....	3
• Added C3 to the List of Components .....	5
• Updated <a href="#">Figure 1</a> through <a href="#">Figure 11</a> .....	7
• Added text to the Input Capacitor section "An R-C filter may be placed..." .....	16
• Added <a href="#">Figure 25</a> .....	17
• Added <a href="#">Figure 26</a> , <a href="#">Figure 27</a> , and <a href="#">Figure 28</a> .....	18

Changes from Revision C (September 2012) to Revision D	Page
• Changed the PS pin description From: Enable/disable Power Save mode (High = enabled, Low = disabled) To: Enable/disable Power Save mode (High = disabled, Low = enabled) .....	4

**PACKAGING INFORMATION**

Orderable Device	Status (1)	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan (2)	Lead/Ball Finish	MSL Peak Temp (3)	Op Temp (°C)	Top-Side Markings (4)	Samples
TPS61200DRCR	ACTIVE	SON	DRC	10	3000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 85	BRR	<a href="#">Samples</a>
TPS61200DRCRG4	ACTIVE	SON	DRC	10	3000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 85	BRR	<a href="#">Samples</a>
TPS61200DRCT	ACTIVE	SON	DRC	10	250	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 85	BRR	<a href="#">Samples</a>
TPS61200DRCTG4	ACTIVE	SON	DRC	10	250	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 85	BRR	<a href="#">Samples</a>
TPS61201DRCR	ACTIVE	SON	DRC	10	3000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 85	BRS	<a href="#">Samples</a>
TPS61201DRCRG4	ACTIVE	SON	DRC	10	3000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 85	BRS	<a href="#">Samples</a>
TPS61201DRCT	ACTIVE	SON	DRC	10	250	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 85	BRS	<a href="#">Samples</a>
TPS61201DRCTG4	ACTIVE	SON	DRC	10	250	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 85	BRS	<a href="#">Samples</a>
TPS61202DRCR	ACTIVE	SON	DRC	10	3000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 85	BRT	<a href="#">Samples</a>
TPS61202DRCRG4	ACTIVE	SON	DRC	10	3000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 85	BRT	<a href="#">Samples</a>
TPS61202DRCT	ACTIVE	SON	DRC	10	250	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 85	BRT	<a href="#">Samples</a>
TPS61202DRCTG4	ACTIVE	SON	DRC	10	250	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 85	BRT	<a href="#">Samples</a>
TPS61202DSCR	ACTIVE	WSON	DSC	10	3000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 85	CER	<a href="#">Samples</a>
TPS61202DSCRG4	ACTIVE	WSON	DSC	10	3000	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 85	CER	<a href="#">Samples</a>
TPS61202DSCT	ACTIVE	WSON	DSC	10	250	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 85	CER	<a href="#">Samples</a>
TPS61202DSCTG4	ACTIVE	WSON	DSC	10	250	Green (RoHS & no Sb/Br)	CU NIPDAU	Level-2-260C-1 YEAR	-40 to 85	CER	<a href="#">Samples</a>

(1) The marketing status values are defined as follows:

**ACTIVE:** Product device recommended for new designs.

---

**LIFEBUY:** TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.

**NRND:** Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using this part in a new design.

**PREVIEW:** Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.

**OBSOLETE:** TI has discontinued the production of the device.

<sup>(2)</sup> Eco Plan - The planned eco-friendly classification: Pb-Free (RoHS), Pb-Free (RoHS Exempt), or Green (RoHS & no Sb/Br) - please check <http://www.ti.com/productcontent> for the latest availability information and additional product content details.

**TBD:** The Pb-Free/Green conversion plan has not been defined.

**Pb-Free (RoHS):** TI's terms "Lead-Free" or "Pb-Free" mean semiconductor products that are compatible with the current RoHS requirements for all 6 substances, including the requirement that lead not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, TI Pb-Free products are suitable for use in specified lead-free processes.

**Pb-Free (RoHS Exempt):** This component has a RoHS exemption for either 1) lead-based flip-chip solder bumps used between the die and package, or 2) lead-based die adhesive used between the die and leadframe. The component is otherwise considered Pb-Free (RoHS compatible) as defined above.

**Green (RoHS & no Sb/Br):** TI defines "Green" to mean Pb-Free (RoHS compatible), and free of Bromine (Br) and Antimony (Sb) based flame retardants (Br or Sb do not exceed 0.1% by weight in homogeneous material)

<sup>(3)</sup> MSL, Peak Temp. -- The Moisture Sensitivity Level rating according to the JEDEC industry standard classifications, and peak solder temperature.

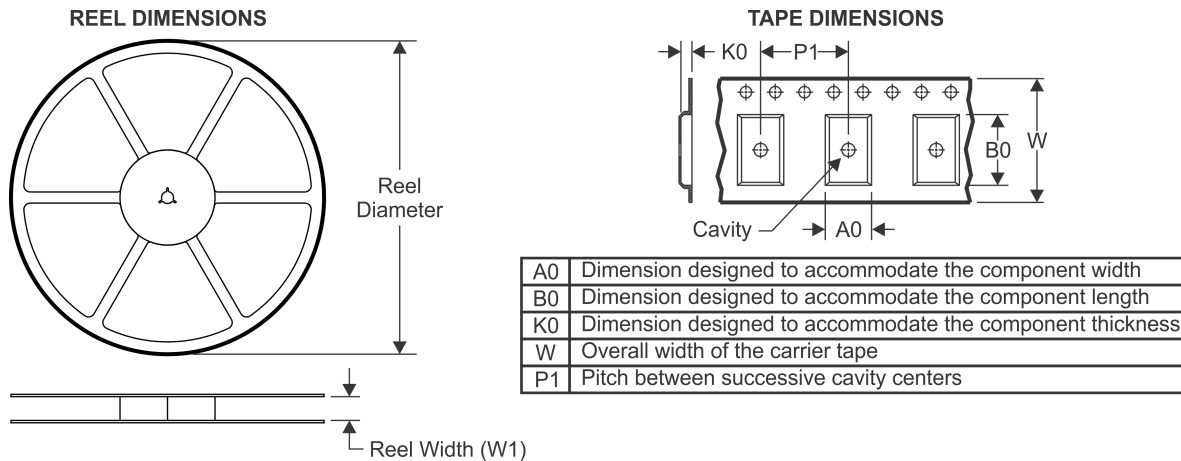
<sup>(4)</sup> Only one of markings shown within the brackets will appear on the physical device.

**Important Information and Disclaimer:** The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.



## TAPE AND REEL INFORMATION



### QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



\*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
TPS61200DRCR	SON	DRC	10	3000	330.0	12.4	3.3	3.3	1.1	8.0	12.0	Q2
TPS61200DRCR	SON	DRC	10	3000	330.0	12.4	3.3	3.3	1.1	8.0	12.0	Q2
TPS61200DRCT	SON	DRC	10	250	180.0	12.4	3.3	3.3	1.1	8.0	12.0	Q2
TPS61200DRCT	SON	DRC	10	250	180.0	12.4	3.3	3.3	1.1	8.0	12.0	Q2
TPS61201DRCR	SON	DRC	10	3000	330.0	12.4	3.3	3.3	1.1	8.0	12.0	Q2
TPS61201DRCR	SON	DRC	10	3000	330.0	12.4	3.3	3.3	1.1	8.0	12.0	Q2
TPS61201DRCT	SON	DRC	10	250	330.0	12.4	3.3	3.3	1.6	8.0	12.0	Q2
TPS61201DRCT	SON	DRC	10	250	180.0	12.4	3.3	3.3	1.1	8.0	12.0	Q2
TPS61201DRCT	SON	DRC	10	250	180.0	12.4	3.3	3.3	1.1	8.0	12.0	Q2
TPS61202DRCR	SON	DRC	10	3000	330.0	12.4	3.3	3.3	1.1	8.0	12.0	Q2
TPS61202DRCR	SON	DRC	10	3000	330.0	12.4	3.3	3.3	1.1	8.0	12.0	Q2
TPS61202DRCT	SON	DRC	10	250	180.0	12.4	3.3	3.3	1.1	8.0	12.0	Q2
TPS61202DRCT	SON	DRC	10	250	180.0	12.4	3.3	3.3	1.1	8.0	12.0	Q2
TPS61202DRCT	SON	DRC	10	250	330.0	12.4	3.3	3.3	1.6	8.0	12.0	Q2
TPS61202DSCR	WSON	DSC	10	3000	330.0	12.4	3.3	3.3	1.1	8.0	12.0	Q2
TPS61202DSCT	WSON	DSC	10	250	180.0	12.4	3.3	3.3	1.1	8.0	12.0	Q2

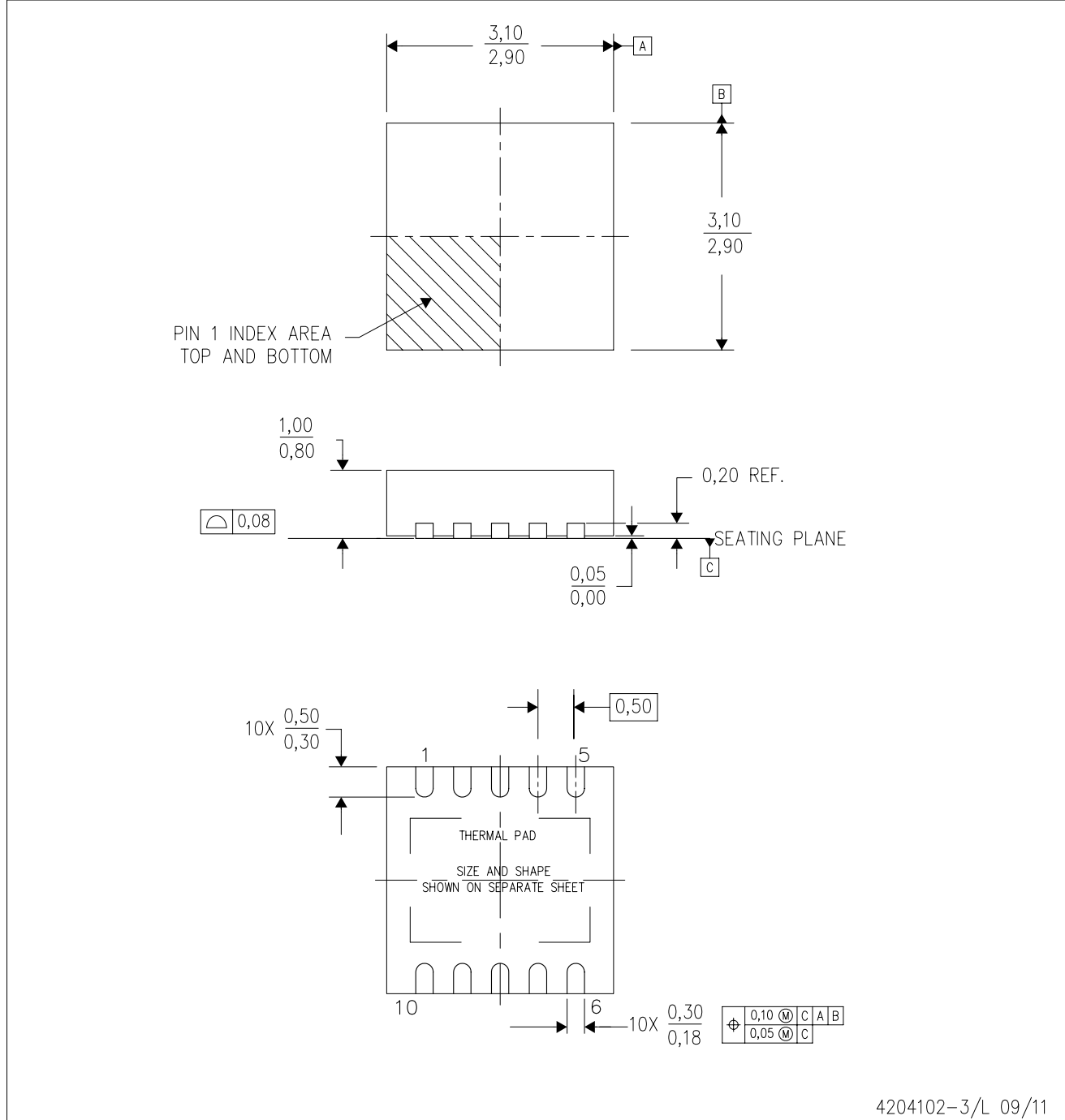
**TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS**


