



# UNAM

## FES ARAGÓN

División de Humanidades y artes  
Licenciatura en Diseño Industrial



Prótesis transtibial para amputaciones congénitas en niños para el INR

Proyecto final más replica oral que para obtener el título de Licenciado en Diseño Industrial



Presenta:  
Martínez Alpízar Alfonso Raymundo  
Núm.: 30833963-5

Ciudad Nezahualcóyotl, Edo. México, agosto 2018

Asesor: D. I. Ricardo Alberto Obregón



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.





## Jurado

**D.I Ricardo Alberto Obregón Sánchez**

**DRA. Norma Edith Alonso Hernández**

**D.I. Jesús Alejandro Sánchez González**

**D.I. Miguel Ángel Rodríguez Arroyo**

**D.I Arturo Díaz Hernández**

# Agradecimientos

A mis padres **Martínez Sánchez Alfonso y Rosario Alpizar Ramírez** quienes siempre han sido un ejemplo para mí. Gracias a ello estoy alcanzado mis metas con mucho orgullo. Les debo un eterno agradecimiento y mi retribución total por su "gran amor".

A mis profesores **D. I. Ricardo Alberto Obregón y D.I Norma Edith Alonso Hernández** les agradezco la confianza, compromiso y el tiempo para guiarme en la conclusión de este proyecto.

A mis amigos **Sandra González Cortes y Jorge Arturo Reyes Torres** por su valiosa amistad, apoyo y por dejarme formar parte de grandes aventuras juntos.

A la **Facultad de Estudios Superiores Aragón** por haberme permitido formarme y en ella y a todas las personas que fueron participes de este proceso.

# Índice

Resumen -Abstract.....	7
Introducción.....	8

## Capítulo 1

### Malformaciones congénitas anomalías del recién nacido.

Antecedentes .....	11
Malformaciones congénitas .....	13
Incidencia de nacimientos congénitos .....	14
Clasificación de malformaciones congénitas .....	15
Amputación congénita .....	16
Prótesis y Biomecánica .....	18
Conclusión.....	19

## Capítulo 2

### Matriz de diseño planteamiento del problema.

Introducción.....	23
Instituto Nacional de Rehabilitación .....	24
Medicina de rehabilitación .....	26
Rehabilitación pediátrica.....	27
Niños con amputación congénita.....	30
Características del muñón .....	31
Crecimiento óseo.....	32
Medidas antropométricas .....	33

La marcha en el menor.....	34
Descripción de la actividad .....	36
Distribución de la carga .....	39
Prótesis transtibial .....	41
Encaje .....	42
Elementos de conexión y alineación.....	43
Estructura.....	44
Acople pie .....	45
Pie protésico .....	47
Listado de componentes .....	48
Costos de materiales.....	49
Planteamiento del problema .....	50
Objetivo general .....	51
Estudio y análisis de productos análogos .....	52
Prótesis transtibial con pie uniaxial.....	53
Prótesis transtibial con pie multiaxial .....	56
Prótesis transtibial con pie de respuesta dinámica .....	59
Análisis de productos análogos .....	62
Reflexión productos análogos .....	64
Requerimientos generales.....	65
Desarrollo de alternativas de diseño.....	66
Simulador prótesis transtibial.....	67
Análisis de simuladores.....	68

### Capítulo 3

#### Proceso de diseño

#### Desarrollo del proyecto

Concepto de diseño.....	73
Componentes del producto.....	74
Encaje protésico.....	75
Proceso productivo encaje.....	76
Lanzadera.....	77
Proceso productivo lanzadera.....	78
Soporte.....	79
Proceso productivo soporte.....	80
Acople pie protésico.....	81
Proceso productivo pie protésico.....	82
Pie protésico.....	83
Envolventes.....	84
Proceso productivo envolventes.....	85
Estuche.....	86
Diseño gráfico del estuche.....	87
Secuencia de uso.....	88
Acople encaje- muñón.....	90
Acople lanzadera-soporte.....	92
La marcha.....	95
Fase de apoyo.....	96
Fase de balanceo.....	98

Desmontaje.....	99
Secuencia ergonómica.....	102
Protección y apoyos.....	103
Distribución de la carga.....	106
Movimientos articulares.....	107
Ajuste ergonómico.....	108
Aspectos psicológicos.....	111
Impacto socioeconómico.....	113
Costo del proyecto.....	114
Tabla de costo de materiales.....	115
Conclusión.....	116
Bibliografía.....	117
Glosario.....	118

#### Anexos

Clasificación planos técnicos.....	122
instalaciones.....	157
Personal ortopedista.....	159
Tipos de resortes.....	162
Resorte de Compresión.....	163

## Resumen - Abstract

Desarrollo del proyecto de una prótesis transtibial para amputaciones congénitas en niños para el Instituto Nacional de Rehabilitación (INR) en la CDMX.

• • •

Development of the project of a transtibial prosthesis for congenital amputations in children for the National Institute of Rehabilitation (INR) in the CDMX.

## Introducción

El presente proyecto final se realizó en colaboración de docentes en materia de Diseño Industrial de la Facultad de Estudios Superiores Aragón UNAM; así mismo de asesoría de un equipo multidisciplinar compuesto por un médico rehabilitador, técnico ortopédico, fisioterapeuta, profesional de enfermería y un familiar del Instituto Nacional de Rehabilitación ubicado en Calz. México-Xochimilco 289, Tlalpan, Arenal de Guadalupe, 14389 Ciudad de México, D.F.

Para efecto de nuestro estudio se describe el proceso de diseño e investigación sobre una prótesis transtibial (debajo de la rodilla), capaz de ser autoajustable para adaptarse al crecimiento del paciente. Destinada a niños dentro de un rango de 2 a 5 años de edad; que presentan una amputación transversa a causa de una malformación congénita y debido al desarrollo normal del muñón después de la cirugía, son aptos para la utilización de una prótesis estándar para la ejecución de la marcha. Destacando solamente la marcha con un desplazamiento lineal con un movimiento dirigido que se utiliza en la rehabilitación cuando el usuario está comenzando la fase pre protésica del miembro inferior.

Actualmente en México existen aproximadamente 50 000 nacimientos con discapacidad motriz, lo que conlleva a que el infante desde muy temprana edad tenga que recurrir al uso de una prótesis transtibial para poder desarrollar sus actividades de forma independiente y la cual deberá ser cambiarla de 2 a 3 prótesis al año.

Esto presenta un gran problema tanto económico, emocional, funcional y de integración para el menor así como para su familia.

Por esta razón el objetivo principal de este proyecto será la unificación de la prótesis transtibial junto con el crecimiento del menor para que pueda desarrollar su actividad motriz de forma adecuada a un bajo costo y a largo plazo, creando condiciones favorables para la aceptación individual y social.

Para tal efecto el presente documento está conformado por tres capítulos los cuales se describen a continuación:

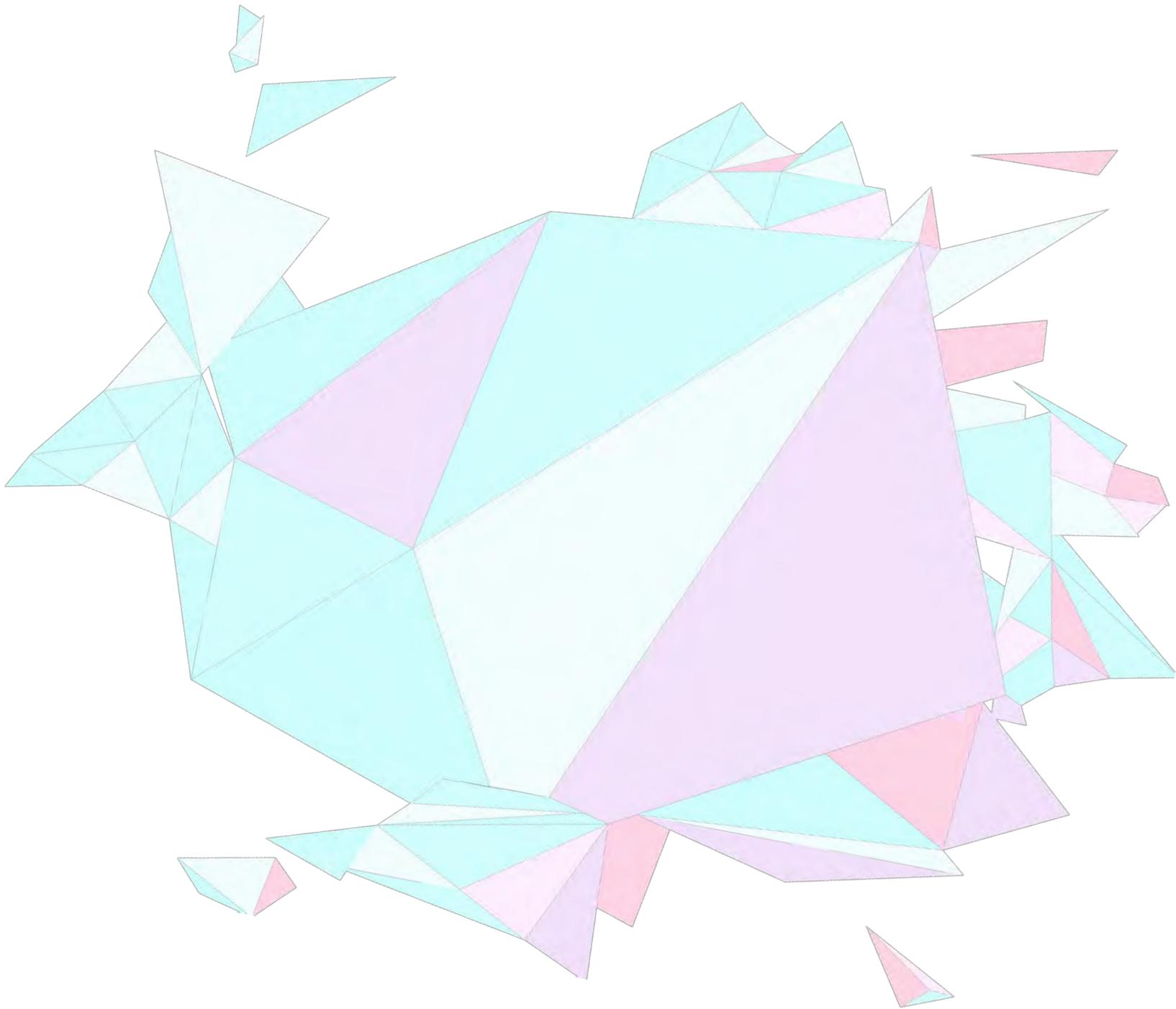
- Capítulo 1 **Malformaciones congénitas:** se describe el impacto actual y los porcentajes de afectación con mayor incidencia en dichos infantes.
- Capítulo 2 **Matriz de diseño:** se identifica al usuario del caso de estudio al igual que sus características físicas y fisiológicas para el desarrollo de la marcha como actividad primordial; así como un análisis de productos análogos para destacar sus ventajas y desventajas para brindar nuevas alternativas de diseño.
- Capítulo 3 **Proceso de diseño:** se describen los componentes que conforman el proyecto; así como aspectos ergonómicos, psicológicos, económicos y de uso a corto y a largo plazo.



# **Capítulo 1**

# **Malformaciones congénitas**

## **Anomalías del recién nacido**



## Antecedentes

Desde la antigüedad las malformaciones<sup>1</sup> y defectos en los neonatos<sup>2</sup> han sido de gran impacto en la historia de la medicina, y mucho más en la embriología<sup>3</sup>. La encargada de estudiar y explicar estos padecimientos fue la teratología “ciencia que estudia las causas y efectos de las malformaciones congénitas.” (Navarra, 1999, pág. 1178)

Los primeros registros encontrados se remontan a 1867 a. C en Mesopotamia (Babilonia), donde el nacimiento de hijos anormales como los siamés<sup>4</sup> o de dos cabezas, era considerado un evento que anunciaba lo que ocurriría en el futuro (Figura 1).



Figura 1: Siamés

Para los griegos dichos nacimientos anormales tenían diferentes causas como accidentes de la naturaleza, el resultado del apareamiento del ser humano con demonios, brujas, y otros elementos malignos. Por lo cual Platón sostenía que “no convenía darles tratamiento alguno si se les consideraba inadecuadamente incapaces de desarrollar todas sus facultades” (Guzman, 2005, pág. 61) como podemos observar en las figura 2 y 3.



Figura 2: Niña con pies torcidos



Figura 3: Neonato con malformación en el labio

<sup>1</sup> Malformación: Neurocir. F. Alteración de la morfología corporal por un desarrollo anómalo.

<sup>2</sup> Neonato: Ginecol. m. recién nacido

<sup>3</sup> Embriología: Anat. F. ciencia que estudia el desarrollo del ser desde la fertilización hasta el nacimiento.

<sup>4</sup> Siamés: son aquellos gemelos cuyos cuerpos siguen unidos después del nacimiento.

Estas personas en ocasiones eran exhibidas en circos, plazas, y espectáculos diversos; y en ocasiones se les privaba del derecho a la vida ya que se consideraban “enviados del demonio”, otras veces eran víctimas de sacrificios a los dioses o de repulsión social al ser considerados como monstruos (Figura 4).



**Figura 4: la parada de los monstruos 1932**

Los pacientes malformados constituían un grupo excluido que en ocasiones al nacer eran abandonados por sus familiares en iglesias o instituciones estatales que los recluían apartándoles de la vida social en general por el alto costo que representaban y la imposibilidad de su incorporación laboral, siendo una carga social.

Las primeras instituciones de beneficencia y atención a discapacitados fueron a niños y ancianos conformadas principalmente por religiosos quienes fundamentaron su acción en el pasamiento europeo (bondad; caridad y asistencia).

Pero fue hasta 1579 Ambroise Paré (figura 5) un cirujano francés público acerca de descripciones de varias malformaciones y anomalías del neonato titulado "monstruos y prodigios", a pesar de sus errores sentaron las bases de la cirugía moderna.