\*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
TPS61200DRCR	SON	DRC	10	3000	367.0	367.0	35.0
TPS61200DRCR	SON	DRC	10	3000	367.0	367.0	35.0
TPS61200DRCT	SON	DRC	10	250	210.0	185.0	35.0
TPS61200DRCT	SON	DRC	10	250	210.0	185.0	35.0
TPS61201DRCR	SON	DRC	10	3000	367.0	367.0	35.0
TPS61201DRCR	SON	DRC	10	3000	367.0	367.0	35.0
TPS61201DRCT	SON	DRC	10	250	340.5	338.1	20.6
TPS61201DRCT	SON	DRC	10	250	210.0	185.0	35.0
TPS61201DRCT	SON	DRC	10	250	210.0	185.0	35.0
TPS61202DRCR	SON	DRC	10	3000	367.0	367.0	35.0
TPS61202DRCR	SON	DRC	10	3000	367.0	367.0	35.0
TPS61202DRCT	SON	DRC	10	250	210.0	185.0	35.0
TPS61202DRCT	SON	DRC	10	250	210.0	185.0	35.0
TPS61202DRCT	SON	DRC	10	250	340.5	338.1	20.6
TPS61202DSCR	WSON	DSC	10	3000	367.0	367.0	35.0
TPS61202DSCT	WSON	DSC	10	250	210.0	185.0	35.0

DRC (S-PVSON-N10)

PLASTIC SMALL OUTLINE NO-LEAD



4204102-3/L 09/11

- NOTES:
- All linear dimensions are in millimeters. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M-1994.
  - This drawing is subject to change without notice.
  - Small Outline No-Lead (SON) package configuration.
  - The package thermal pad must be soldered to the board for thermal and mechanical performance, if present.
  - See the additional figure in the Product Data Sheet for details regarding the exposed thermal pad features and dimensions, if present

# THERMAL PAD MECHANICAL DATA

DRC (S-PVSON-N10)

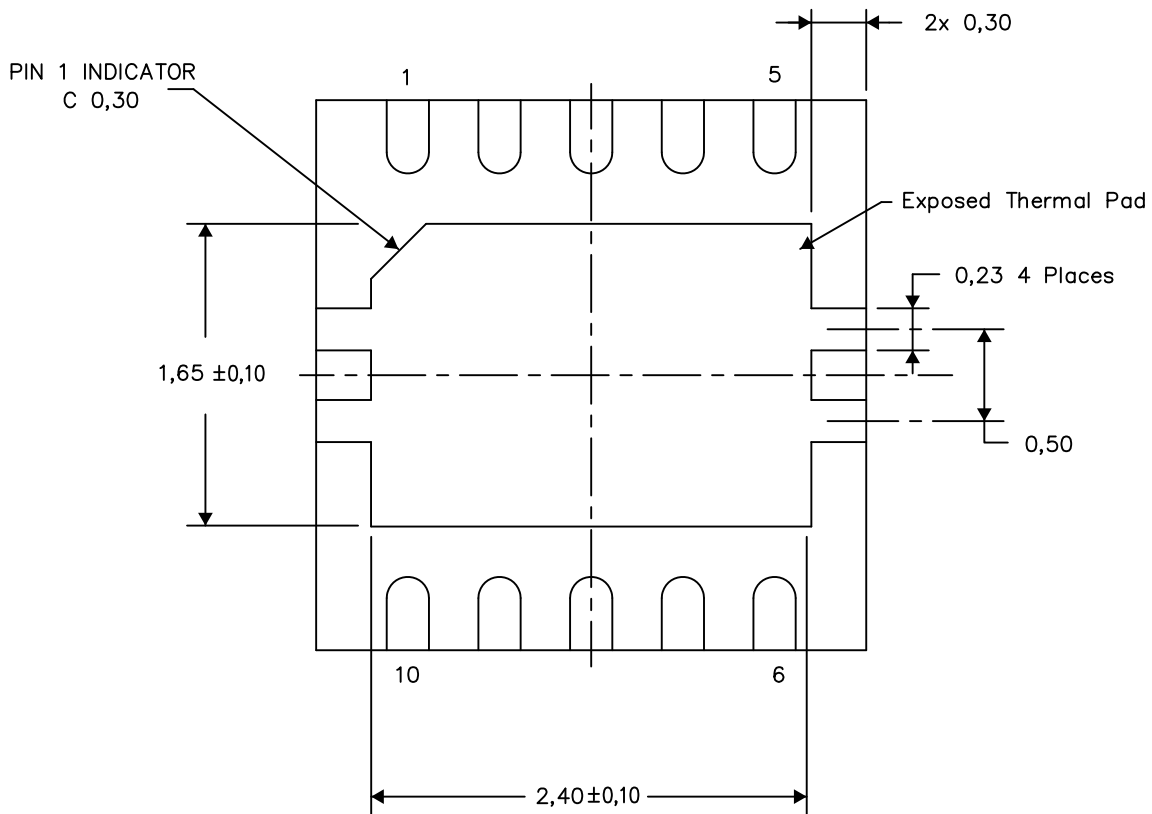
PLASTIC SMALL OUTLINE NO-LEAD

## THERMAL INFORMATION

This package incorporates an exposed thermal pad that is designed to be attached directly to an external heatsink. The thermal pad must be soldered directly to the printed circuit board (PCB). After soldering, the PCB can be used as a heatsink. In addition, through the use of thermal vias, the thermal pad can be attached directly to the appropriate copper plane shown in the electrical schematic for the device, or alternatively, can be attached to a special heatsink structure designed into the PCB. This design optimizes the heat transfer from the integrated circuit (IC).

For information on the Quad Flatpack No-Lead (QFN) package and its advantages, refer to Application Report, QFN/SON PCB Attachment, Texas Instruments Literature No. SLUA271. This document is available at [www.ti.com](http://www.ti.com).

The exposed thermal pad dimensions for this package are shown in the following illustration.



Bottom View

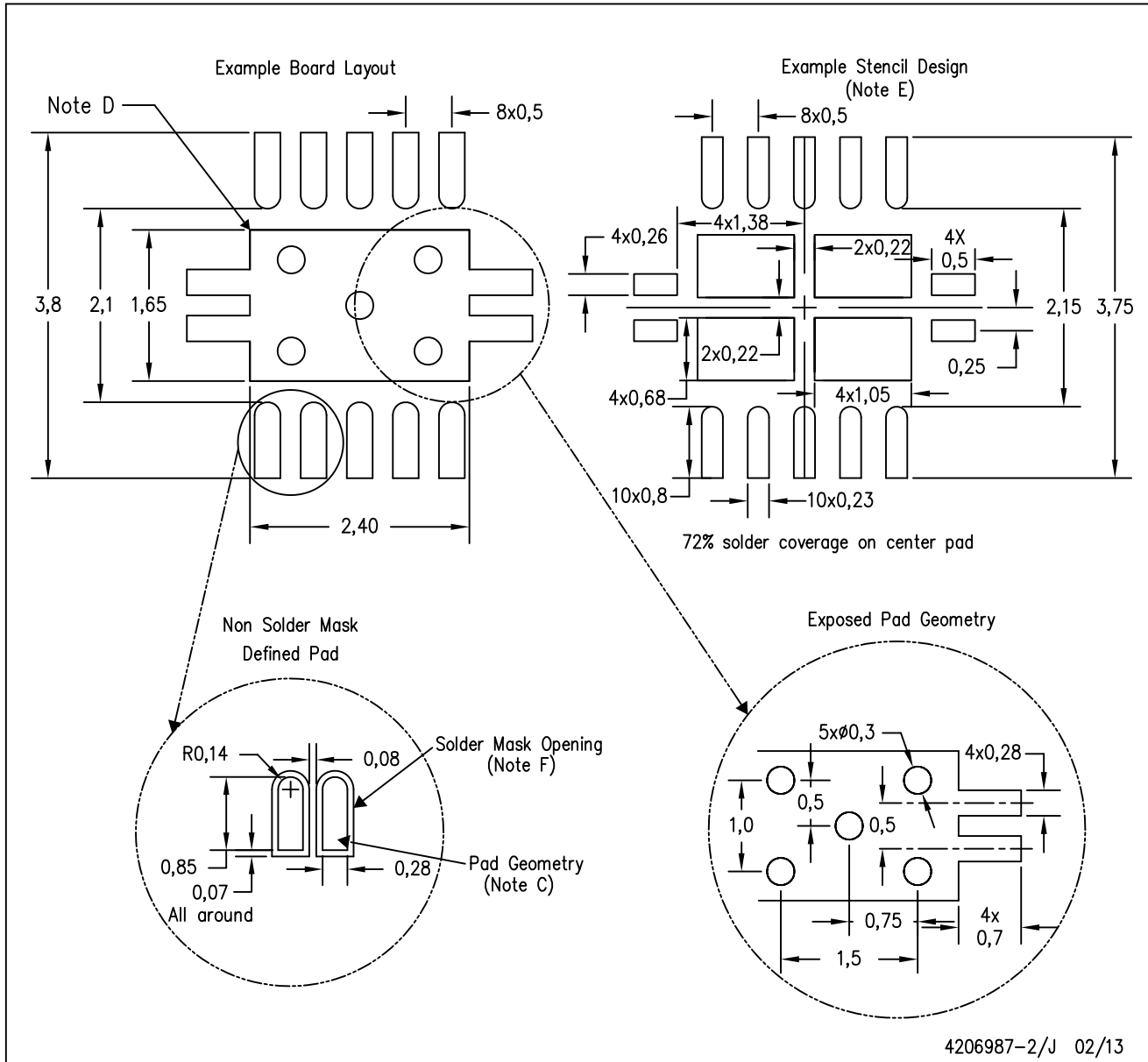
Exposed Thermal Pad Dimensions

4206565-3/R 03/13

NOTE: A. All linear dimensions are in millimeters

DRC (S-PVSON-N10)

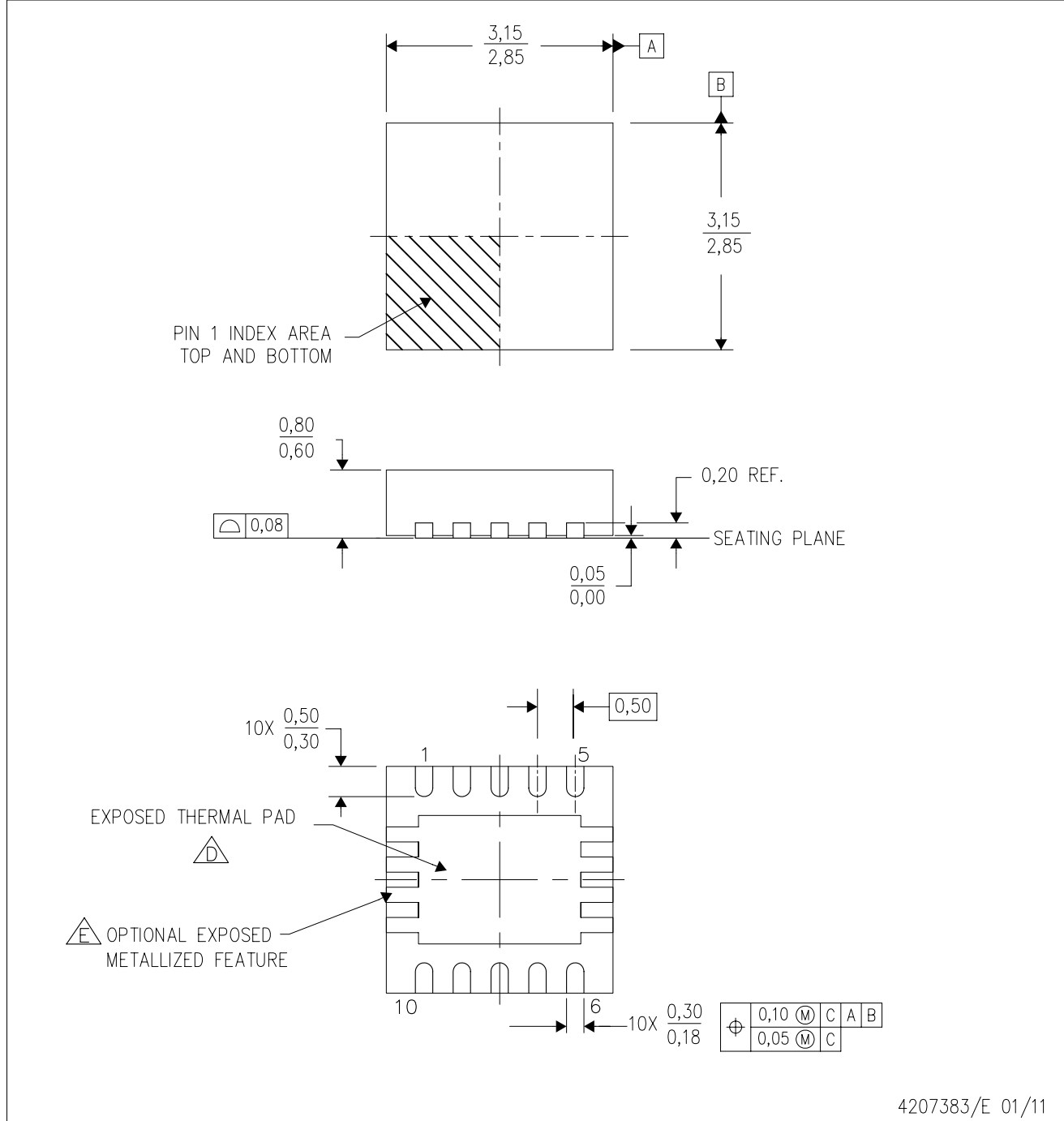
PLASTIC SMALL OUTLINE NO-LEAD



- NOTES:
- All linear dimensions are in millimeters.
  - This drawing is subject to change without notice.
  - Publication IPC-7351 is recommended for alternate designs.
  - This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. Refer to Application Note, Quad Flat-Pack Packages, Texas Instruments Literature No. SLUA271, and also the Product Data Sheets for specific thermal information, via requirements, and recommended board layout. These documents are available at [www.ti.com](http://www.ti.com) <<http://www.ti.com>>.
  - Laser cutting apertures with trapezoidal walls and also rounding corners will offer better paste release. Customers should contact their board assembly site for stencil design recommendations. Refer to IPC 7525 for stencil design considerations.
  - Customers should contact their board fabrication site for minimum solder mask web tolerances between signal pads.

DSC (S-PWSON-N10)

PLASTIC SMALL OUTLINE NO-LEAD



4207383/E 01/11

- NOTES:
- A. All linear dimensions are in millimeters. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M-1994.
  - B. This drawing is subject to change without notice.
  - C. Small Outline No-Lead (SON) package configuration.
  - The package thermal pad must be soldered to the board for thermal and mechanical performance.
  - See the Product Data Sheet for details regarding the exposed thermal pad features and dimensions.

# THERMAL PAD MECHANICAL DATA

DSC (S-PWSON-N10)

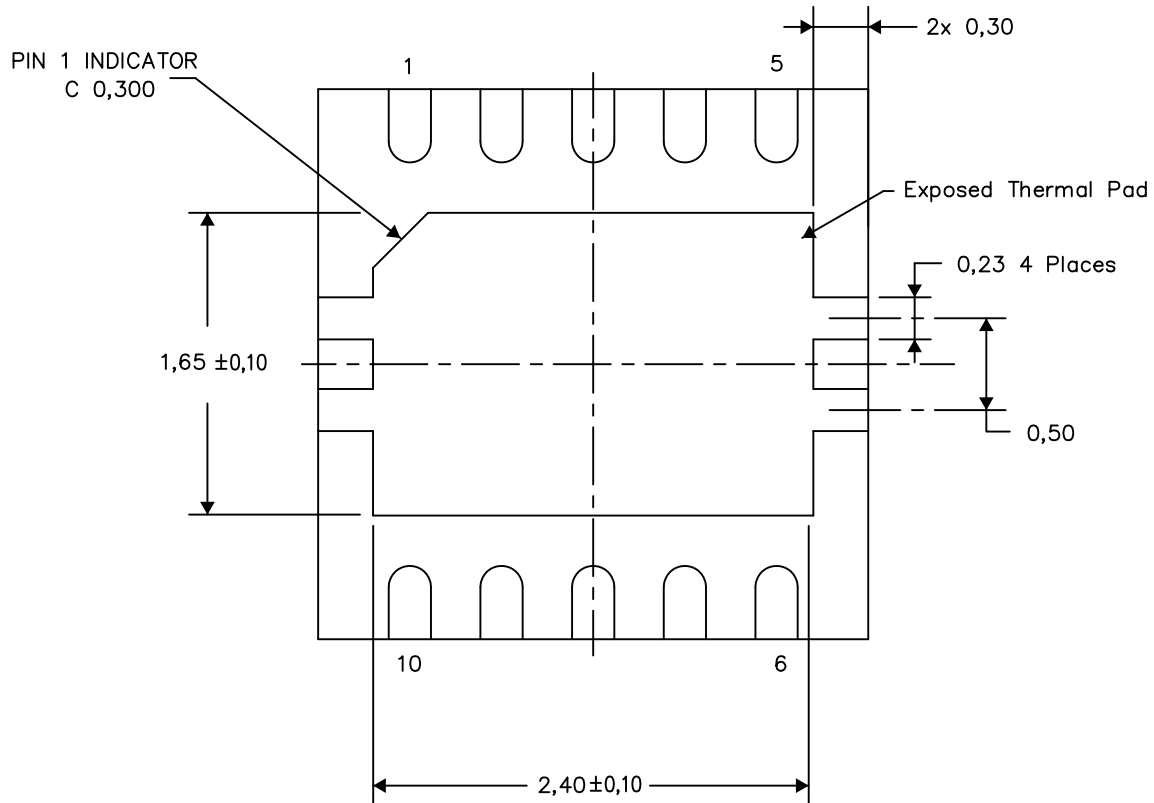
PLASTIC SMALL OUTLINE NO-LEAD

## THERMAL INFORMATION

This package incorporates an exposed thermal pad that is designed to be attached directly to an external heatsink. The thermal pad must be soldered directly to the printed circuit board (PCB). After soldering, the PCB can be used as a heatsink. In addition, through the use of thermal vias, the thermal pad can be attached directly to the appropriate copper plane shown in the electrical schematic for the device, or alternatively, can be attached to a special heatsink structure designed into the PCB. This design optimizes the heat transfer from the integrated circuit (IC).

For information on the Quad Flatpack No-Lead (QFN) package and its advantages, refer to Application Report, QFN/SON PCB Attachment, Texas Instruments Literature No. SLUA271. This document is available at [www.ti.com](http://www.ti.com).

The exposed thermal pad dimensions for this package are shown in the following illustration.



Bottom View

Exposed Thermal Pad Dimensions

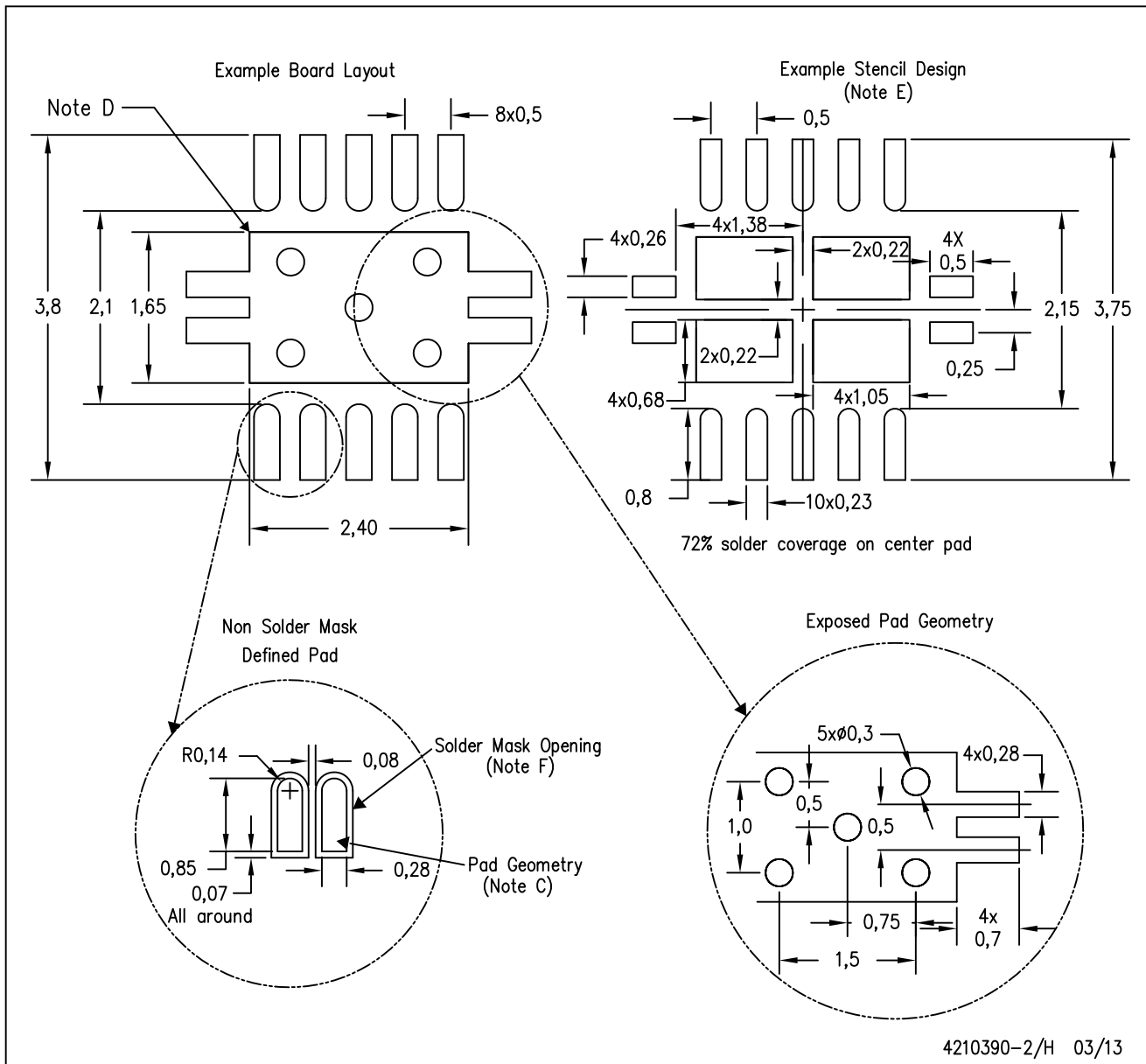
4210391-2/J 03/13

NOTE: A. All linear dimensions are in millimeters



DSC (S-PWSON-N10)

PLASTIC SMALL OUTLINE NO-LEAD



- NOTES:
- All linear dimensions are in millimeters.
  - This drawing is subject to change without notice.
  - Publication IPC-7351 is recommended for alternate designs.
  - This package is designed to be soldered to a thermal pad on the board. Refer to Application Note, Quad Flat-Pack Packages, Texas Instruments Literature No. SLUA271, and also the Product Data Sheets for specific thermal information, via requirements, and recommended board layout. These documents are available at [www.ti.com](http://www.ti.com) <<http://www.ti.com>>.
  - Laser cutting apertures with trapezoidal walls and also rounding corners will offer better paste release. Customers should contact their board assembly site for stencil design recommendations. Refer to IPC 7525 for stencil design considerations.
  - Customers should contact their board fabrication site for minimum solder mask web tolerances between signal pads.

## IMPORTANT NOTICE

Texas Instruments Incorporated and its subsidiaries (TI) reserve the right to make corrections, enhancements, improvements and other changes to its semiconductor products and services per JESD46, latest issue, and to discontinue any product or service per JESD48, latest issue. Buyers should obtain the latest relevant information before placing orders and should verify that such information is current and complete. All semiconductor products (also referred to herein as "components") are sold subject to TI's terms and conditions of sale supplied at the time of order acknowledgment.

TI warrants performance of its components to the specifications applicable at the time of sale, in accordance with the warranty in TI's terms and conditions of sale of semiconductor products. Testing and other quality control techniques are used to the extent TI deems necessary to support this warranty. Except where mandated by applicable law, testing of all parameters of each component is not necessarily performed.

TI assumes no liability for applications assistance or the design of Buyers' products. Buyers are responsible for their products and applications using TI components. To minimize the risks associated with Buyers' products and applications, Buyers should provide adequate design and operating safeguards.

TI does not warrant or represent that any license, either express or implied, is granted under any patent right, copyright, mask work right, or other intellectual property right relating to any combination, machine, or process in which TI components or services are used. Information published by TI regarding third-party products or services does not constitute a license to use such products or services or a warranty or endorsement thereof. Use of such information may require a license from a third party under the patents or other intellectual property of the third party, or a license from TI under the patents or other intellectual property of TI.

Reproduction of significant portions of TI information in TI data books or data sheets is permissible only if reproduction is without alteration and is accompanied by all associated warranties, conditions, limitations, and notices. TI is not responsible or liable for such altered documentation. Information of third parties may be subject to additional restrictions.