**Figura 5: retrato Ambroise Paré 1579**

Posteriormente se desarrolló una teoría que explicaba que las malformaciones eran causadas por la interrupción repentina de algunos procesos específicos en el desarrollo materno y fue formulada por Harvey en 1651.

Desde este momento los médicos iniciaron un extenso estudio sobre las enfermedades que en la actualidad se consideran como congénitas. Pero fue hasta 1900 gracias a los avances tecnológicos y científicos que se inició la experimentación embriológica estableciendo que los defectos y anomalías eran de origen genético, infeccioso o ambiental.

## Malformaciones congénitas

Las malformaciones congénitas<sup>5</sup> “son anomalías del desarrollo embrionario, que están presentes en el momento del nacimiento”. (Palomero, 1998, pág. 282)

Ocurren durante los primeros 3 meses del embarazo, las cuales pueden tener un origen genético, infeccioso o ambiental, aunque en la mayoría de los casos resulta difícil identificar su causa.

Afecta no solo a la persona, sino también al núcleo familiar y en el ámbito social y económico. Además presentan una limitación física en sus funciones y también un desajuste psicológico y una limitación en su desarrollo socioeconómico, educativo y cultural.

Actualmente en México se ubica entre los primeros lugares a escala mundial en el nacimiento de bebés con malformaciones congénitas de acuerdo al mes de Prevención de Enfermedades y Deficiencias al Nacimiento 2013.

En promedio se tiene actualmente un crecimiento de nacimientos por año de 1.5 millones, de acuerdo a los datos del censo de población realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en el año 2010.

De los cuales afectan a cada 73.9 de cada 10000 nacimientos, lo que representa del 2 al 3%, es decir 500 mil presentan algún tipo de discapacidad en el nacimiento. De los cuales el 58.8 % tiene una discapacidad motriz y el 8.5 % una discapacidad mental (figura 6), del cual 49% son hombres y 51% mujeres.

La prevalencia en el país de este tipo de padecimientos tiene mayor influencia en los estados de Ciudad de México, Yucatán, Tabasco, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Toluca, Michoacán, Guanajuato, Querétaro y Aguascalientes (figura 7).

### Malformaciones Congénitas

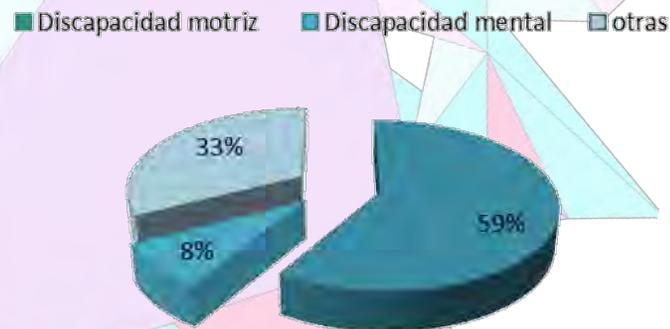


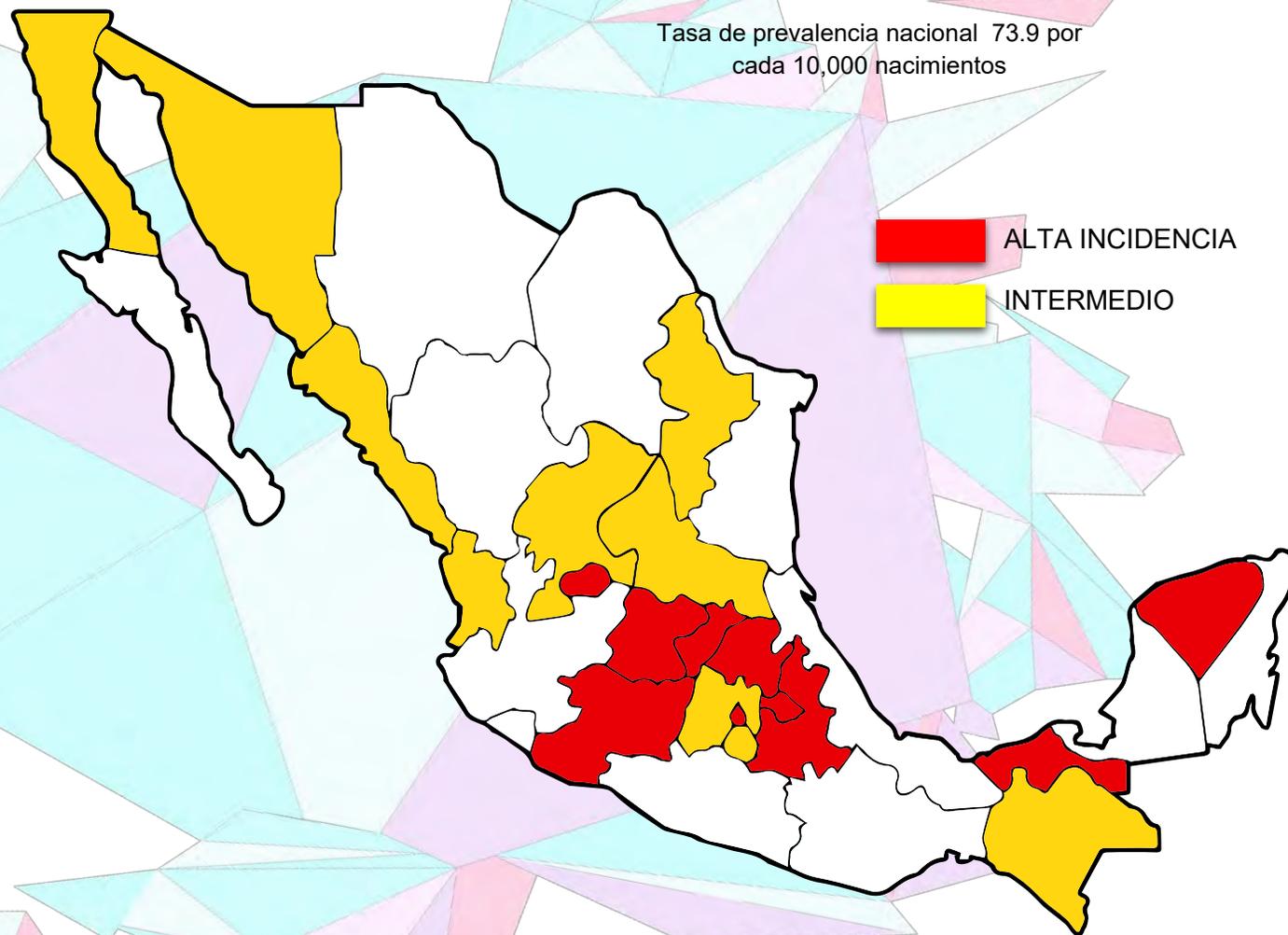
Figura 6: Gráfica del tipo de discapacidad a causa de la malformación congénita

Elaboración propia

<sup>5</sup> Congénito: enfermedad o malformación que se adquiere durante el periodo de gestación

## Incidencia de nacimientos congénitos

Entidad	Tasa
Nuevo león	26.8
Chiapas	34.7
Sonora	37.8
Nayarit	42.7
Sinaloa	46.9
Zacatecas	51.7
Baja california norte	56.5
Morelos	57.0
Edo de México	58.3
San Luis potosi	60.2
Oaxaca	63.6
Tamaulipas	66.1
Veracruz	66.1
Campeche	66.8
Chihuahua	67.7
Durango	69.0
Jalisco	69.9
Quintana roo	70.0
guerrero	71.8
Baja california sur	76.1
Coahuila	77.3
Tabasco	88.9
Michoacán	90.6
Guanajuato	93.0
Puebla	94.5
Hidalgo	95.4
Yucatán	102.8
Tlaxcala	105.5
Distrito federal	118.4
Querétaro	134.0
Colima	134.5
Aguascalientes	187.4



**Figura 7: Tasa de prevalencia de malformaciones  
congénitas por CIE en México**

Elaboración propia

## Clasificación de malformaciones congénitas

De acuerdo al autor Ramón Zambudino (2009) señala que las malformaciones se dividen en longitudinales y transversas; la primera de ellas se refiere cuando hay ausencia parcial de huesos lo cual causa que el miembro se desarrolle de diferentes maneras.

La segunda de ellas se refiere cuando la extremidad se desarrolla normal en una dirección hasta que se detienen el desarrollo. Este tipo de malformaciones tienen características similares a los muñones quirúrgicos estándar que los hace aptos para la utilización de una prótesis estándar; la única diferencia es que en el extremo del muñón cuentan con mamelones<sup>6</sup>.

Además dependiendo de la ubicación de la amputación se clasifican de acuerdo con su situación en ciertos órganos y sistemas, y factores en relación de la magnitud. Cabe señalar que las de mayor influencia son:

- ❖ Amelia: “caracterizada por la falta de una o varias extremidades” (NAVARRA, 1999, pág. 52 (figura 8).
- ❖ Hemimelia: “ausencia del segmento distal de una extremidad” (NAVARRA, 1999, pág. 590) (figura 9).
- ❖ Focomelia:” acortamiento de los elementos de la extremidad más cercanos al cuerpo” (NAVARRA, 1999) (figura 10).

<sup>6</sup> mamelones: eminencia carnosa los cuales son pequeños dedos o umbilicaciones.



Figura 8: Amelia de miembro superior derecho

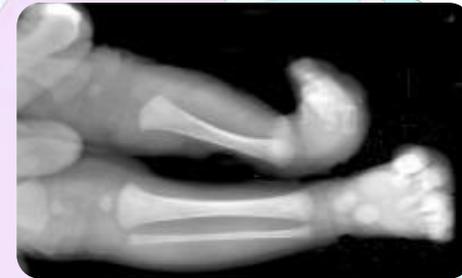


Figura 9: Hemimelia en el peroné



Figura 10: Focomelia de miembro inferior derecho

## Amputación congénita

En los nacimientos con anomalías congénitas sus extremidades<sup>7</sup> se desarrollan de diferente manera (ver pág.11) por lo que en la mayoría de las ocasiones se recurre a la incidencia de amputación transtibial un 47% y la transfemoral<sup>8</sup> 31% de extremidades en niños menores de 5 años, como se muestra en la figura 11, todo esto con el fin de poder ser candidato a una prótesis.

La Amputación transtibial se realiza debajo de la rodilla y por encima de la articulación del tobillo, en la unión de tercio medio y superior de la tibia<sup>9</sup>, lo cual facilita la aceptación de la prótesis.

Cabe destacar que el resultado de dicha amputación nos dará como resultado un muñón el cual se define como "Parte de un miembro amputado comprendido entre la cicatriz y la articulación inmediatamente por encima". El cual es un elemento fundamental para proporcionar una prótesis ideal de acuerdo al paciente para alinear y estabilizar adecuadamente el ciclo de la marcha.

Amputación  
transfemoral

31%

Amputación  
transtibial

47%

Figura 11: Nivel de amputación

Elaboración propia

<sup>7</sup> Extremidad: anatomía miembro brazo o pierna del cuerpo humano o parte análoga en los animales

<sup>8</sup> Transfemoral: amputación de la parte superior de la pierna se corta el hueso del fémur.

<sup>9</sup> Tibia: Hueso anterior, interno y más grueso de los dos que unen la rodilla con el pie

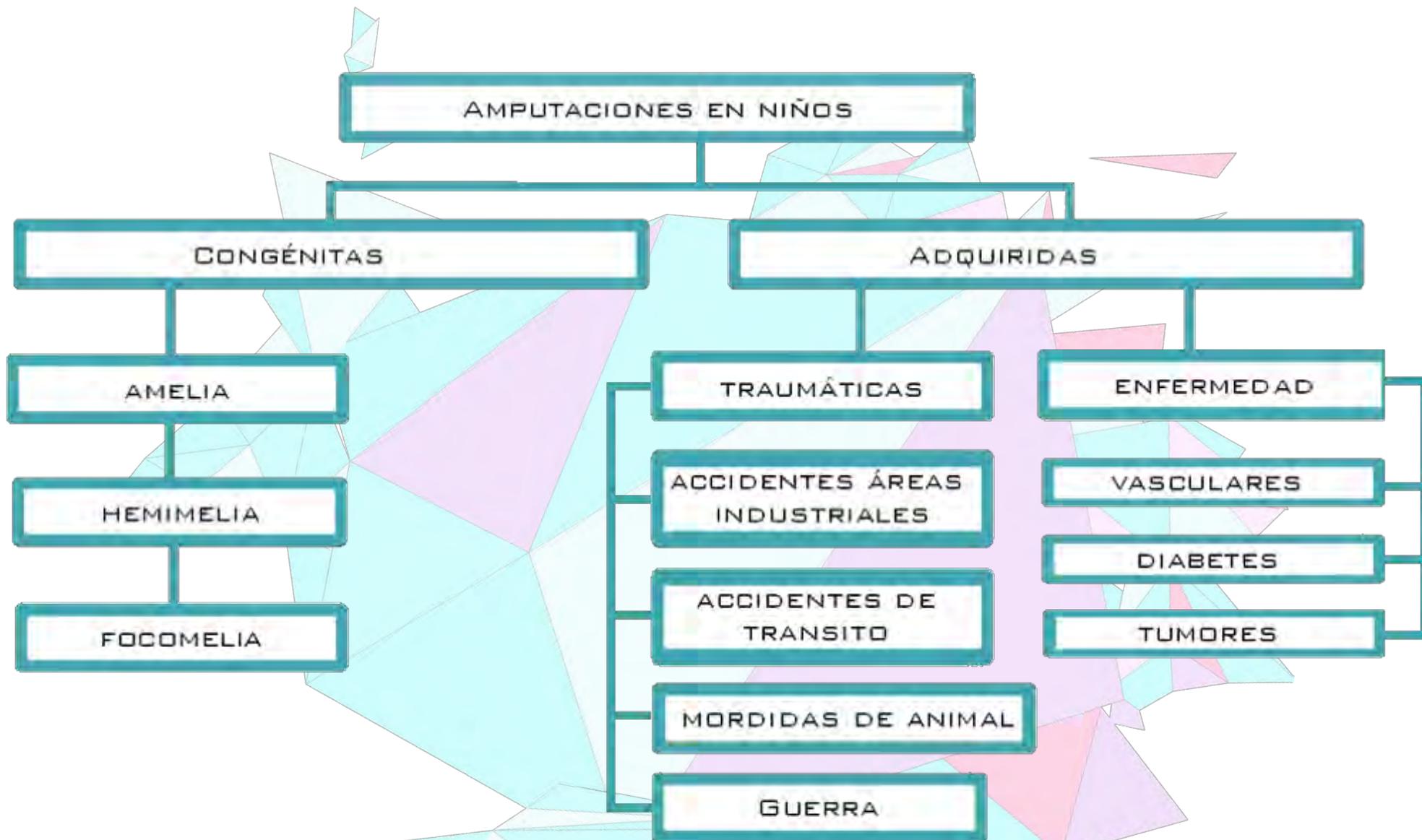


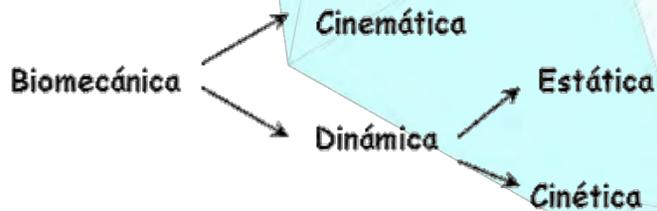
Figura 12: Esquema de las causas de amputación en niños  
Elaboración propia