Resale of TI components or services with statements different from or beyond the parameters stated by TI for that component or service voids all express and any implied warranties for the associated TI component or service and is an unfair and deceptive business practice. TI is not responsible or liable for any such statements.

Buyer acknowledges and agrees that it is solely responsible for compliance with all legal, regulatory and safety-related requirements concerning its products, and any use of TI components in its applications, notwithstanding any applications-related information or support that may be provided by TI. Buyer represents and agrees that it has all the necessary expertise to create and implement safeguards which anticipate dangerous consequences of failures, monitor failures and their consequences, lessen the likelihood of failures that might cause harm and take appropriate remedial actions. Buyer will fully indemnify TI and its representatives against any damages arising out of the use of any TI components in safety-critical applications.

In some cases, TI components may be promoted specifically to facilitate safety-related applications. With such components, TI's goal is to help enable customers to design and create their own end-product solutions that meet applicable functional safety standards and requirements. Nonetheless, such components are subject to these terms.

No TI components are authorized for use in FDA Class III (or similar life-critical medical equipment) unless authorized officers of the parties have executed a special agreement specifically governing such use.

Only those TI components which TI has specifically designated as military grade or "enhanced plastic" are designed and intended for use in military/aerospace applications or environments. Buyer acknowledges and agrees that any military or aerospace use of TI components which have **not** been so designated is solely at the Buyer's risk, and that Buyer is solely responsible for compliance with all legal and regulatory requirements in connection with such use.

TI has specifically designated certain components as meeting ISO/TS16949 requirements, mainly for automotive use. In any case of use of non-designated products, TI will not be responsible for any failure to meet ISO/TS16949.

### Products

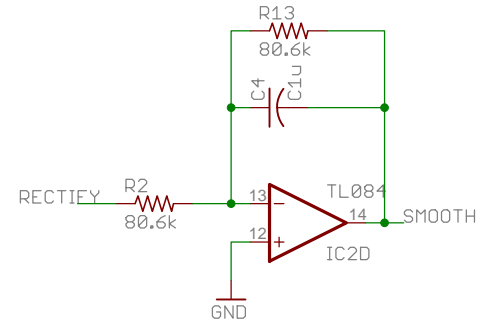
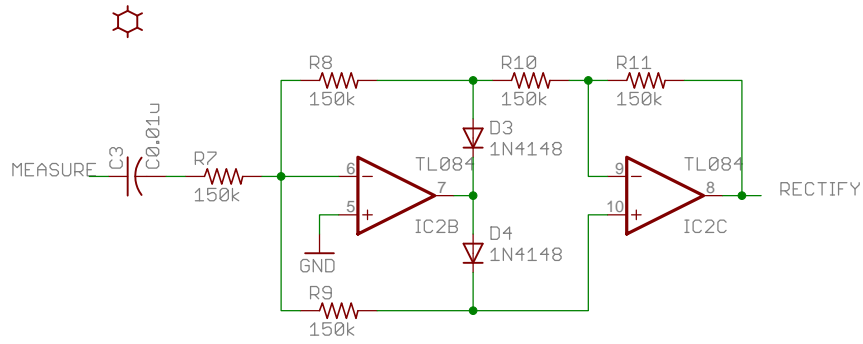
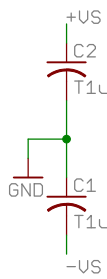
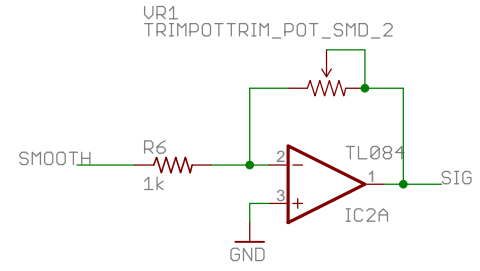
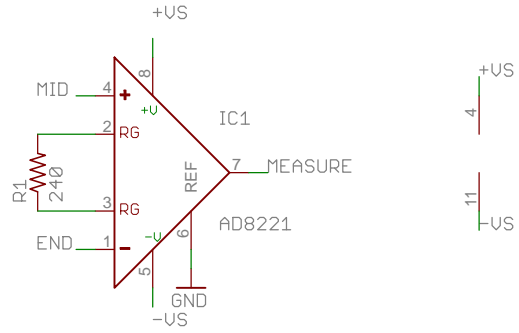
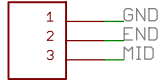
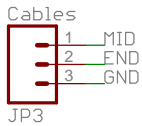
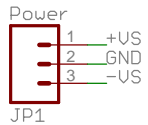
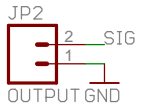
Audio	<a href="http://www.ti.com/audio">www.ti.com/audio</a>
Amplifiers	<a href="http://amplifier.ti.com">amplifier.ti.com</a>
Data Converters	<a href="http://dataconverter.ti.com">dataconverter.ti.com</a>
DLP® Products	<a href="http://www.dlp.com">www.dlp.com</a>
DSP	<a href="http://dsp.ti.com">dsp.ti.com</a>
Clocks and Timers	<a href="http://www.ti.com/clocks">www.ti.com/clocks</a>
Interface	<a href="http://interface.ti.com">interface.ti.com</a>
Logic	<a href="http://logic.ti.com">logic.ti.com</a>
Power Mgmt	<a href="http://power.ti.com">power.ti.com</a>
Microcontrollers	<a href="http://microcontroller.ti.com">microcontroller.ti.com</a>
RFID	<a href="http://www.ti-rfid.com">www.ti-rfid.com</a>
OMAP Applications Processors	<a href="http://www.ti.com/omap">www.ti.com/omap</a>
Wireless Connectivity	<a href="http://www.ti.com/wirelessconnectivity">www.ti.com/wirelessconnectivity</a>

### Applications

Automotive and Transportation	<a href="http://www.ti.com/automotive">www.ti.com/automotive</a>
Communications and Telecom	<a href="http://www.ti.com/communications">www.ti.com/communications</a>
Computers and Peripherals	<a href="http://www.ti.com/computers">www.ti.com/computers</a>
Consumer Electronics	<a href="http://www.ti.com/consumer-apps">www.ti.com/consumer-apps</a>
Energy and Lighting	<a href="http://www.ti.com/energy">www.ti.com/energy</a>
Industrial	<a href="http://www.ti.com/industrial">www.ti.com/industrial</a>
Medical	<a href="http://www.ti.com/medical">www.ti.com/medical</a>
Security	<a href="http://www.ti.com/security">www.ti.com/security</a>
Space, Avionics and Defense	<a href="http://www.ti.com/space-avionics-defense">www.ti.com/space-avionics-defense</a>
Video and Imaging	<a href="http://www.ti.com/video">www.ti.com/video</a>

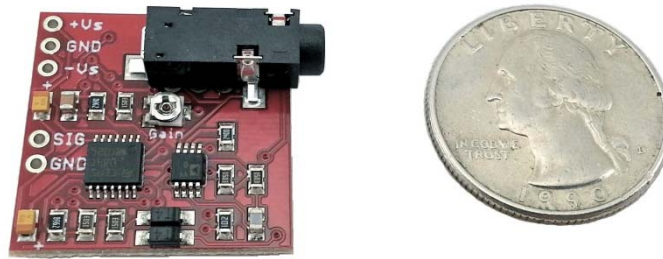
### TI E2E Community

[e2e.ti.com](http://e2e.ti.com)



Brian E. Kaminski

Advancer Technologies	
TITLE: Muscle Sensor Platinum v3	
DATE: 20June2012	SHEET: 1/1



---

## Three-lead Differential Muscle/Electromyography Sensor for Microcontroller Applications

---

### FEATURES

- Small Form Factor (1inch X 1inch)
- Specially Designed For Microcontrollers
- Adjustable Gain – Improved Ruggedness
- New On-board 3.5mm Cable Port
- Pins Fit Easily on Standard Breadboards

### APPLICATIONS

- Video games
- Robots
- Medical Devices
- Wearable/Mobile Electronics
- Powered Exoskeleton suits

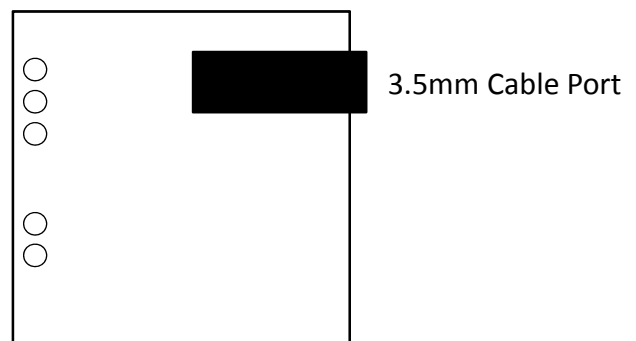
### What is electromyography?

Measuring muscle activation via electric potential, referred to as electromyography (EMG), has traditionally been used for medical research and diagnosis of neuromuscular disorders. However, with the advent of ever shrinking yet more powerful microcontrollers and integrated circuits, EMG circuits and sensors have found their way into prosthetics, robotics and other control systems.

### PIN LAYOUT

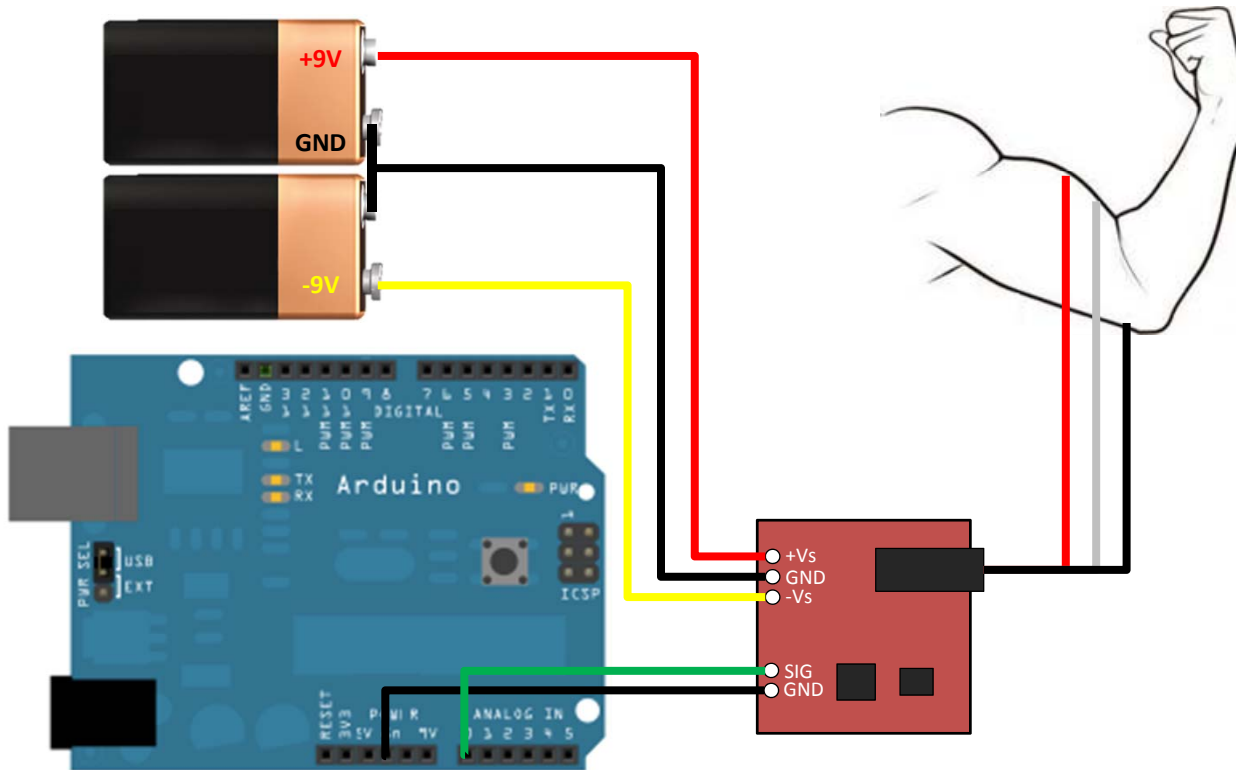
Power Supply, +Vs – 5  
Power Supply, GND – 4  
Power Supply, -Vs – 3

Output Signal, SIG – 2  
GND – 1





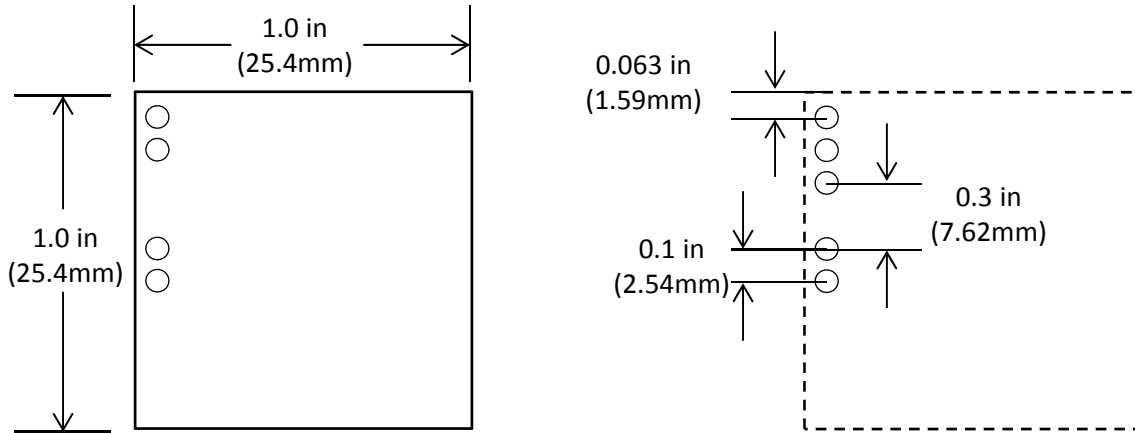
## Getting Started Using Two 9V Batteries



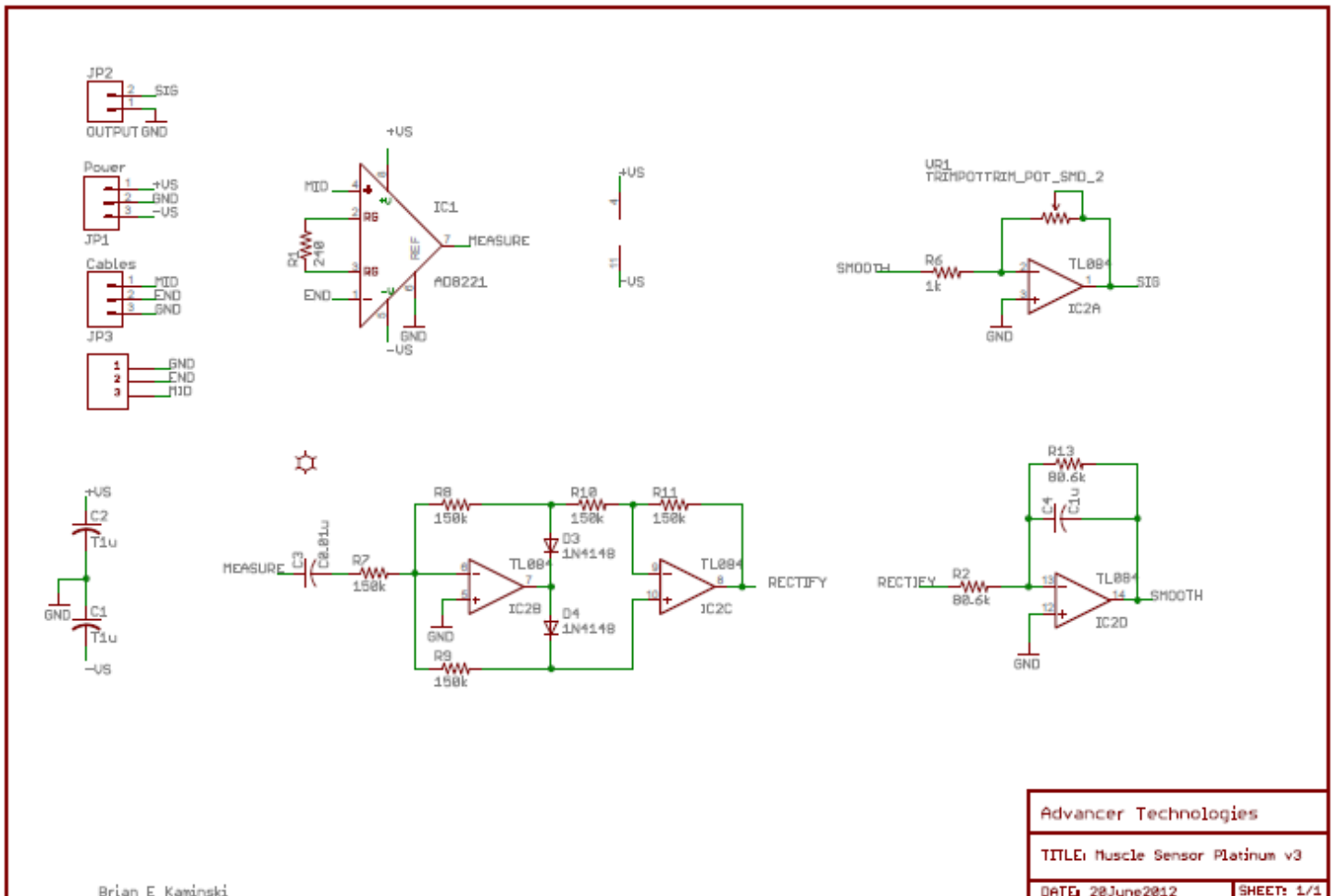
- 1) Connect the power supply (two 9V batteries)
  - a. Connect the positive terminal of the first 9V battery to the +Vs pin on your sensor.
  - b. Connect the negative terminal of the first 9V battery to the positive terminal of the second 9V battery. Then connect to the GND pin on your sensor.
  - c. Connect the negative terminal of the second 9V battery to the -Vs pin of your sensor.
- 2) Connect the electrodes
  - a. After determining which muscle group you want to target (e.g. bicep, forearm, calf), clean the skin thoroughly.
  - b. Place one electrode in the middle of the muscle body, connect this electrode to the RED Cable's snap connector.
  - c. Place a second electrode at one end of the muscle body, connect this electrode to the Blue Cable's snap connector.
  - d. Place a third electrode on a bony or non-muscular part of your body near the targeted muscle, connect this electrode to the Black Cable's snap connector.
- 3) Connect to a Microcontroller (e.g. Arduino)
  - a. Connect the SIG pin of your sensor to an analog pin on the Arduino (e.g. A0)
  - b. Connect the GND pin of your sensor to a GND pin on the Arduino.



## Dimensions



## Circuit Schematic





## Electrical Specifications

Parameter	Min	TYP	Max
Power Supply Voltage (Vs)	±3V	±5V	±30V
Gain Setting, Gain = $207 \cdot (X / 1 \text{ k}\Omega)$	0.01 $\Omega$ (0.002x)	50 k $\Omega$ (10,350x)	100 k $\Omega$ (20,700x)
Output Signal Voltage (Rectified & Smoothed)	0V	--	+Vs
Differential Input Voltage	0 mV	2-5mV	+Vs/Gain



### ELECTROSTATIC DISCHARGE SENSITIVITY

This sensor can be damaged by ESD. Advancer Technologies recommends that all sensors be handled with appropriate precautions. Failure to observe proper handling and installation procedures can cause damage.

ESD damage can range from subtle performance degradation to complete device failure.

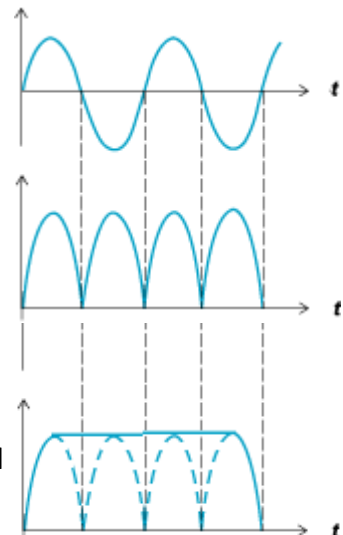
## RAW EMG vs Rectified & Smoothed EMG

Our Muscle Sensors are designed to be used directly with a microcontroller. Therefore, our sensors do not output a RAW EMG signal but rather an amplified, rectified, and smoothed signal that will work well with a microcontroller's analog-to-digital converter (ADC). This difference can be illustrated by using a simple sine wave as an example.

RAW Sine Wave

Full Wave Rectified Sine Wave

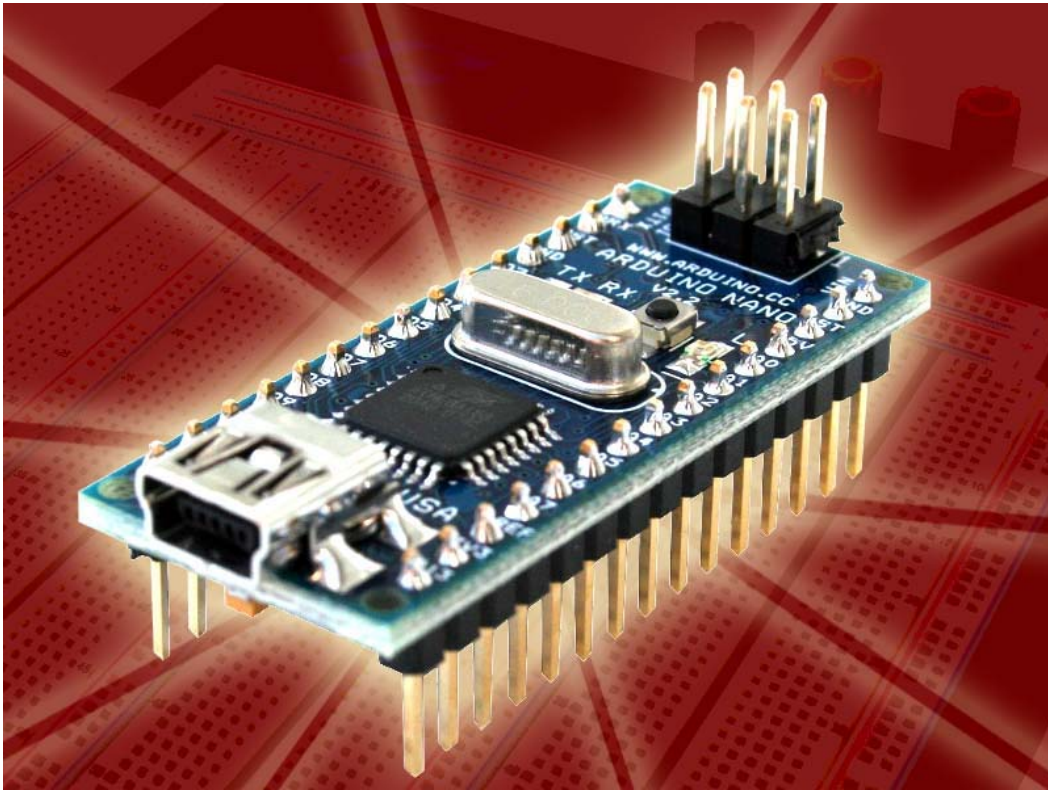
Rectified & Smoothed Sine Wave





# *Arduino Nano (V2.3)*

## *User Manual*



Released under the Creative Commons Attribution Share-Alike 2.5 License

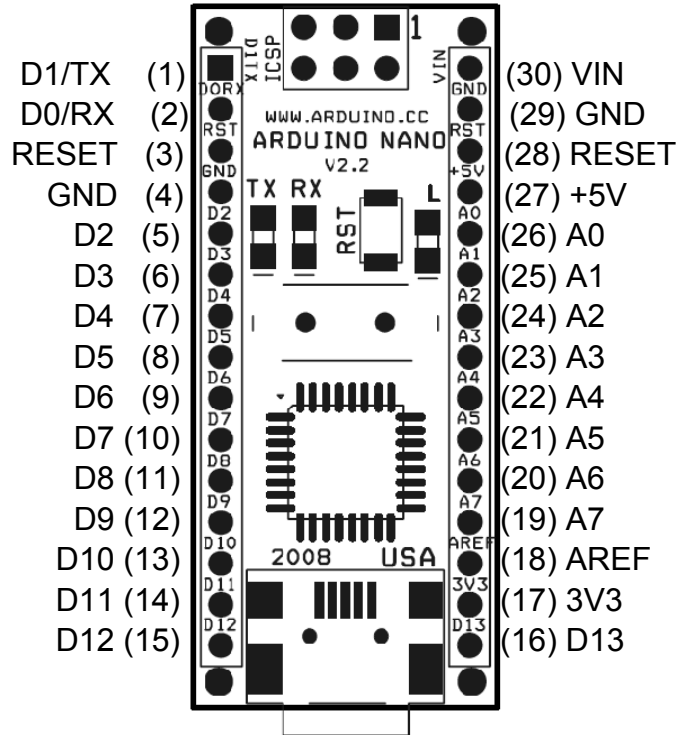
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>