# Prótesis y Biomecánica

Cabe destacar que dentro de la rehabilitación<sup>10</sup> el diseño de una prótesis juega un papel importante. Primeramente este término se define como “un dispositivo<sup>11</sup> diseñado para reemplazar una parte faltante del cuerpo o para hacer que una parte del cuerpo trabaje mejor...y significa añadir, colocar o sustituir” (Periago, 2009, págs. 3-4)

Esta a su vez está regida por la biomecánica la cual es “la ciencia que estudia la interacción entre el sistema óseo, nervioso y musculo esquelético que precisa de un análisis multidisciplinar para entender todos los mecanismos que en él se producen.” (Periago, 2009, págs. 1-2).

Cabe señalar que nuestro estudio estará enfocado solamente al aparato musculo esquelético, por lo cual nos apoyaremos en los siguientes aspectos de la biomecánica (figura 13):



**Figura 13: Esquema de la clasificación de la biomecánica.**

Elaboración propia

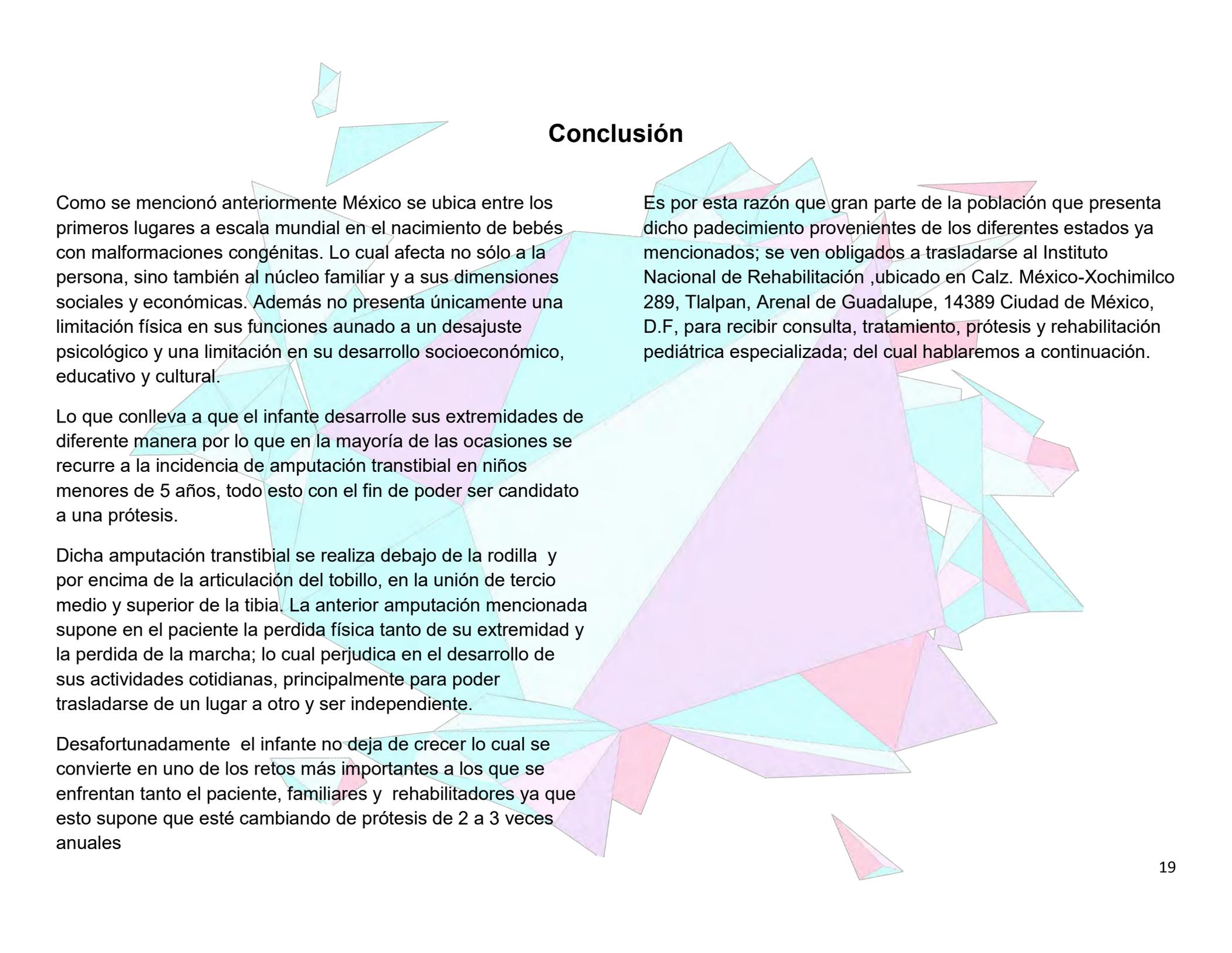
La cinemática describe los movimientos, sitúa los cuerpos en el espacio y detalla sus movimientos basándose en los desplazamientos, las velocidades y las aceleraciones.

Posteriormente la dinámica estudia el movimiento o la falta de éste en relación con las fuerzas que los provocan, por lo cual se considera la cinética para estudiar las fuerzas que provocan el movimiento y la estática para las fuerzas que determinan que los cuerpos se mantengan en equilibrio o las condiciones que deben producirse para que un cuerpo o sistema esté en equilibrio.

Todo esto con la finalidad de tener los conocimientos básicos para la unificación de la prótesis transtibial junto con el crecimiento del menor para que pueda desarrollar su actividad motriz de la forma adecuada.

<sup>10</sup> Rehabilitación: es el término para describir la acción de "habilitar de nuevo o restituir a alguien o algo a su antiguo estado

<sup>11</sup> Dispositivo: Mecanismo dispuesto para obtener un resultado



## Conclusión

Como se mencionó anteriormente México se ubica entre los primeros lugares a escala mundial en el nacimiento de bebés con malformaciones congénitas. Lo cual afecta no sólo a la persona, sino también al núcleo familiar y a sus dimensiones sociales y económicas. Además no presenta únicamente una limitación física en sus funciones aunado a un desajuste psicológico y una limitación en su desarrollo socioeconómico, educativo y cultural.

Lo que conlleva a que el infante desarrolle sus extremidades de diferente manera por lo que en la mayoría de las ocasiones se recurre a la incidencia de amputación transtibial en niños menores de 5 años, todo esto con el fin de poder ser candidato a una prótesis.

Dicha amputación transtibial se realiza debajo de la rodilla y por encima de la articulación del tobillo, en la unión de tercio medio y superior de la tibia. La anterior amputación mencionada supone en el paciente la pérdida física tanto de su extremidad y la pérdida de la marcha; lo cual perjudica en el desarrollo de sus actividades cotidianas, principalmente para poder trasladarse de un lugar a otro y ser independiente.

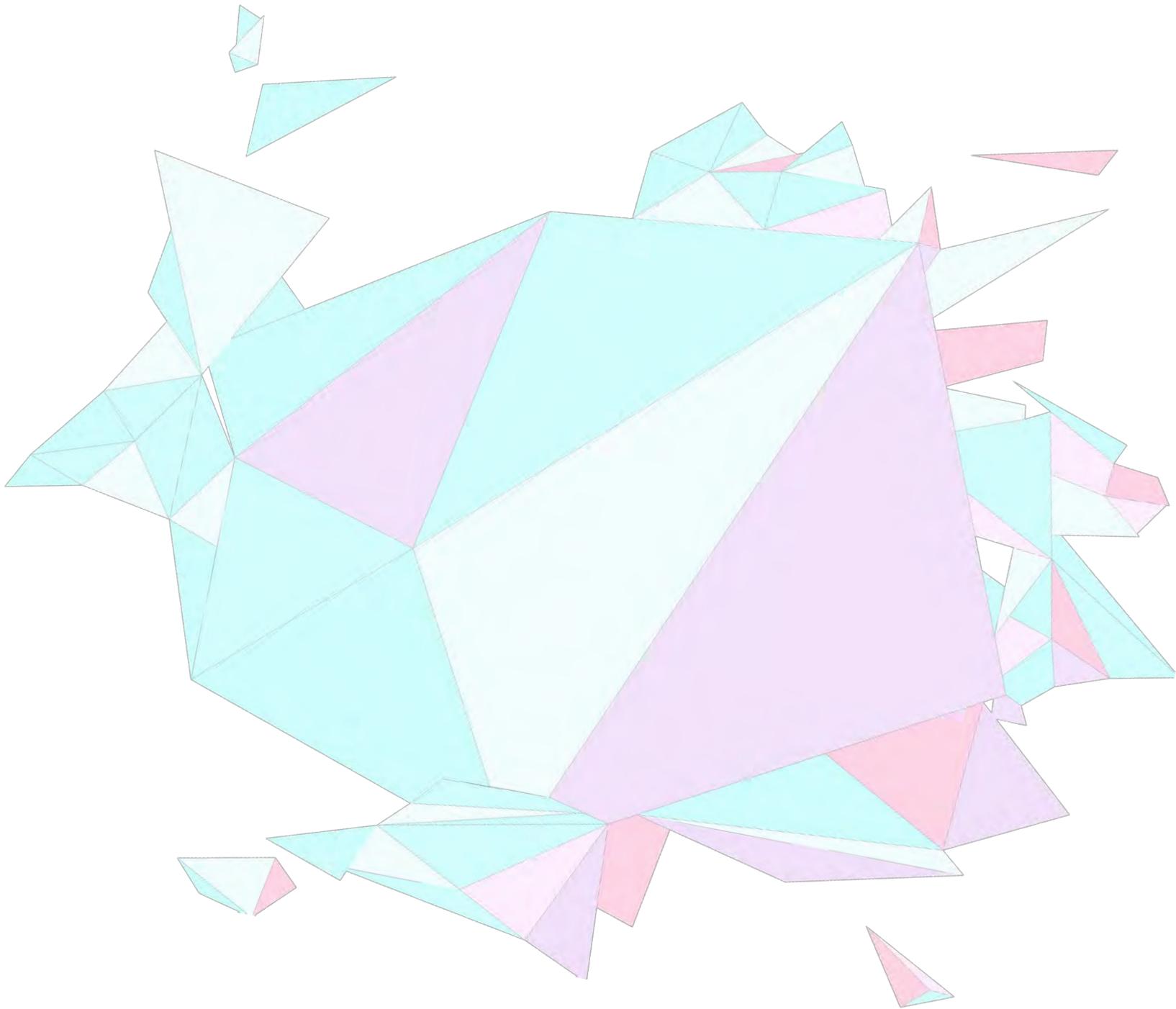
Desafortunadamente el infante no deja de crecer lo cual se convierte en uno de los retos más importantes a los que se enfrentan tanto el paciente, familiares y rehabilitadores ya que esto supone que esté cambiando de prótesis de 2 a 3 veces anuales

Es por esta razón que gran parte de la población que presenta dicho padecimiento provenientes de los diferentes estados ya mencionados; se ven obligados a trasladarse al Instituto Nacional de Rehabilitación ,ubicado en Calz. México-Xochimilco 289, Tlalpan, Arenal de Guadalupe, 14389 Ciudad de México, D.F, para recibir consulta, tratamiento, prótesis y rehabilitación pediátrica especializada; del cual hablaremos a continuación.