More information:

[www.arduino.cc](http://www.arduino.cc)

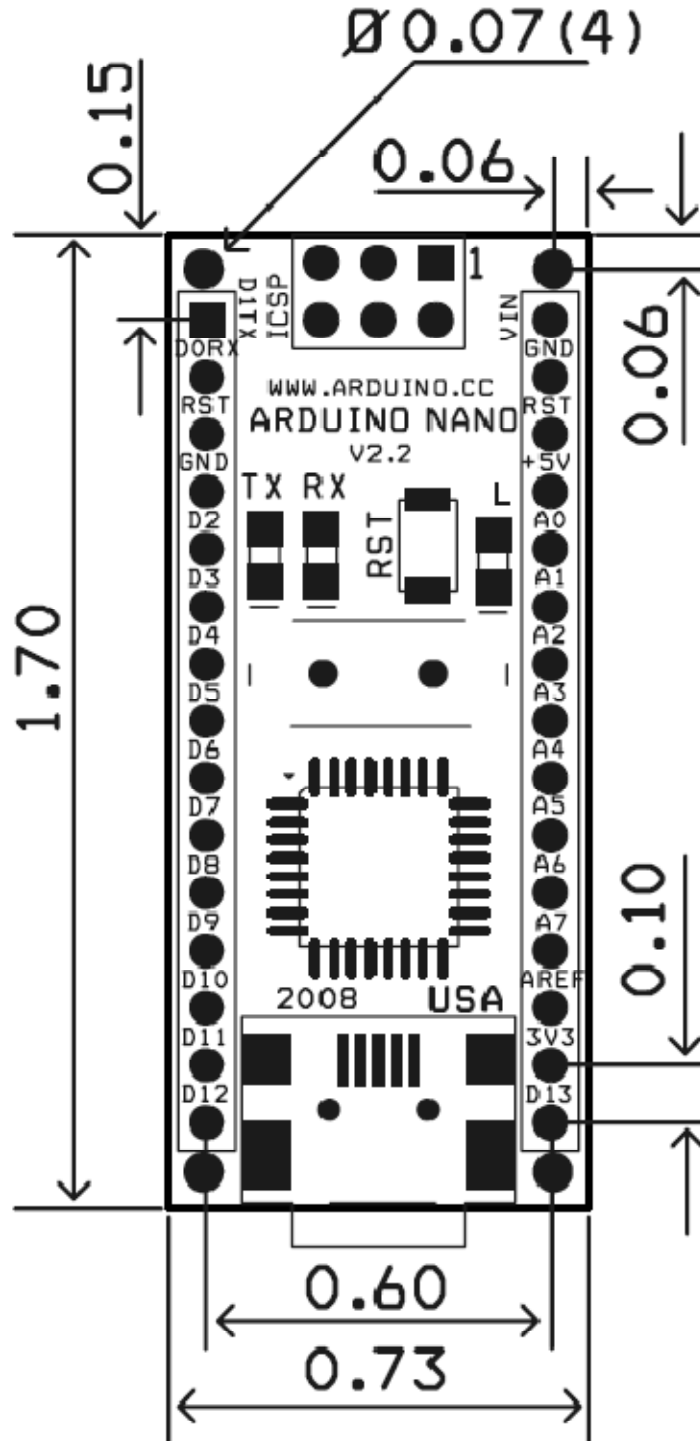
Rev. 2.3

## Arduino Nano Pin Layout



Pin No.	Name	Type	Description
1-2, 5-16	D0-D13	I/O	Digital input/output port 0 to 13
3, 28	RESET	Input	Reset (active low)
4, 29	GND	PWR	Supply ground
17	3V3	Output	+3.3V output (from FTDI)
18	AREF	Input	ADC reference
19-26	A7-A0	Input	Analog input channel 0 to 7
27	+5V	Output or Input	+5V output (from on-board regulator) or +5V (input from external power supply)
30	VIN	PWR	Supply voltage

**Arduino Nano Mechanical Drawing**



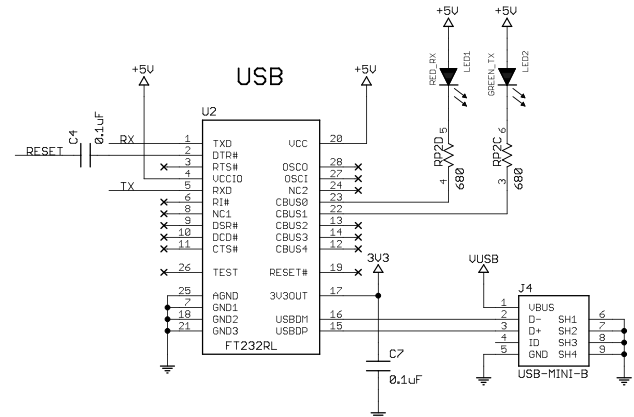
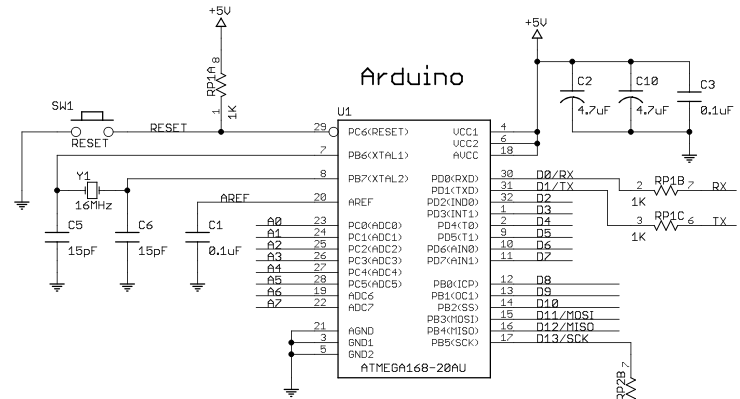
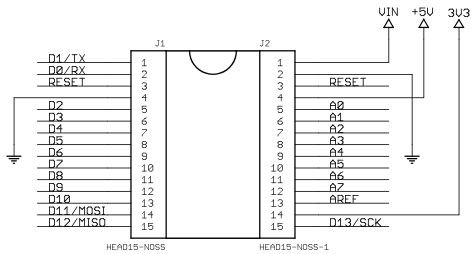
ALL DIMENSIONS ARE IN INCHES

### Arduino Nano Bill of Material

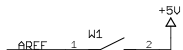
Item Number	Qty.	Ref. Dest.	Description	Mfg. P/N	MFG	Vendor P/N	Vendor
1	5	C1,C3,C4,C7,C9	Capacitor, 0.1uF 50V 10% Ceramic X7R 0805	C0805C104K5RACTU	Kemet	80-C0805C104K5R	Mouser
2	3	C2,C8,C10	Capacitor, 4.7uF 10V 10% Tantalum Case A	T491A475K010AT	Kemet	80-T491A475K010	Mouser
3	2	C5,C6	Capacitor, 18pF 50V 5% Ceramic NOP/COG 0805	C0805C180J5GACTU	Kemet	80-C0805C180J5G	Mouser
4	1	D1	Diode, Schottky 0.5A 20V	MBR0520LT1G	ONsemi	863-MBR0520LT1G	Mouser
5	1	J1,J2	Headers, 36PS 1 Row	68000-136HLF	FCI	649-68000-136HLF	Mouser
6	1	J4	Connector, Mini-B Recept Rt. Angle	67503-1020	Molex	538-67503-1020	Mouser
7	1	J5	Headers, 72PS 2 Rows	67996-272HLF	FCI	649-67996-272HLF	Mouser
8	1	LD1	LED, Super Bright RED 100mcd 640nm 120degree 0805	APT2012SRCPRV	Kingbright	604-APT2012SRCPRV	Mouser
9	1	LD2	LED, Super Bright GREEN 50mcd 570nm 110degree 0805	APHCM2012CGCK-F01	Kingbright	604-APHCM2012CGCK	Mouser
10	1	LD3	LED, Super Bright ORANGE 160mcd 601nm 110degree 0805	APHCM2012SECK-F01	Kingbright	04-APHCM2012SECK	Mouser
11	1	LD4	LED, Super Bright BLUE 80mcd 470nm 110degree 0805	LTST-C170TBKT	Lite-On Inc	160-1579-1-ND	Digikey
12	1	R1	Resistor Pack, 1K +/-5% 62.5mW 4RES SMD	YC164-JR-071KL	Yageo	YC164J-1.0KCT-ND	Digikey
13	1	R2	Resistor Pack, 680 +/-5% 62.5mW 4RES SMD	YC164-JR-07680RL	Yageo	YC164J-680CT-ND	Digikey
14	1	SW1	Switch, Momentary Tact SPST 150gf 3.0x2.5mm	B3U-1000P	Omron	SW1020CT-ND	Digikey
15	1	U1	IC, Microcontroller RISC 16kB Flash, 0.5kB EEPROM, 23 I/O Pins	ATmega168-20AU	Atmel	556-ATMEGA168-20AU	Mouser
16	1	U2	IC, USB to SERIAL UART 28 Pins SSOP	FT232RL	FTDI	895-FT232RL	Mouser
17	1	U3	IC, Voltage regulator 5V, 500mA SOT-223	UA78M05CDCYRG3	TI	595-UA78M05CDCYRG3	Mouser
18	1	Y1	Cystal, 16MHz +/-20ppm HC-49/US Low Profile	ABL-16.000MHZ-B2	Abracon	815-ABL-16-B2	Mouser

# Arduino Nano Schematic

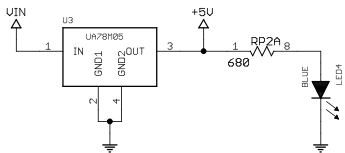
Copyright 2008 under the Creative Commons Attribution Share-Alike 2.5 License  
<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>



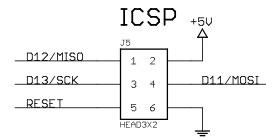
## +5V AREF OPTION



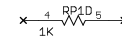
## +5V REG



## +5V AUTO SELECTOR



## NOT USED



v2.3 - Modify FT232RL to use +5V

TITLE: Arduino Nano	
Document Number:	REV: 2.3
Date: 6/26/2008 8:35:54 PM	Sheet: 1/1



# 3-lead Muscle / Electromyography Sensor for Microcontroller Applications

## MyoWare™ Muscle Sensor (AT-04-001)

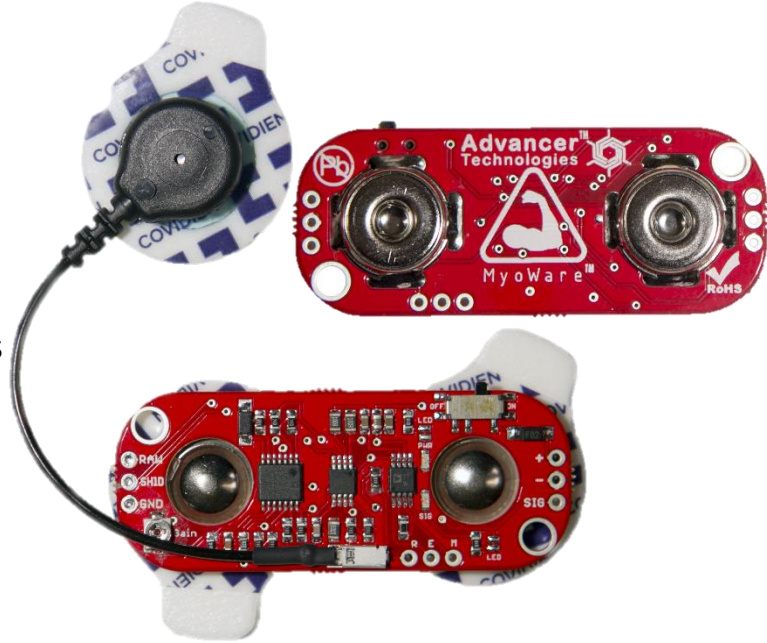
## DATASHEET

### FEATURES

- *NEW* - Wearable Design
- *NEW* - Single Supply
  - +2.9V to +5.7V
  - Polarity reversal protection
- *NEW* - Two Output Modes
  - EMG Envelope
  - Raw EMG
- *NEW* - Expandable via Shields
- *NEW* - LED Indicators
- Specially Designed For Microcontrollers
- Adjustable Gain

### APPLICATIONS

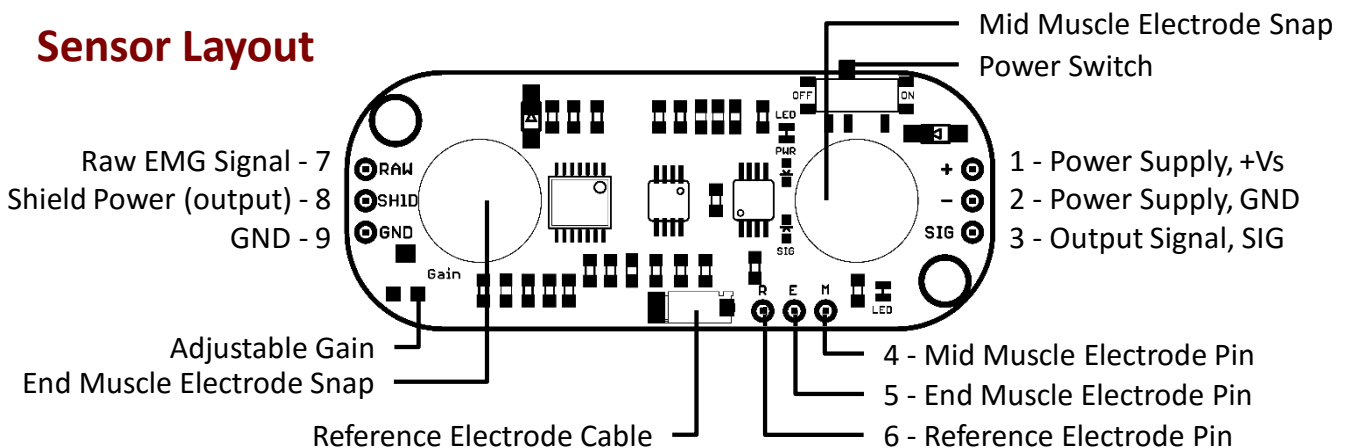
- Video games
- Robotics
- Medical Devices
- Wearable/Mobile Electronics
- Prosthetics/Orthotics



## What is electromyography?

Measuring muscle activation via electric potential, referred to as electromyography (EMG), has traditionally been used for medical research and diagnosis of neuromuscular disorders. However, with the advent of ever shrinking yet more powerful microcontrollers and integrated circuits, EMG circuits and sensors have found their way into prosthetics, robotics and other control systems.

### Sensor Layout

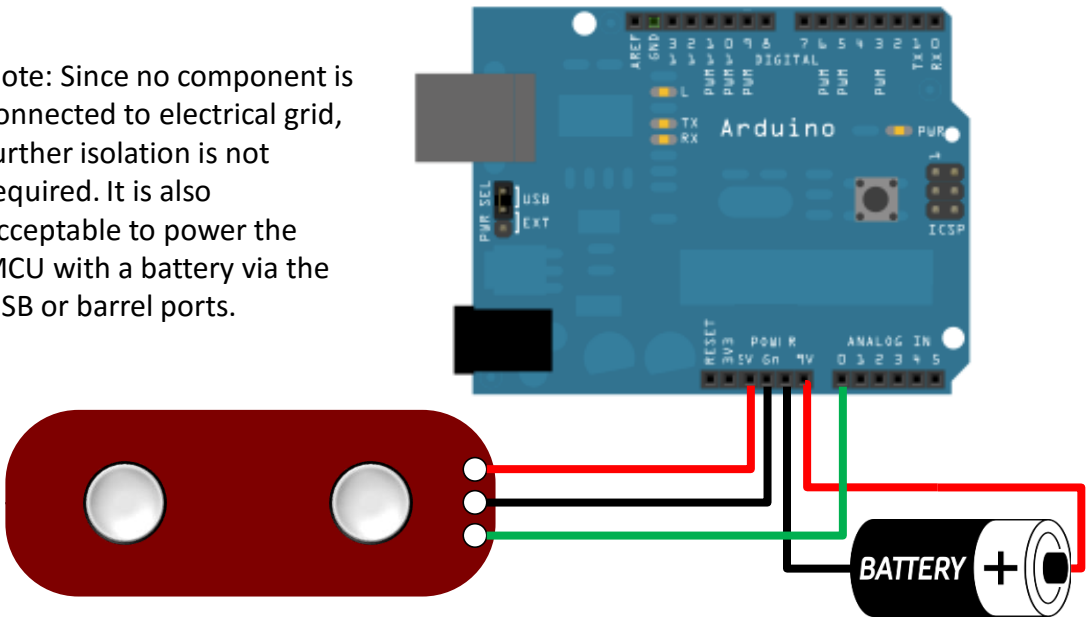


# Setup Configurations *(Arduino is shown but MyoWare is compatible with most development boards)*

## a) Battery powered with isolation via no direct external connections

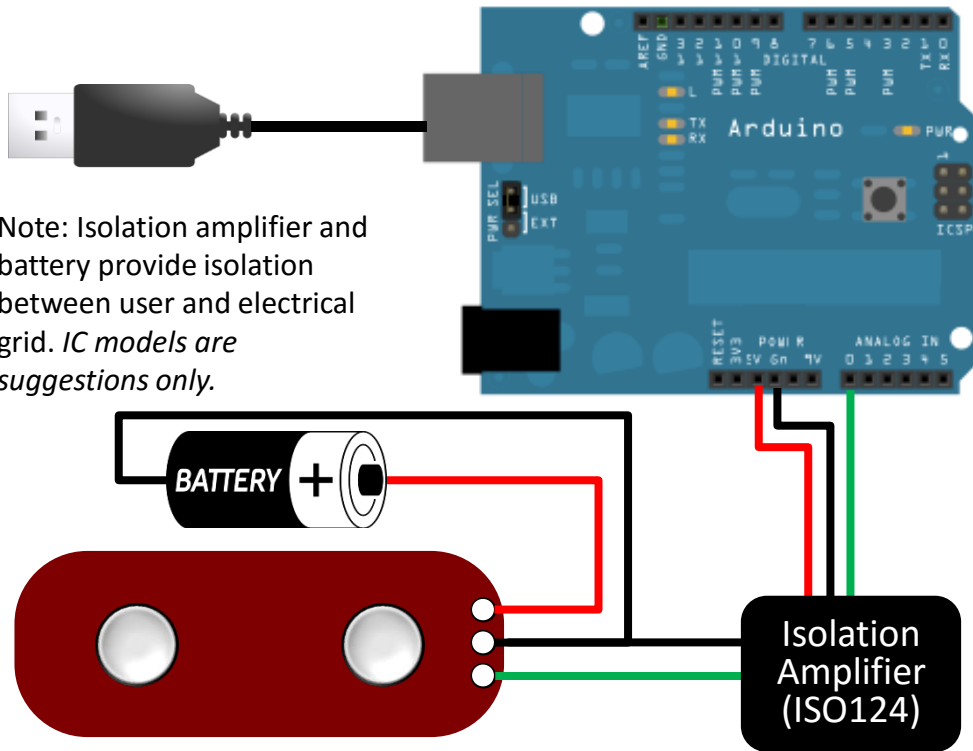
**RECOMMENDED**

Note: Since no component is connected to electrical grid, further isolation is not required. It is also acceptable to power the MCU with a battery via the USB or barrel ports.



## b) Battery powered sensor, Grid powered MCU with output isolation

Note: Isolation amplifier and battery provide isolation between user and electrical grid. *IC models are suggestions only.*

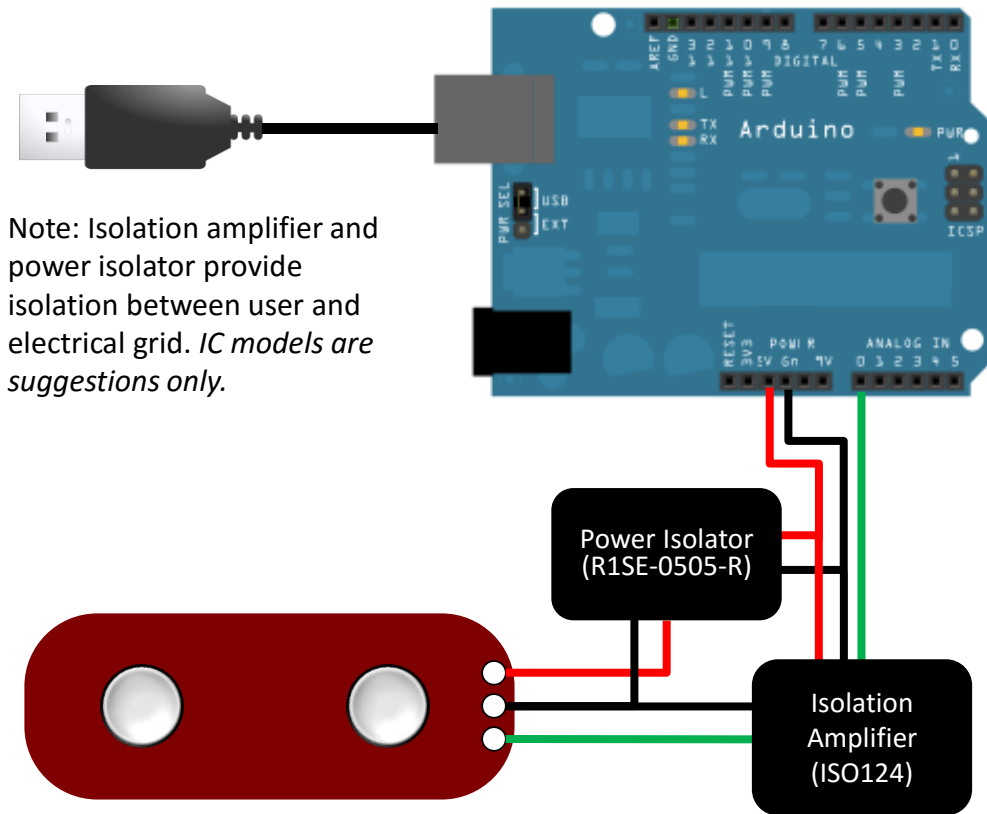


*(Note: Arduino and batteries not included. Arduino setup is only an example; sensor will work with numerous other devices.)*