**Capítulo 2**  
**Matriz de diseño**  
**Planteamiento del problema**



## Introducción

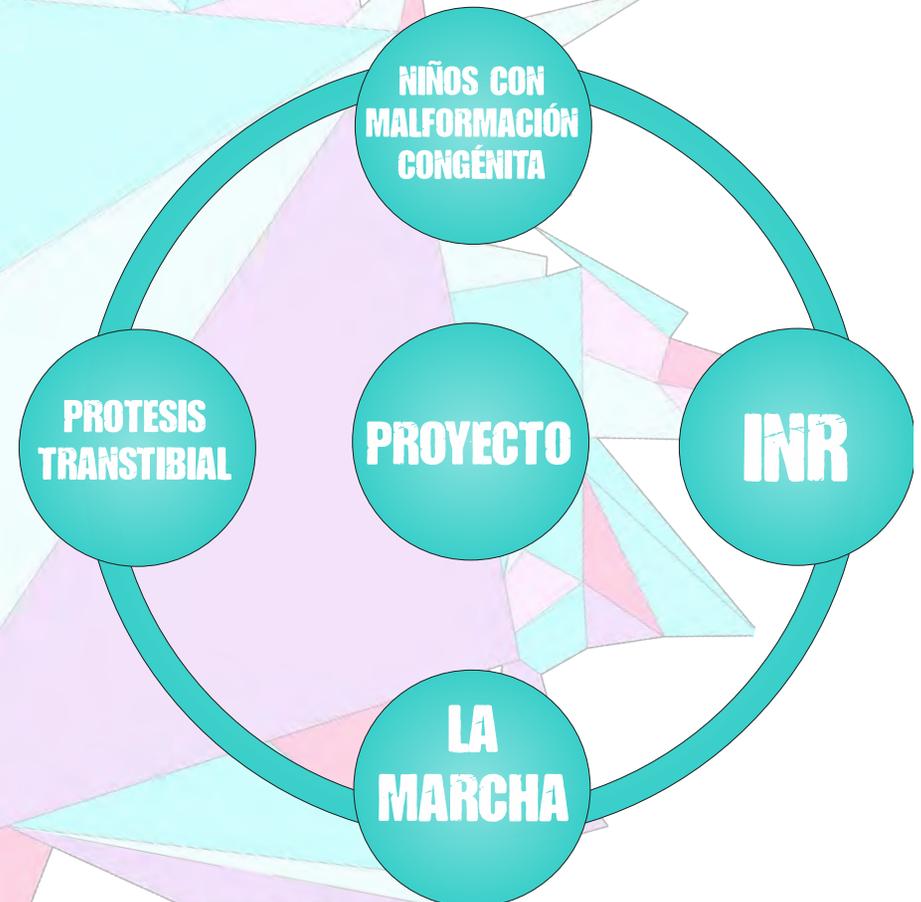
En el presente trabajo se realizó con colaboración de un equipo multidisciplinar el cual está compuesto por un médico rehabilitador, técnico ortopédico, fisioterapeuta, profesional de enfermería y un familiar del instituto nacional de rehabilitación ubicado en Calz. México-Xochimilco 289, Tlalpan, Arenal de Guadalupe, 14389 Ciudad de México, D.F.

Cabe señalar que diferentes especialidades con las que cuenta en Instituto Nacional de Rehabilitación (INR) para brindar atención, nos enfocaremos a la especialidad de medicina de rehabilitación, principalmente en los departamentos de rehabilitación de amputados, rehabilitación pediátrica, malformaciones congénitas y prótesis y ortesis.

Nos enfocaremos en niños dentro del rango de 2 a 5 años de edad; que presenten una amputación transversa por debajo de la rodilla (transtibial), a causa de una malformación congénita y debido al desarrollo normal del muñón después de la cirugía, y que sean aptos para la utilización de una prótesis estándar que posibilite la ejecución de la marcha.

Destacando solo el tipo de marcha con un desplazamiento lineal con un movimiento dirigido que se utiliza en la rehabilitación cuando el usuario está comenzando la fase protésica del miembro inferior.

Para abordar este proyecto utilizaremos la matriz de diseño, detallando las características del usuario, al objeto, el contexto y las actividades desarrolladas (Figura 14.).



**Figura 14: Matriz de diseño**  
Elaboración propia

## Instituto Nacional de Rehabilitación

El INR (figura 15), es una Institución única en su género en México y América Latina, cuya misión es “la atención de pacientes con problemas de discapacidad del sistema músculo esquelético, audición, voz y lenguaje.” (Ibarra, 2011, págs. 3-6) (Figura 16)



Figura 15: Logotipo INR

En 1973 inició la Secretaría de Salud y Asistencia y el Gobierno de la República Mexicana, a través del Programa Nacional de Rehabilitación y Educación Especial (CREE), para ofrecer a la población en general (niños, jóvenes, adultos y tercera edad), una Institución que les permitiera tener soluciones, ante las diferentes discapacidades que afectan a la población de todo el país bajo el lema: Ante Necesidades Específicas, Soluciones Concretas.

Tiene 8 departamentos de especialidades para brindar atención especialidad durante todo el proceso de rehabilitación (figura 17).

- ❖ **Medica de rehabilitación**
- ❖ Medicina del deporte
- ❖ Oftalmología
- ❖ Otorrinolaringología
- ❖ Servicios auxiliares de diagnóstico y tratamiento
- ❖ Anestesiologías
- ❖ Audiología, foniatría y patología del lenguaje
- ❖ Ortopedia



Figura 16: Instituto Nacional de Rehabilitación 2014

# Mapa del sitio

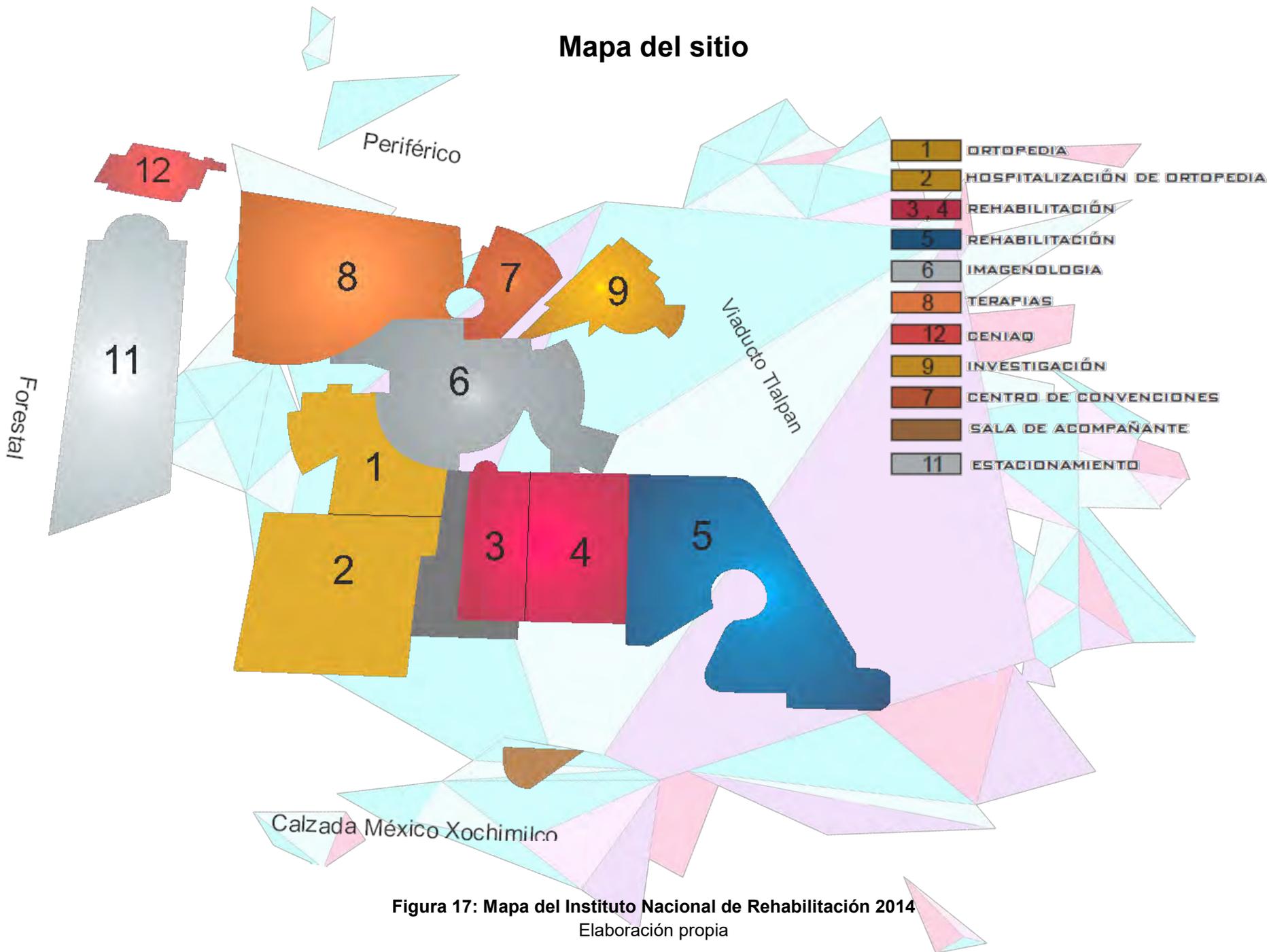


Figura 17: Mapa del Instituto Nacional de Rehabilitación 2014  
Elaboración propia

## Medicina de rehabilitación

De las diferentes especialidades con las que cuenta en INR para brindar atención, en este trabajo nos enfocaremos en el departamento de medicina de rehabilitación principalmente en las especialidades de rehabilitación de amputados, rehabilitación pediátrica, malformaciones congénitas, prótesis y ortesis. (Figura 18)

Departamentos que lo conforman (área 3, 4 y 5)

- ❖ **Rehabilitación de Amputados (3 y 4)**
- ❖ Rehabilitación Cardíaca
- ❖ Rehabilitación de Columna
- ❖ Rehabilitación de Medicina del Deporte
- ❖ Rehabilitación de Enfermedad Vasculare Cerebral (EVC)
- ❖ Traumatismo Craneoencefálico (TCE)
- ❖ Rehabilitación Geriátrica
- ❖ **Rehabilitación pediátrica ( 4)**
- ❖ Rehabilitación Laboral y Educativa
- ❖ Rehabilitación de Lesión Medular
- ❖ Rehabilitación Osteoarticular
- ❖ Rehabilitación Pulmonar
- ❖ Clínica de Osteoporosis
- ❖ **Malformaciones Congénitas (3)**
- ❖ Neurología
- ❖ Parálisis Cerebral Infantil y Estimulación Temprana
- ❖ **Prótesis y Órtesis (5)**
- ❖ Terapia Física
- ❖ Terapia Ocupacional



Figura 18: Mapa medicina de rehabilitación  
Elaboración propia

## Rehabilitación pediátrica

Dentro de medicina de rehabilitación encontramos el espacio destinado a la rehabilitación de pacientes, que va desde pacientes con algún tipo de traumatismo hasta el entrenamiento pre protésico que abarca desde el tratamiento en el gimnasio hasta la colocación de la prótesis.

Donde el tratamiento se hace a través de un equipo multidisciplinar el cual está compuesto por un médico rehabilitador, técnico ortopédico, fisioterapeuta, profesional de enfermería y un familiar.

Todo esto con el fin de prevenir actitudes viciosas, moldear el muñón, potenciar la musculatura, corrección de la marcha y posturas y conseguir independencia.

La zona destinada para esta actividad es aproximadamente de 4x8 m<sup>2</sup> con muros compuesta de bloques huecos en color ocre; y el piso está forrado con una alfombra de pasto sintético; alrededor está cubierto por ventanas para que el familiar pueda ver la rehabilitación (figura19 y 20).

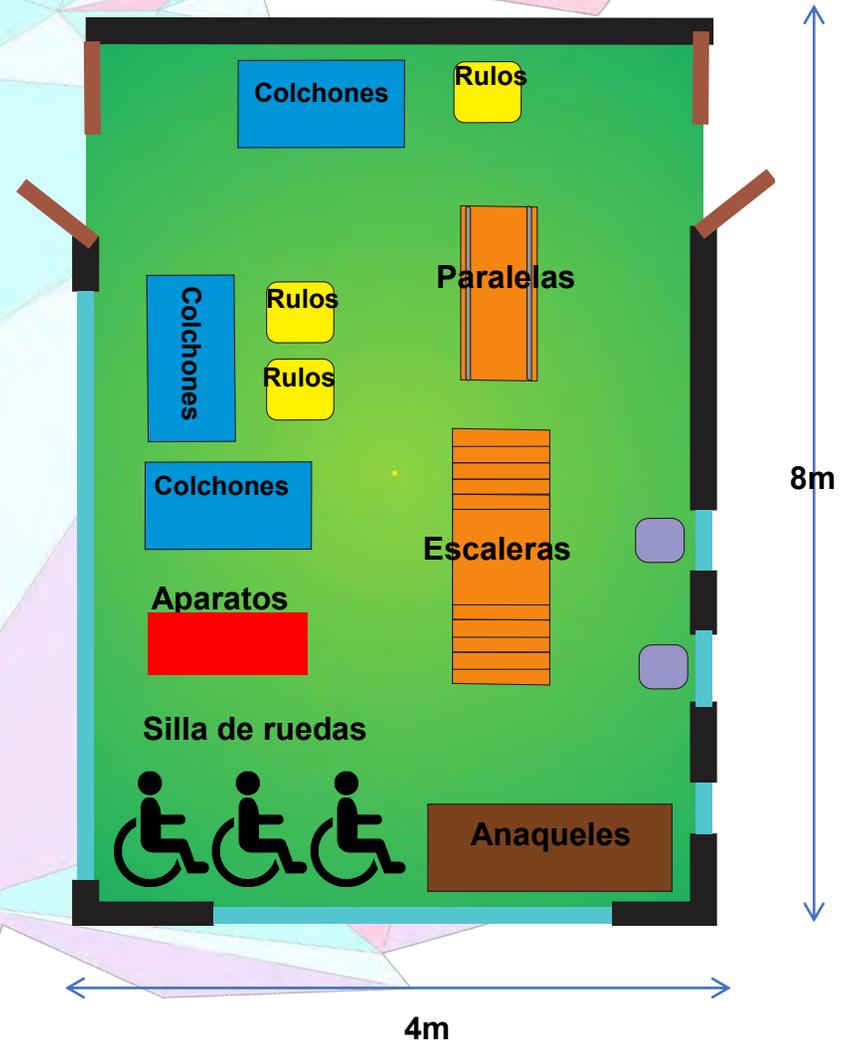


Figura 19: Mapa rehabilitación pediátrica  
Elaboración propia

## Rehabilitación pediátrica



**Figura 20: Render del espacio destinado a la rehabilitación**  
Elaboración propia

Cabe mencionar que dicha área cuenta con diversos equipos y aparatos utilizados para la rehabilitación pre protésica tales como: las barras paralelas metálicas de 58cm de ancho por 3 m de largo; donde la función principal es la de corregir la marcha a través de unos barandales regulables en altura, con una base de madera y goma antideslizante. (Figura 21).

Cuenta también con una escalera con rampa de madera con un descanso, donde se simula situaciones de la vida cotidiana (figura 22). La zona de colchonetas encontramos rulos, cuñas, balones, bobath, mancuernas y material didáctico donde se da una estimulación temprana así como una serie de ejercicios de rehabilitación donde el tutor aprende para poder aplicarlo en casa. (figura 23).

Para finalizar con lo que respecta al equipo encontramos sillas de ruedas, bicicletas, barras ajustables para la marcha y una grúa para pacientes.



Figura 22: equipo de rehabilitación para la marcha



Figura 21: Pasarelas ajustables



Figura 23: cuñas y rulos

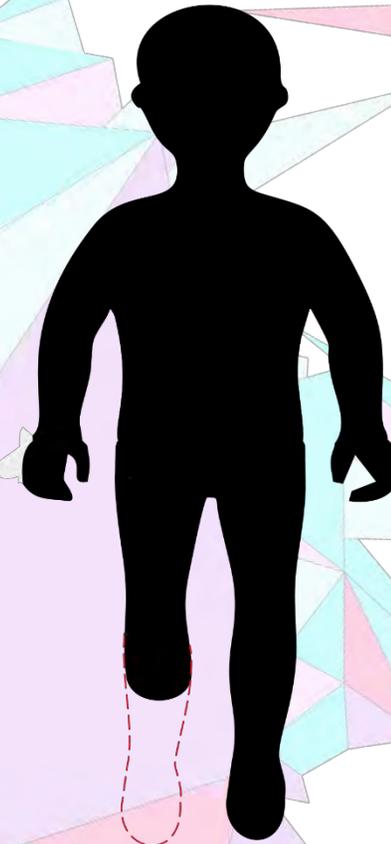
## Niños con amputación congénita

De los diversos casos clínicos que se atienden anualmente en el INR, nos enfocaremos principalmente en niños dentro del rango de 2 a 5 años de edad; que presentan una amputación transversa por debajo de la rodilla (transtibial), a causa de una malformación congénita con un desarrollo normal del muñón posterior a la cirugía y que son aptos para la utilización de una prótesis estándar en la ejecución de la marcha.

Cabe mencionar que dicha malformación congénita se desarrolla dentro de la etapa de gestación las cuales pueden tener un origen genético, infeccioso o ambiental, aunque en la mayoría de los casos resulta difícil identificar su causa.

Se ve caracterizada en el momento del nacimiento por la falta de su miembro inferior el cual se denomina Amelia (figura 24); lo cual le impide al tener el año de edad comenzar con su aprendizaje de la marcha por lo cual se vuelve una persona dependiente y sus músculos no ejercen fuerza lo que lo vuelve propenso a sufrir desviaciones o malformaciones durante su crecimiento.

Es por esta razón que son candidatos a una cirugía de amputación para obtener un muñón en óptimas condiciones y ser candidatos a una prótesis; la cual se describe a continuación.



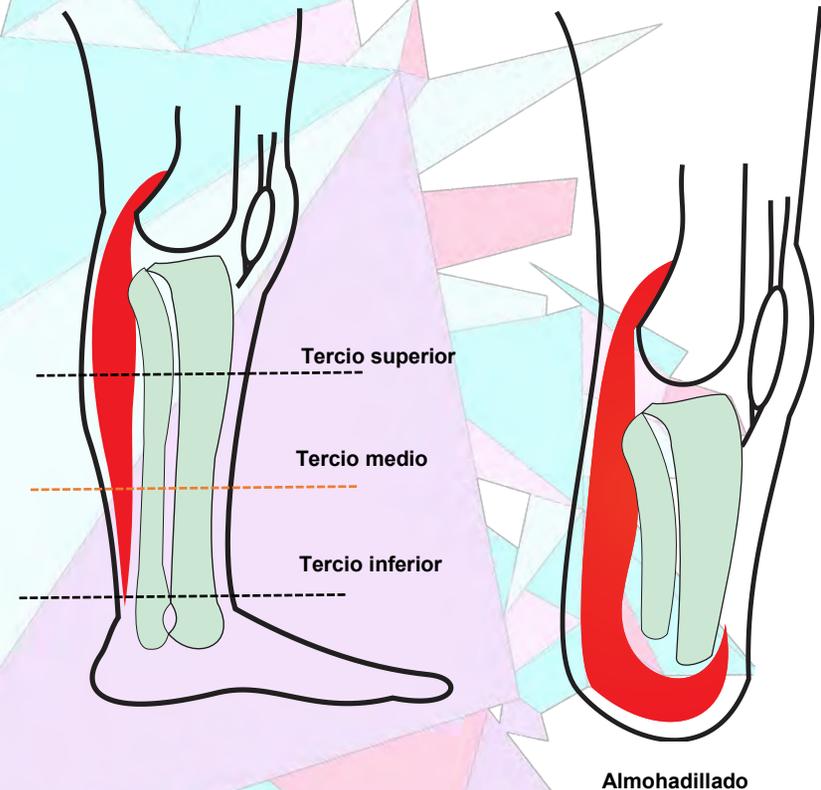
**Figura 24: infante con malformación congénita**  
Elaboración propia

## Características del muñón

El muñón es de forma cónica y es el resultado de la amputación transtibial; el cual se vuelve un elemento fundamental para la utilización de una prótesis al infante, para alinear y estabilizar adecuadamente el ciclo de la marcha.

La amputación se encuentra en la unión de tercio medio y superior de la tibia a unos 15cm contados desde la interlinea<sup>12</sup> articular de la rodilla. Con respecto a la parte distal<sup>13</sup> del peroné es unos 3-4 cm más corta que la tibia y el muñón en su parte distal cuenta con un almohadillado y una cicatriz, como se aprecia en la figura 25.

Cabe destacar que el apoyo principal se ejerce sobre este almohadillado distal (hueso recubierto con piel) se requiere de un aumento de la energía del ciclo de la marcha del 40-50% para poder realizar sus actividades



**Figura 25: Esquema amputación transtibial**  
Elaboración propia

<sup>12</sup> Interlinea: línea negra imaginaria que divide todas las articulaciones del cuerpo

<sup>13</sup> Distal: es un adjetivo que indica lejanía hacia el punto de origen o inserción de un órgano

## Crecimiento óseo

Cabe señalar que después aun de la amputación aun el infante no deja de crecer lo cual se convierte en uno de los retos más importantes a los que se enfrenta para ser independiente.

Esto se debe a la fisis que es “un cartílago...responsable del crecimiento longitudinal del hueso” (Marreno, 2007, págs. 31-32) hasta los 13-16 años en los varones y en las mujeres hasta los 16-17 años.

Dicho crecimiento de los diversos segmentos del cuerpo no es homogéneo<sup>14</sup> y se diferencia en dos etapas, la primera es durante el primer año de vida hasta aproximadamente los 7 años de edad donde el crecimiento es longitudinal<sup>15</sup>, y en la segunda etapa el crecimiento es más circunferencial<sup>16</sup> entre los 8 y los 14. (Figura 26).

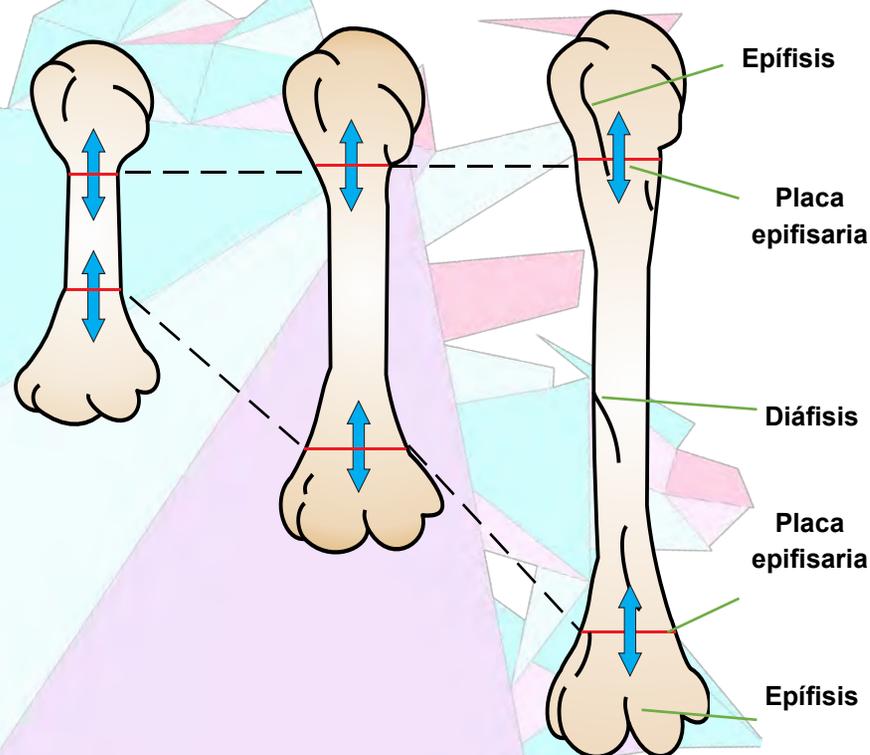


Figura 26: Esquema crecimiento óseo de la tibia  
Elaboración propia

<sup>14</sup> Homogéneo: composición uniforme

<sup>15</sup> Longitudinal: largo

<sup>16</sup> Circunferencial: Contorno de una superficie

## Medidas antropométricas

A continuación se muestra una tabla sintetizada que representa las diferentes etapas del desarrollo del infante a través del rango 2-5 años, tomando como referencia los datos presentados en el libro de las dimensiones antropométricas de la población latinoamericana ( ver anexo) todo esto con la finalidad de observar su crecimiento para la utilización de una prótesis transtibial. (Figura 27).

DESCRIPCION	percentil	2 años	3 años	4 años	5 años	
1	peso	95°	16.2 kg	18.6	21	24.9
2	estatura	5°	81.8 cm	89.2	96	101.6
12	Altura rodilla	5°	19.2 cm	21.9	23.5	25.8
45	Altura tobillo	5°	3 cm	3.2	3.2	3.4
44	Longitud del pie	5°	13 cm	13.8	14.8	15.2
46	Anchura del pie	5°	5.5 cm	5.6	3.7	6.1
47	Anchura talón	5°	3.7 cm	3.9	3.9	4.1

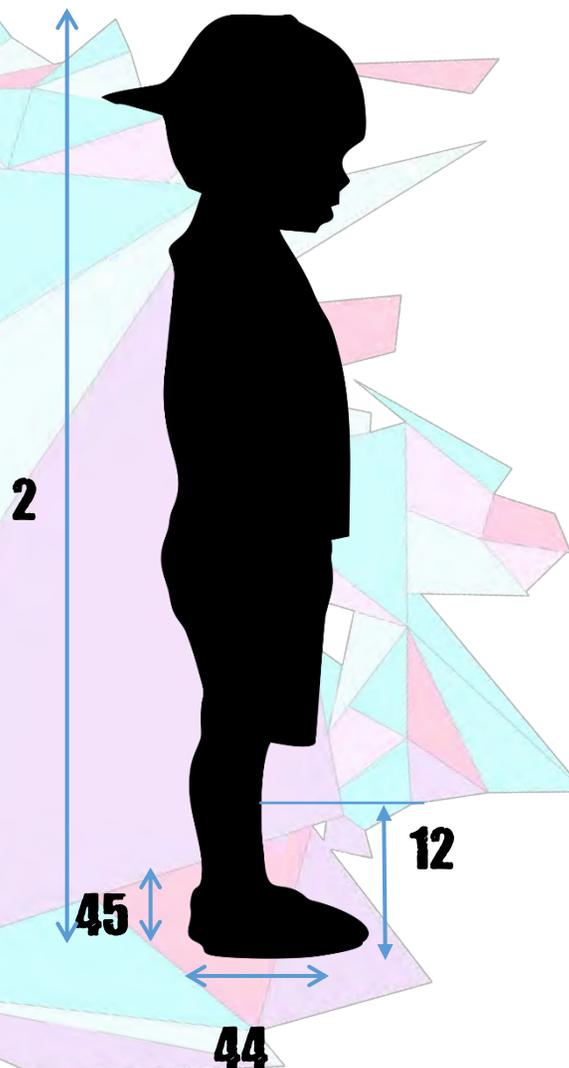


Figura 27: Esquema medidas antropométricas en el menor  
Elaboración propia

## La marcha en el menor

La anterior amputación menciona supone en el paciente la pérdida física tanto de su extremidad y así mismo la pérdida de la marcha; lo cual perjudica en el pleno desarrollo de sus actividades cotidianas, principalmente la de la marcha para poder trasladarse de un lugar a otro.

La marcha es una actividad aprendida, la cual se define como "un modo de locomoción<sup>17</sup> bípeda con actividad alternada de los miembros inferiores" (Sanz, 2011, pág. 2)

Cabe destacar que durante los primeros años de la infancia el niño no puede ejecutar de manera eficiente el ciclo de la marcha lo cual causa una trayectoria irregular lo cual a su vez causa que se vea proyectado hacia adelante. Hasta alcanzar la edad de los 6 o 7 años, el menor adquiere las características de la marcha del adulto.

Está conformada por dos fases principales: la de apoyo que comprende 60% del ciclo de la marcha y la de balanceo la cual constituye el 40% (figura 28).

- ❖ Fase de apoyo: comprende desde el contacto del talón, apoyo plantar, apoyo medio, elevación del talón y el despegue de los dedos
- ❖ Fase de balanceo: comprende desde la separación del pie, la aceleración y desaceleración.

Con respecto a la velocidad de la marcha aumenta rápidamente de 1 a 3 años y posteriormente hasta los 7 años alcanza el promedio de 82 m/min con 58 contactos del talón por minuto y la longitud de los pasos por el contrario aumenta.

A continuación se describirán las secuencias de la marcha en el pie a través de las fases de apoyo y balanceo, teniendo en cuenta que solo se abordará el tipo de desplazamiento lineal con un movimiento dirigido ya que este se efectúa a una velocidad lenta la cual a su vez puede modificarse o interrumpirse. (Figura 29, y 30).