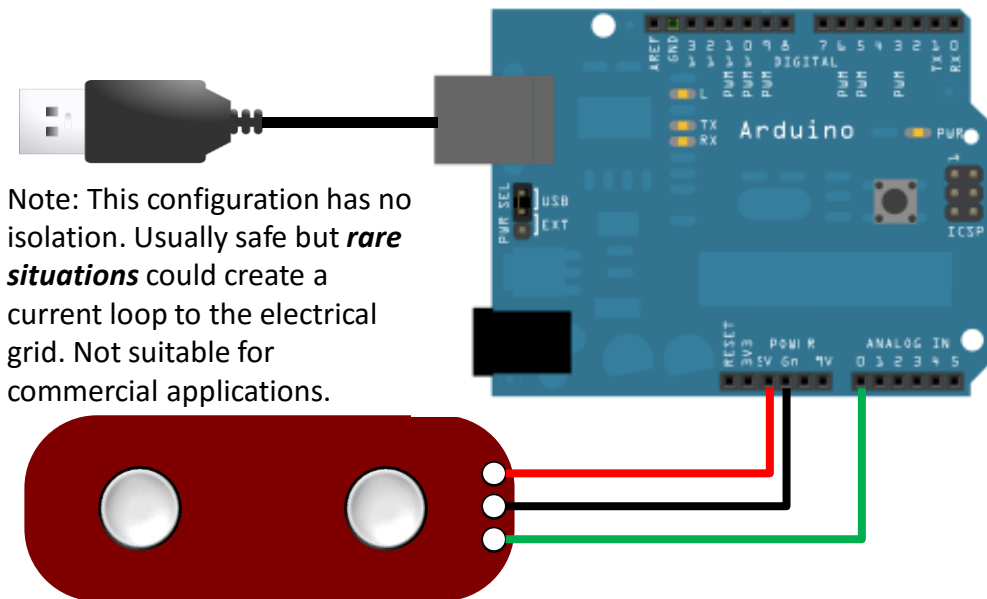


## Setup Configurations (cont'd)

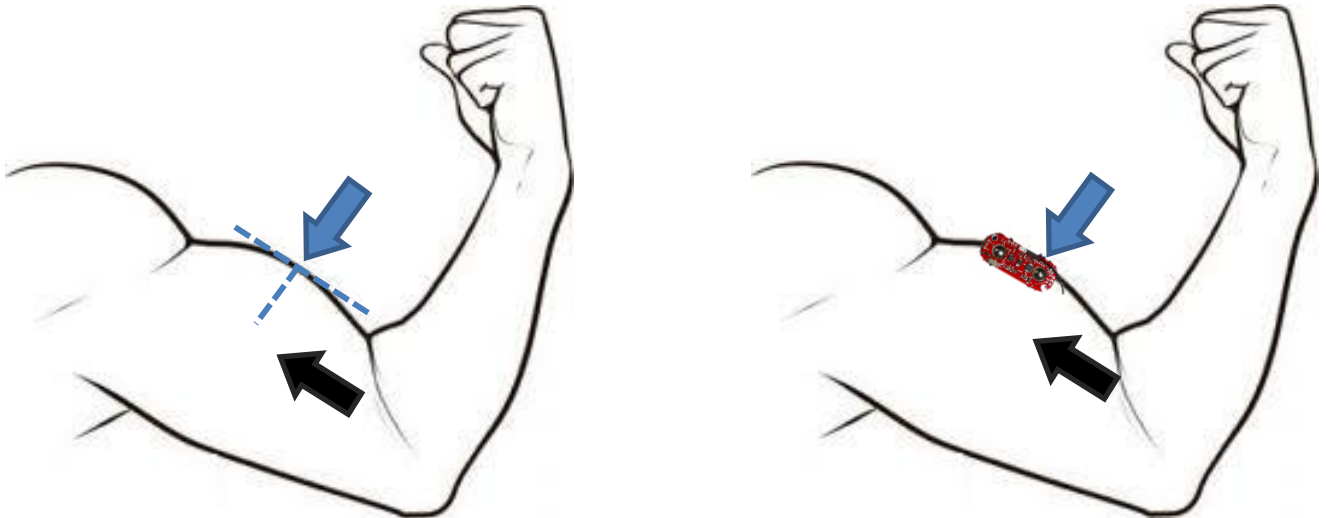
### c) Grid powered with power and output isolation



### d) Grid powered. Warning: No isolation.



## Setup Instructions

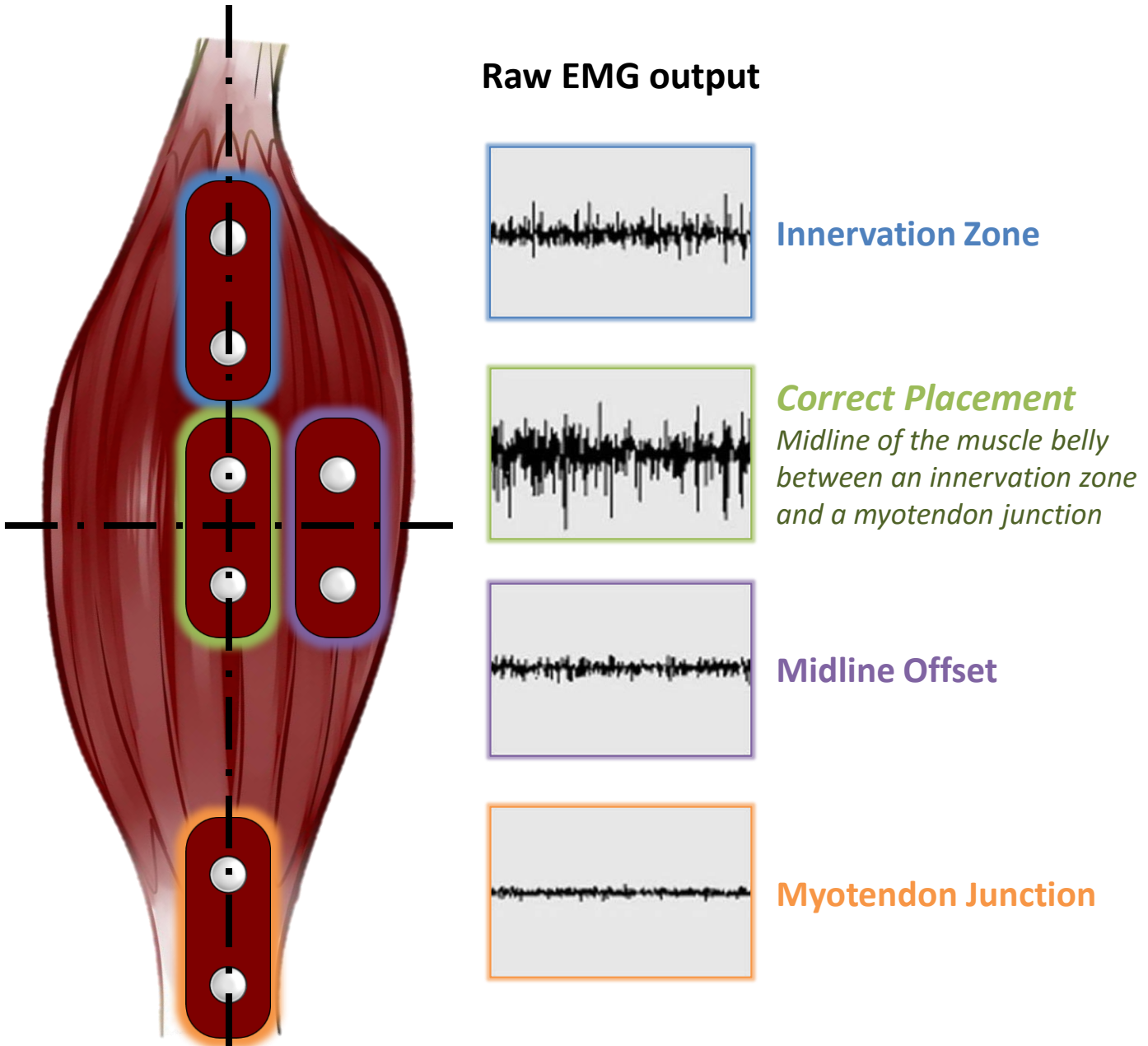


*Note: Not To Scale*

### Example Sensor Location for Bicep

- 1) Thoroughly clean the intended area with soap to remove dirt and oil
- 2) Snap electrodes to the sensor's snap connectors  
*(Note: While you can snap the sensor to the electrodes after they've been placed on the muscle, we do not recommend doing so due to the possibility of excessive force being applied and bruising the skin.)*
- 3) Place the sensor on the desired muscle
  - a. After determining which muscle group you want to target (e.g. bicep, forearm, calf), clean the skin thoroughly
  - b. Place the sensor so one of the connected electrodes is in the middle of the muscle body. The other electrode should line up in the direction of the muscle length
  - c. Peel off the backs of the electrodes to expose the adhesive and apply them to the skin
  - d. Place the reference electrode on a bony or nonadjacent muscular part of your body near the targeted muscle
- 4) Connect to a development board (e.g. Arduino, RaspberryPi), microcontroller, or ADC
  - a. See configurations previously shown

## Why is electrode placement important?



Position and orientation of the muscle sensor electrodes has a vast effect on the strength of the signal. The electrodes should be placed in the middle of the muscle body and should be aligned with the orientation of the muscle fibers. Placing the sensor in other locations will reduce the strength and quality of the sensor's signal due to a reduction of the number of motor units measured and interference attributed to crosstalk.

## RAW EMG vs EMG Envelope

Our Muscle Sensors are designed to be used directly with a microcontroller. Therefore, our sensors primary output is not a RAW EMG signal but rather an amplified, rectified, and integrated signal (AKA the EMG's envelope) that will work well with a microcontroller's analog-to-digital converter (ADC). This difference is illustrated below using a representative EMG signal. *Note: Actual sensor output not shown.*

RAW EMG Signal



Rectified EMG Signal



Rectified & Integrated EMG Signal

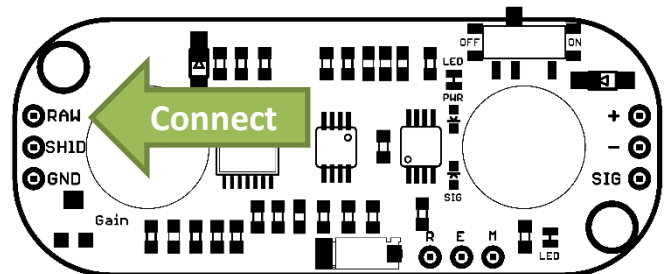


## Reconfigure for Raw EMG Output

**This new version has the ability to output an amplified raw EMG signal.**

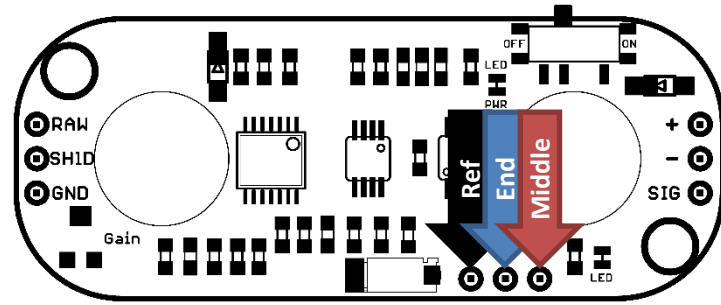
To output the raw EMG signal, simply connect the raw EMG signal pin to your measuring device instead of the SIG pin.

*Note: This output is centered about an offset voltage of  $+V_s/2$ , see above. It is important to ensure  $+V_s$  is the max voltage of the MCU's analog to digital converter. This will assure that you completely see both positive and negative portions of the waveform.*



## Connecting external electrode cables

This new version has embedded electrode snaps right on the sensor board itself, replacing the need for a cable. However, if the on board snaps do not fit a user's specific application, an external cable can be connected to the board through three through hole pads shown above.



### Middle

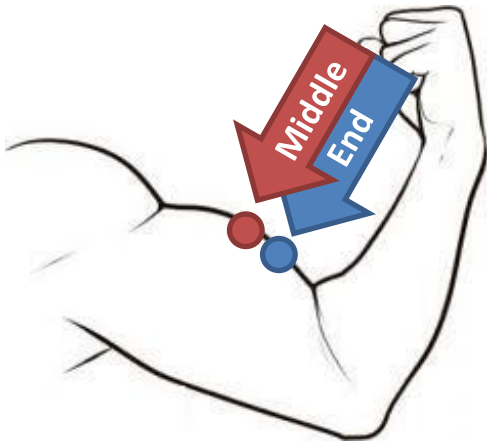
Connect this pad to the cable leading to an electrode placed in the middle of the muscle body.

### End

Connect this to the cable leading to an electrode placed adjacent to the middle electrode towards the end of the muscle body.

### Ref

Connect this to the reference electrode. The reference electrode should be placed on a separate section of the body, such as the bony portion of the elbow or a nonadjacent muscle

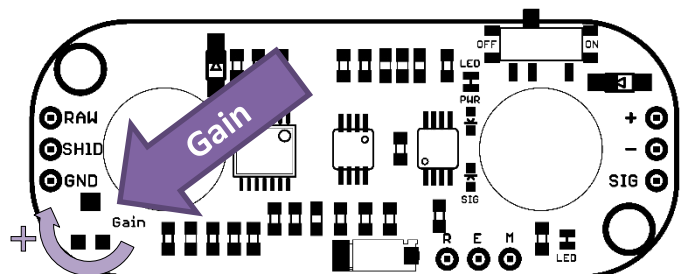


## Adjusting the gain

We recommend for users to get their sensor setup working reliably prior to adjusting the gain. The default gain setting should be appropriate for most applications.

To adjust the gain, locate the gain potentiometer in the lower left corner of the sensor (marked as "GAIN"). Using a Phillips screwdriver, turn the potentiometer counterclockwise to increase the output gain; turn the potentiometer clockwise to reduce the gain.

*Note: In order to reduce the required voltage for the sensor, the redesign switch out a JFET amplifier for a CMOS amplifier. However CMOS amplifiers tend to have slower recovery times when saturated. Therefore, we advise users to adjust the gain such that the output signal will not saturate the amplifier.*



## Electrical Specifications

Parameter	Min	TYP	Max
Supply Voltage	+2.9V	+3.3V or +5V	+5.7V
Adjustable Gain Potentiometer	0.01 $\Omega$	50 k $\Omega$	100 k $\Omega$
Output Signal Voltage EMG Envelope Raw EMG (centered about +Vs/2)	0V 0V	-- --	+Vs +Vs
Input Impedance	--	110 G $\Omega$	--
Supply Current	--	9 mA	14 mA
Common Mode Rejection Ratio (CMRR)	--	110	--
Input Bias	--	1 pA	--

## Dimensions