<sup>17</sup> Locomoción: Traslación de un punto a otro

# Ciclo de la marcha humana

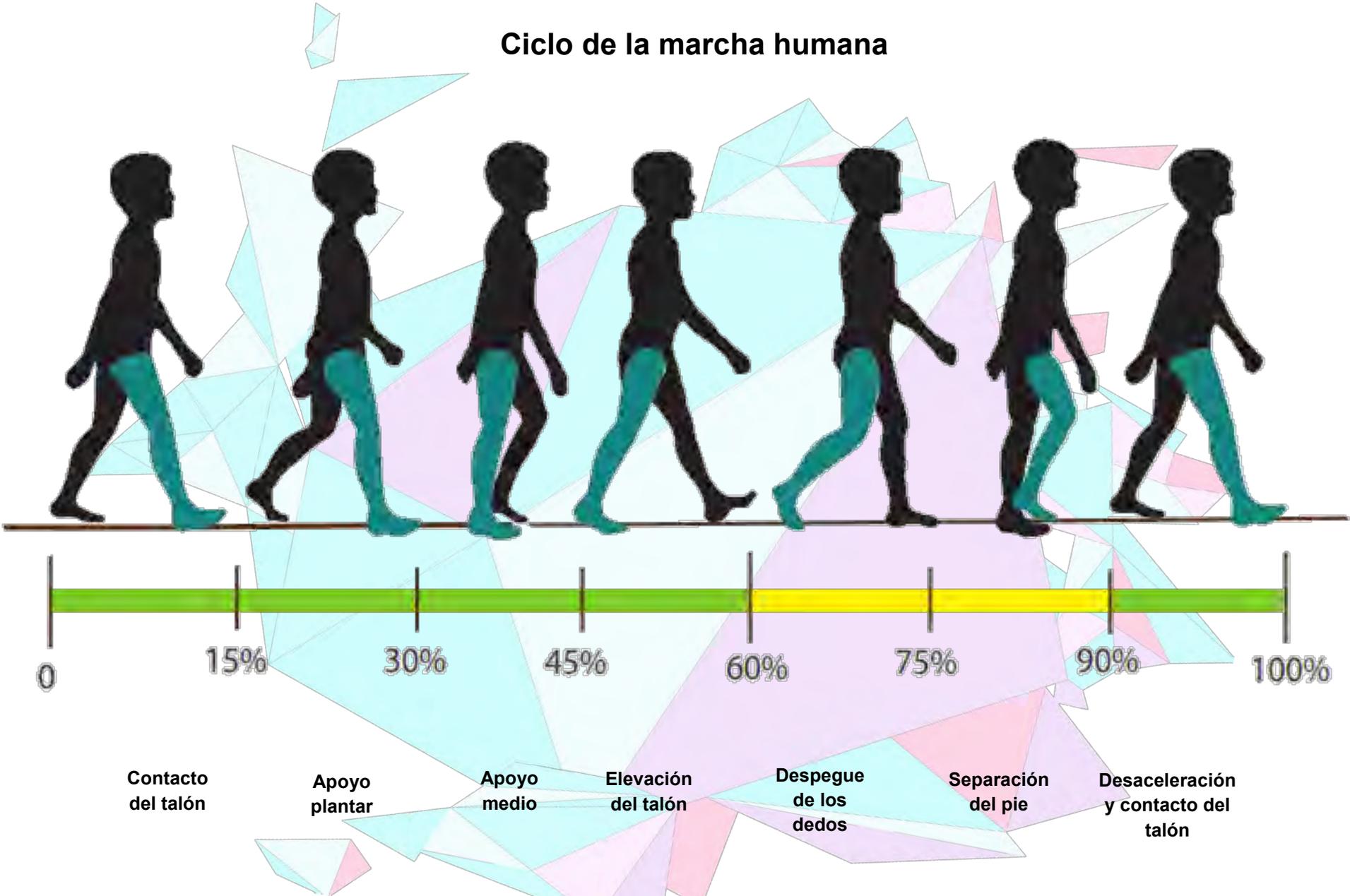
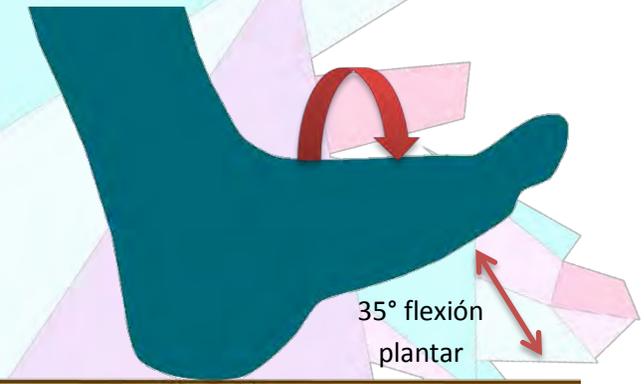


Figura 28: Fases del ciclo de la marcha  
Elaboración propia

## Descripción de la actividad

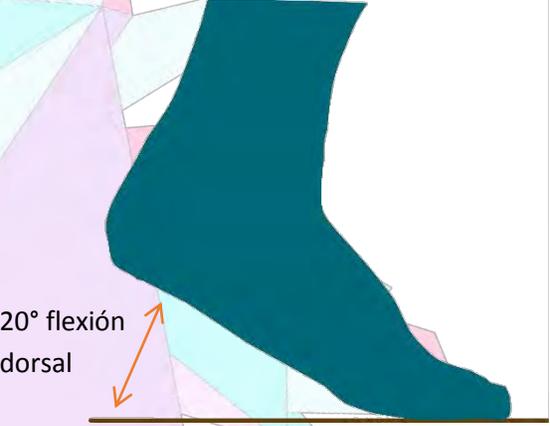
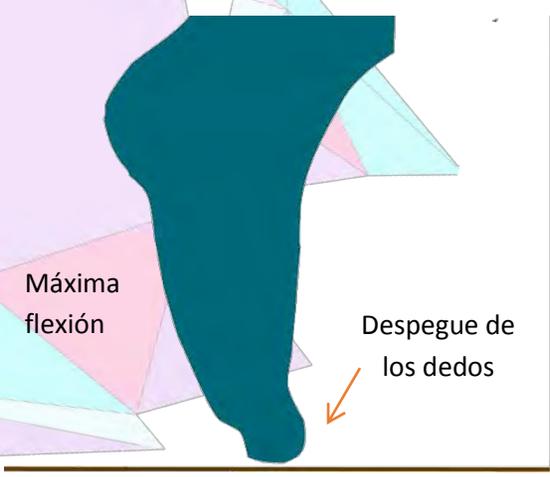
### Fase de apoyo

Actividad	Descripción	ilustración
<p><b>Contacto del talón</b></p>	<p>La rodilla en este punto alcanza su extensión máxima y el pie presenta una rotación hacia el interior (pronación) y el antepié se vuelve flexible para absorber el impacto y adaptarse a las irregularidades de la superficie</p>	
<p><b>Apoyo plantar</b></p>	<p>La rodilla apartir de este punto comienza a flexionarse ligeramente, y el pie se coloca brevemente plano en el suelo</p>	

**Figura 29: Fase de apoyo**  
Elaboración propia

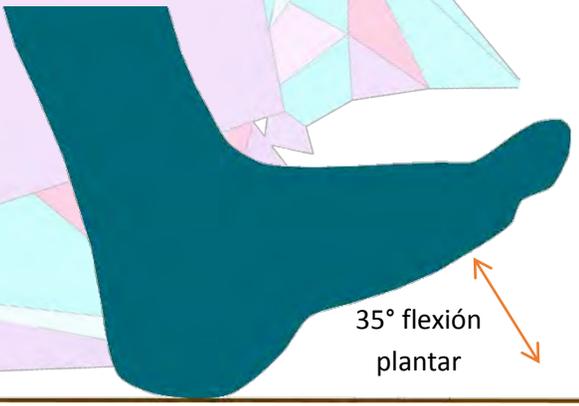
## Descripción de la actividad

### Fase de apoyo

Actividad	Descripción	Ilustración
<b>Apoyo medio y Elevación del talón</b>	La rodilla apartir de este punto se flexiona de 15 a 20 grados , y el tobillo del pie comienza avanzar describiendo un arco de circulo sobre el talón de aproximadamente 10.2 grados (flexión dorsal)	 <p>20° flexión dorsal</p>
<b>Despegue de los dedos</b>	La rodilla se flexiona y ocurre el impulso hacia adelante y el tobillo se eleva, es en este punto donde se llega a la máxima flexión .	 <p>Máxima flexión</p> <p>Despegue de los dedos</p>

## Descripción de la actividad

### Fase de balanceo

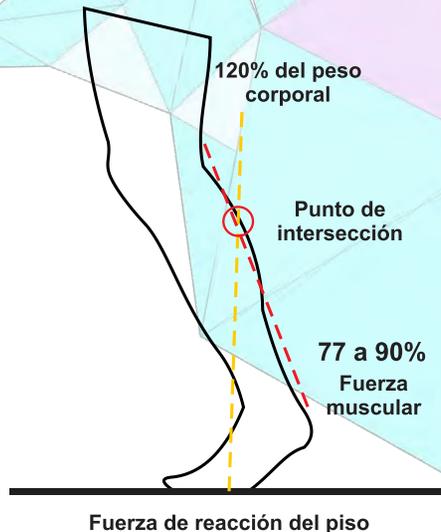
Actividad	Descripción	ilustracion
<p><b>Separacion del pie</b></p>	<p>La rodilla apartir de este punto comienza a flexionarse ligeramente, y el pie regresa a un movimiento plantar.</p>	
<p><b>Desaceleración y contacto del talón</b></p>	<p>La rodilla alcanza su extensión máxima y el antepie se vuelve flexible para absorber el impacto .</p>	

**Figura 30: Fase de balanceo**  
Elaboración propia

## Distribución de la carga

Está determinada por la integridad del ligamento y la disposición del tobillo el cual tiene un área de superficie de soporte de carga<sup>18</sup> relativamente amplia de 11 a 13 cm<sup>2</sup>.

Cabe mencionar que de acuerdo a un estudio realizado en Stauffer y cols. (Nordin, 2013, pág. 246) ; menciona que durante la marcha primeramente el soporte de la carga se transmite a través de la tibia alrededor de un 77 a 90% y la fuerza vertical máxima de 120% del peso corporal. (Ver figura 31)



**Figura 31: Distribución de la carga**  
Elaboración propia

Dicha carga genera una fuerza de compresión<sup>19</sup> leve al inicio de la fase de apoyo de 20% del peso corporal aproximadamente. La cual se transmite uniformemente a través de la parte más alta del arco longitudinal donde sostiene la columna interna del pie de la mayoría de la carga (ver figura 32).

Así mismo posteriormente se describe una fuerza de cizallamiento la cual alcanza un valor máximo de 0.8 veces del peso corporal durante la elevación del talón.

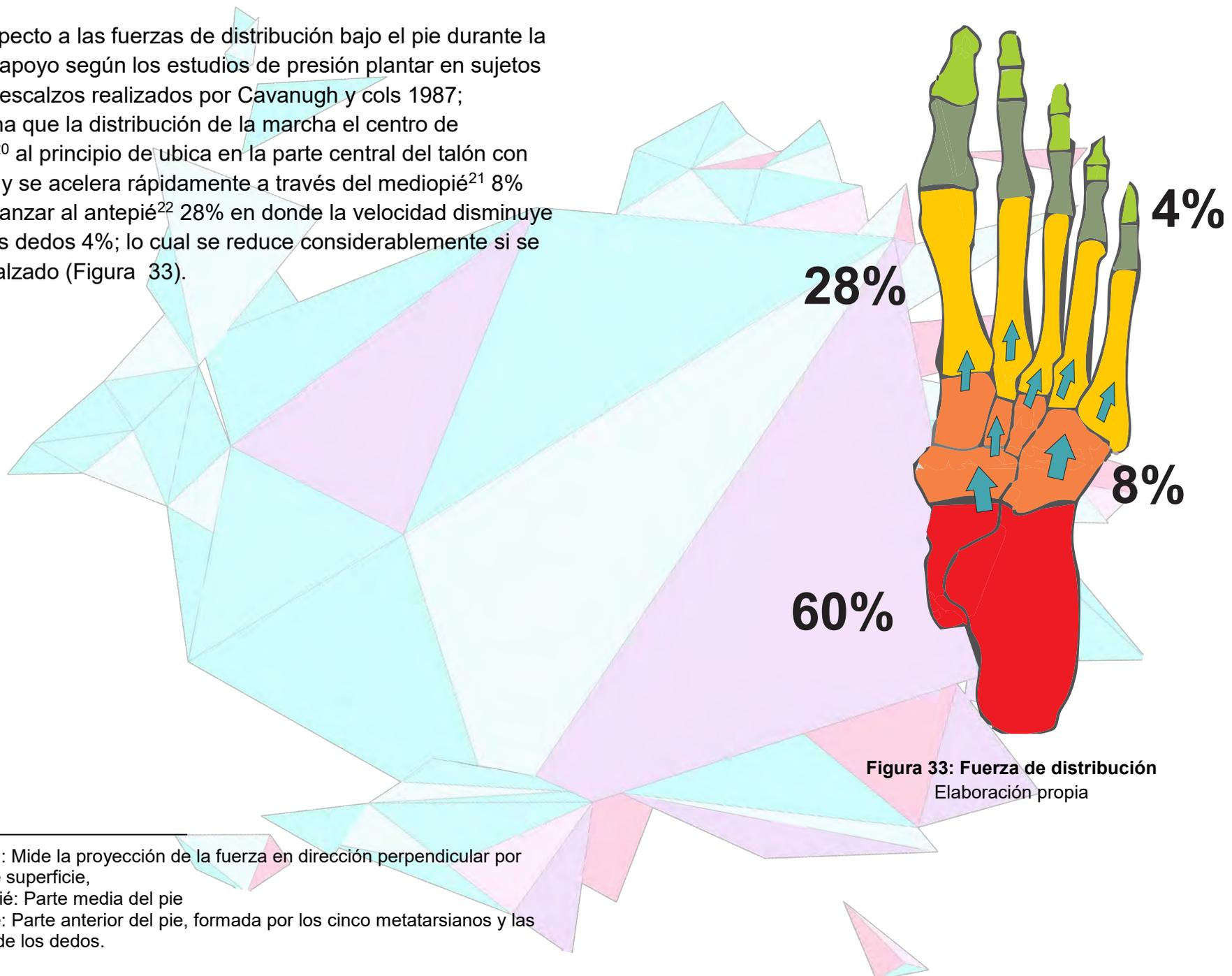


**Figura 32: Distribución de la carga**  
Elaboración propia

<sup>18</sup> Carga: Es una unidad de medida de volumen

<sup>19</sup> Compresión: Es la resultante de las tensiones o presiones que existen dentro de un sólido deformable

Con respecto a las fuerzas de distribución bajo el pie durante la fase de apoyo según los estudios de presión plantar en sujetos de pie descalzos realizados por Cavanugh y cols 1987; menciona que la distribución de la marcha el centro de presión<sup>20</sup> al principio de ubica en la parte central del talón con un 60% y se acelera rápidamente a través del mediopié<sup>21</sup> 8% para alcanzar al antepié<sup>22</sup> 28% en donde la velocidad disminuye hasta los dedos 4%; lo cual se reduce considerablemente si se utiliza calzado (Figura 33).



**Figura 33: Fuerza de distribución**  
Elaboración propia

<sup>20</sup> Presión: Mide la proyección de la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie,  
<sup>21</sup> Mediopié: Parte media del pie  
<sup>22</sup> Antepié: Parte anterior del pie, formada por los cinco metatarsianos y las falanges de los dedos.

## Prótesis transtibial

A continuación se da una descripción de la prótesis de tipo transtibial utilizada dentro de las instalaciones del INR en el área de rehabilitación pediátrica y que actualmente utiliza el paciente del caso de estudio.

Cabe recordar que este tipo de prótesis son para amputación debajo de la rodilla; y se utiliza en personas con muñones inestables en el sentido de la rodilla con desviaciones en el valgo<sup>23</sup>. (Figura 34)

Esta a su vez está formada por 5 áreas los cuales serán descritos con mayor profundidad en los siguientes apartados:

1. Encaje
2. Elementos de conexión y alineación
3. Soporte
4. Acople pie
5. Pie protésico

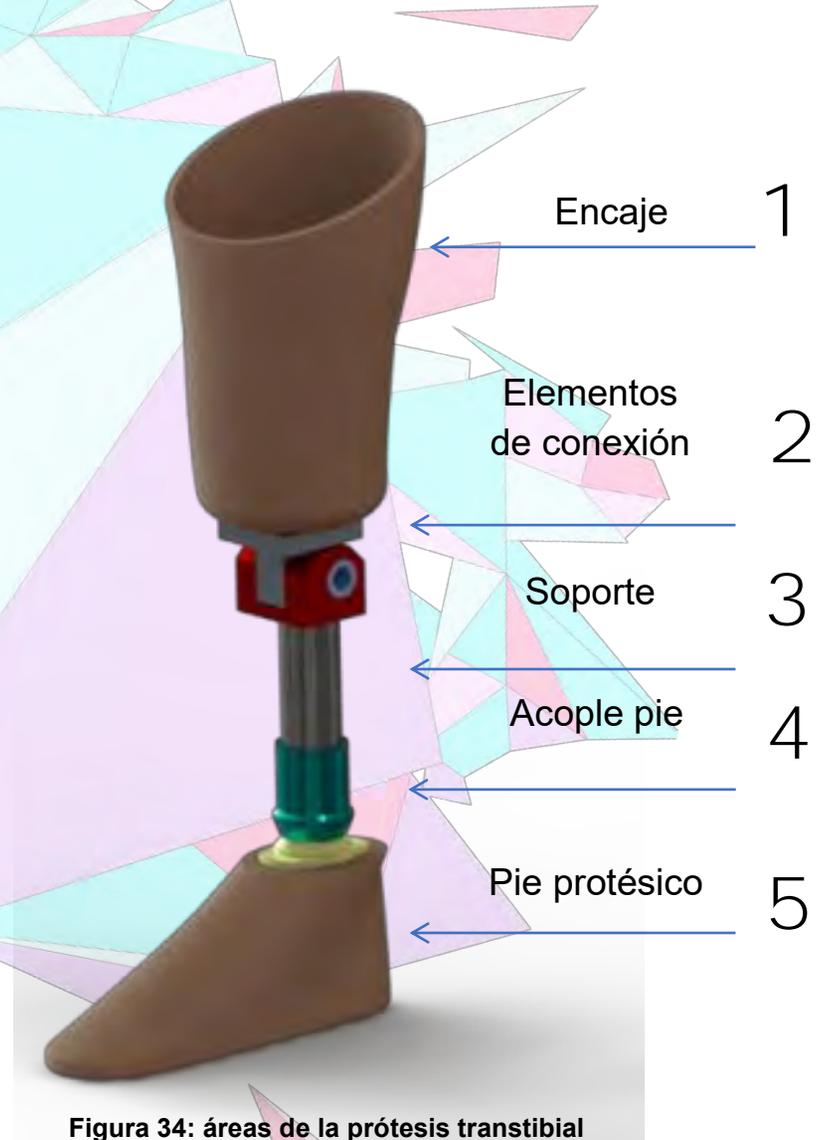


Figura 34: áreas de la prótesis transtibial

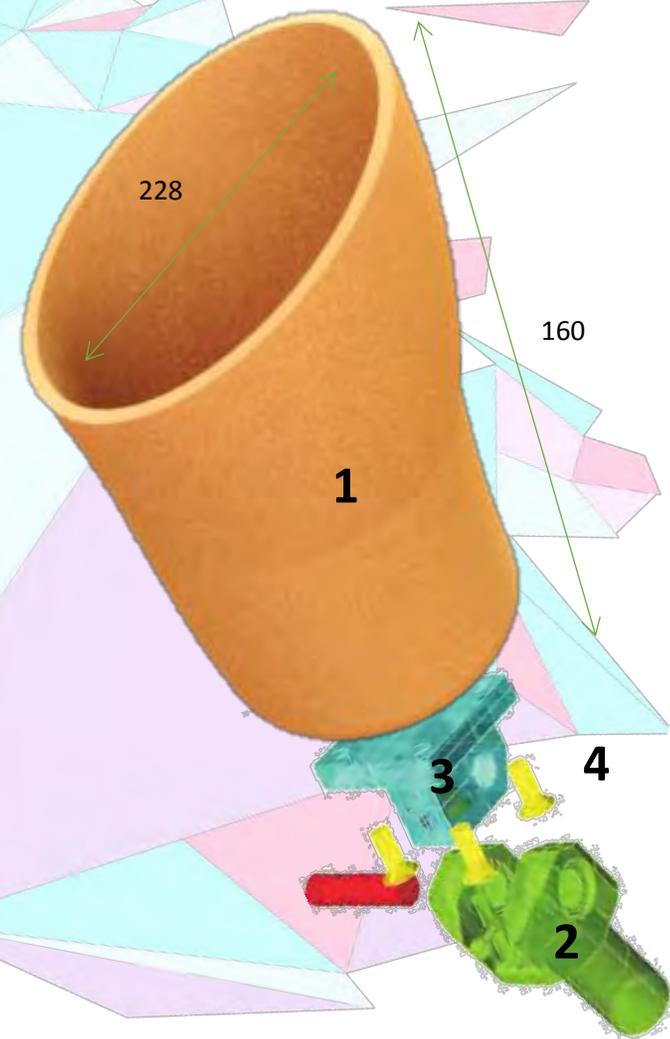
Elaboración propia

<sup>23</sup> Valgo: desviación de la extremidad

## Encaje

Este componente constituye la unión entre el muñón y la prótesis, además se encarga de proteger al muñón contra irritaciones y desviaciones de las extremidades, con un diámetro mayor de 22.8 cm en forma de cono de un espesor de 3mm; además está compuesto por un laminado de resinas acrílicas entintado para dar la apariencia de piel. (Figura 35)

pieza	nombre	cantidad	material
1	Unión muñón	1	Laminado resinas acrílica
2	Articulación hembra	1	aluminio
3	Articulación macho	1	aluminio
4	Tornillo m6 x15	4	standard
5	Tuerca m6	4	standard



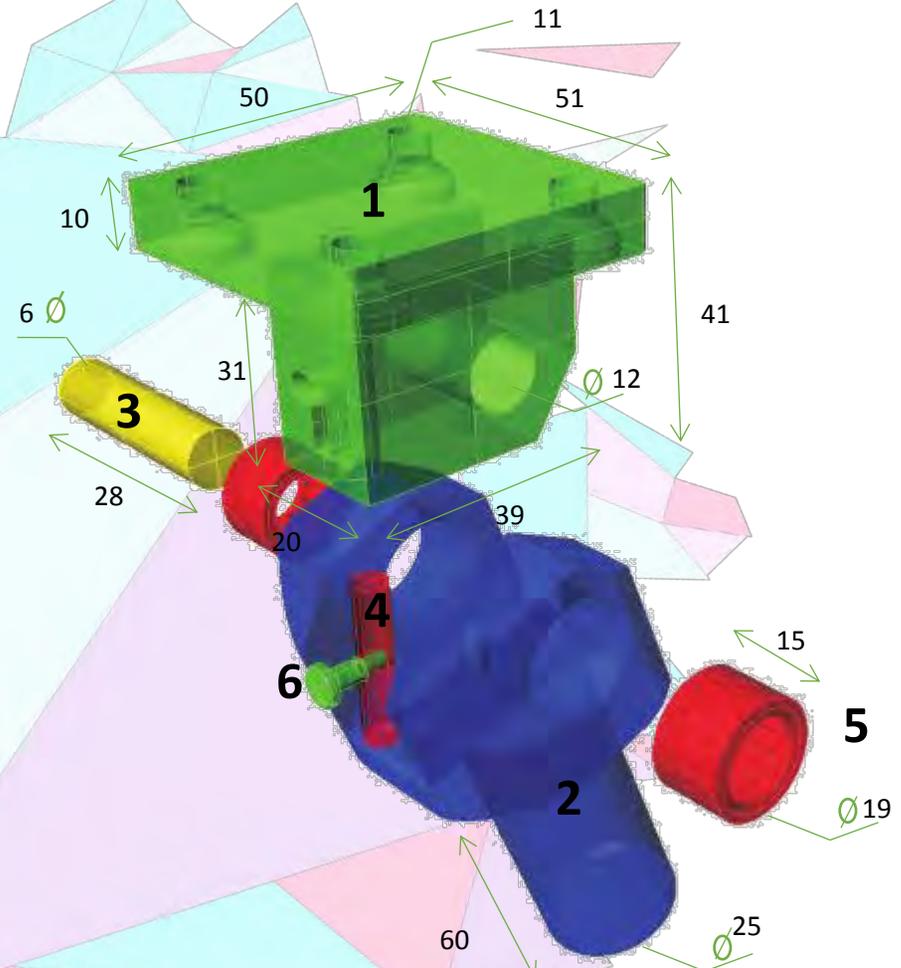
**Figura 35: Encaje**  
Elaboración propia

## Elementos de conexión y alineación Adaptador y abrazadera

Este es el adaptador entre el socket y el tubo a través de una abrazadera. Las dimensiones del adaptador son 4.1 cm de alto, 5.1 cm de ancho por 5 cm de profundidad con una conexión de cuatro tornillos de 15mm a la abrazadera.

Con respecto a la abrazadera sus dimensiones son 9.1 cm de alto, 5.1 cm de ancho y 5cm de profundidad, esta se acopla al adaptador a través de un tornillo central para la conexión al socket (figura 36).

pieza	nombre	cantidad	material
1	Articulación macho	1	aluminio
2	Articulación hembra	1	aluminio
3	Traba articulación	1	hierro
4	Eje articulación	1	hierro
5	Rodamiento agujas	2	standard
6	Tornillo traba articulación	1	standard



**Figura 36: Elementos de conexión**  
Elaboración propia

## Estructura Soporte

Este componente permite la adaptación entre el socket y el pie a través de la abrazadera y el adaptador de socket, el cual es el encargado de conectar el pie a través del adaptador de pie, el cual tiene unas dimensiones de 16 cm de largo por un diámetro de 30 mm y se considera para actividades que no requieren mucha potencia (figura 37).

pieza	nombre	cantidad	material
1	Articulación hembra	1	aluminio
2	prolongación	1	aluminio
3	regulador	1	hierro
4	abrazadera	1	standard

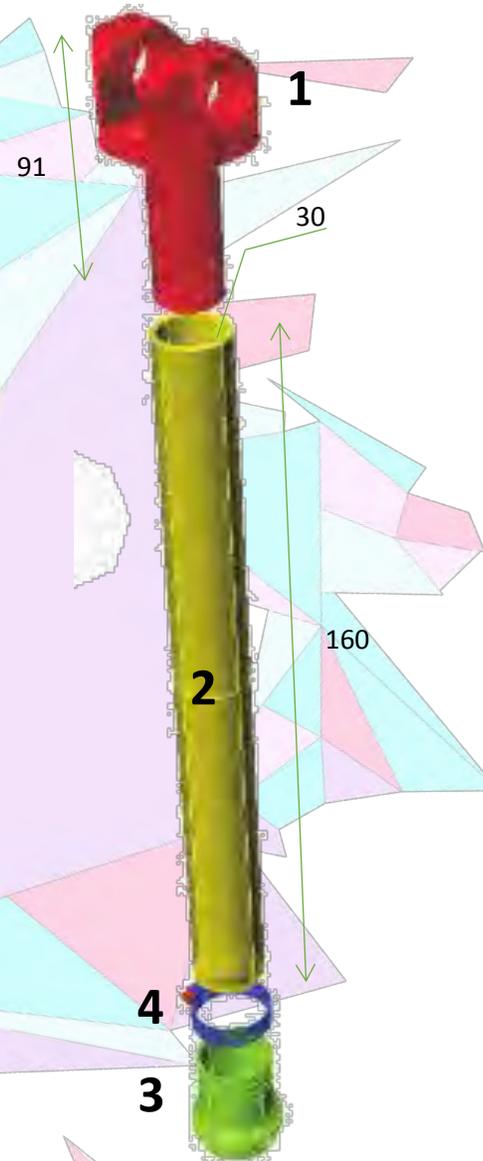


Figura 37: Vista explosiva estructura  
Elaboración propia

## Acople pie Regulador

Este es un elemento conector entre el tubo y el adaptador del pie; su fijación debe ser muy precisa, teniendo en cuenta que este debe entrar de manera justa al adaptador del pie, de lo contrario puede generar una rotación en el pie durante la marcha, está compuesto por 4 tornillos alen y una abrazadera para el correcto ajuste. Sus dimensiones son 4.7 cm de largo con un diámetro de 3.4 cm y con una corona de largo de 1.4 cm con un diámetro externo de 4 cm (figura 38).

pieza	nombre	cantidad	material
1	regulador	1	hierro
2	Tornillo alen m8 x 10	4	standard
3	abrazadera	1	Acero inoxidable

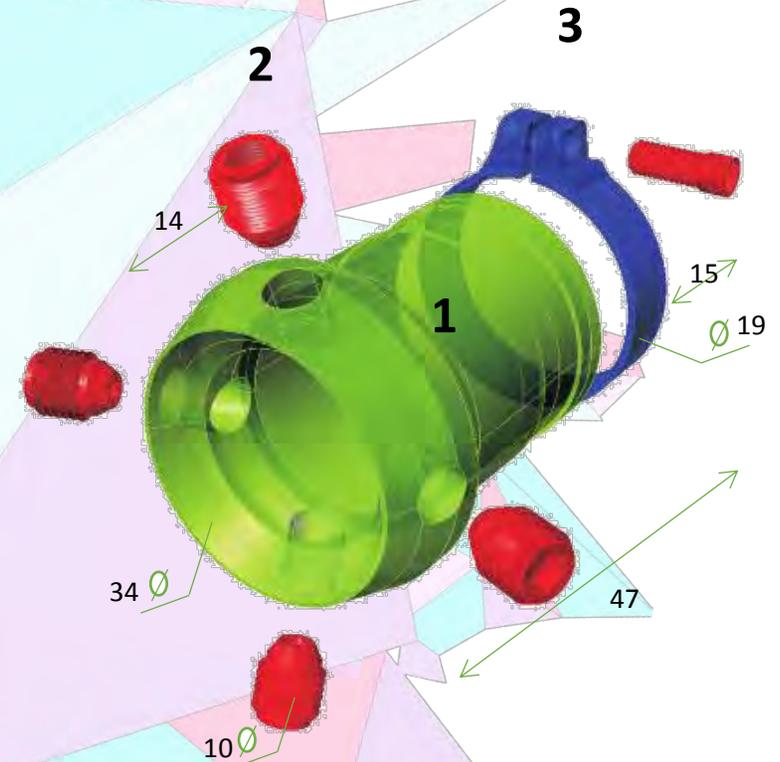


Figura 38: Vista explosiva regulador  
Elaboración propia

## Acople pie

Este permite la conexión entre el pie y el tubo. El adaptador de pie varía dependiendo del tipo de pie que utiliza el individuo, en este caso se utilizó un adaptador para pie SACH. Sus dimensiones son de 6 cm largo, 2.2 cm ancho y 3.7 cm profundidad de (figura 39).

pieza	nombre	cantidad	material
1	regulador	1	hierro
2	Acople pie	1	hierro
3	Tornillo alen m8 x 10	4	standard
4	abrazadera	1	Acero inoxidable

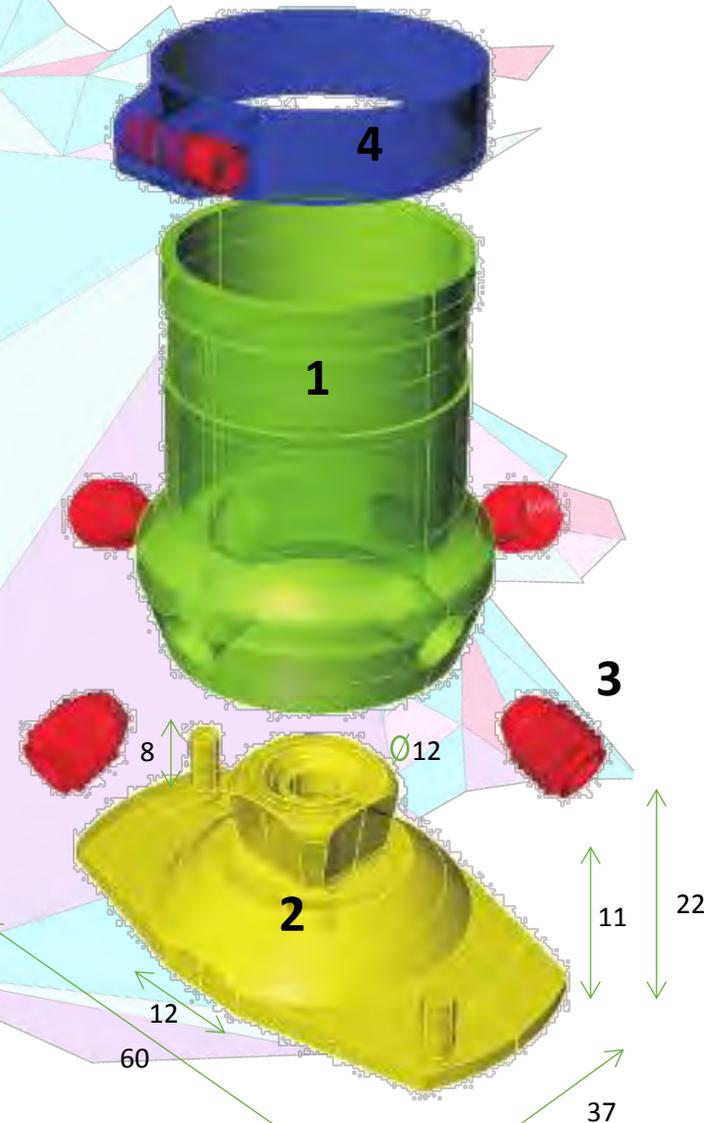


Figura 39: Vista explosiva acople pie  
Elaboración propia

## Pie protésico Tipo Sach

Se encuentra conformado por una pieza central de madera con una puntera y talón de espuma de látex para amortiguar el impacto y dar una cierta flexión dorsal, además está recubierto de una cosmética para simular la piel, respecto al sistema de anclaje está compuesto por un solo tornillo en la parte inferior. Sus dimensiones son 8 cm de alto, 21 cm de profundidad y 6 cm de ancho. (Figura 40).

pieza	nombre	cantidad	material
1	regulador	1	hierro
2	Acople pie	1	hierro
3	pie	1	Madera y espuma
4	Tornillo alen m8 x 10	4	standard
5	Tornillo alen m10 x 60	1	standard

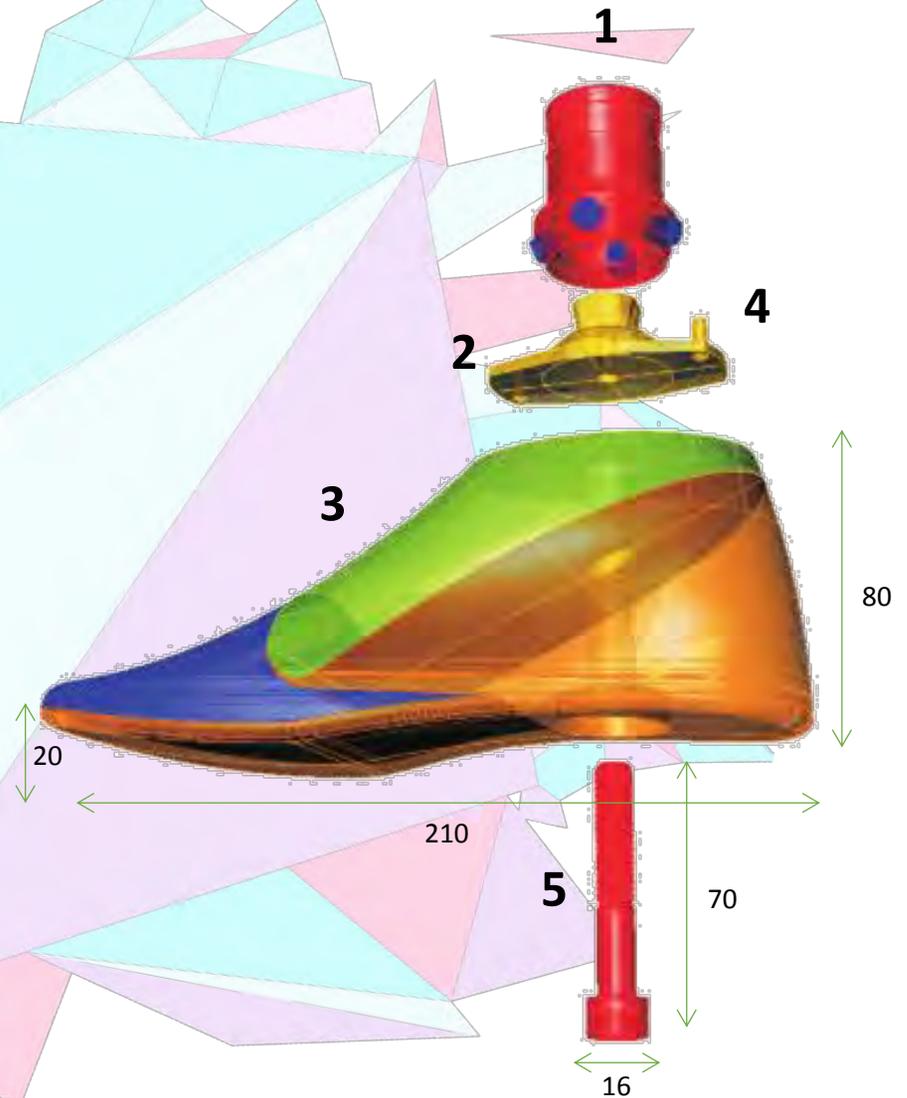


Figura 40: Vista explosiva pie  
Elaboración propia

## Listado de componentes

Encaje			
pieza	Nombre	Cantidad	Material
1	Unión muñón	2	aluminio
Elementos de conexión y alineación			
2	Articulación macho	1	aluminio
3	Articulación hembra	1	aluminio
4	Traba articulación	1	hierro
5	Eje articulación	1	hierro
5	Rodamiento agujas	2	standard
7	Tornillo traba articulación	1	standard
Soporte			
8	Prolongación	1	aluminio
9	Regulador	1	hierro
10	Abrazadera	1	Acero inox
Acople pie			
11	Tornillo alen m8 x 10	4	standard
12	Acople pie	1	hierro
Pie protésico			
13	Pie	1	Madera y espuma
14	Tornillo alen m10 x 60	1	standard

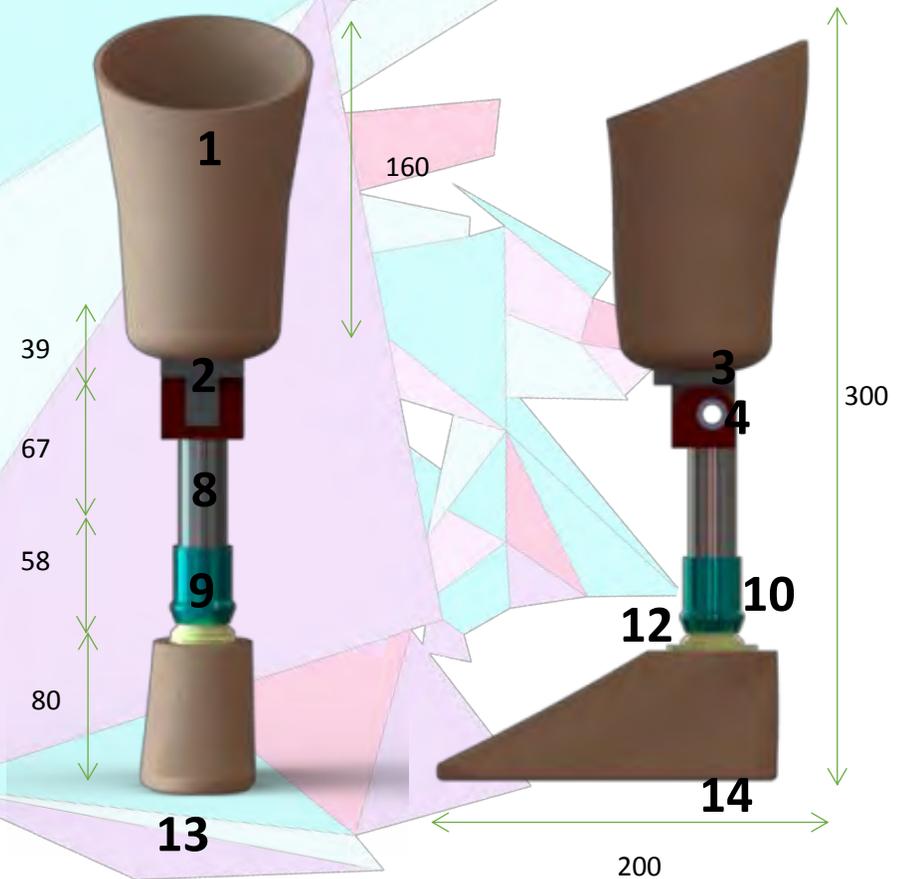


Figura 41: Vista frontal y lateral  
Elaboración propia

## Costos de materiales

Encaje				
pieza	nombre	cantidad	especificación	costo
1	Unión muñón	2	50 mm Esp 3mm	\$67
Elementos de conexión y alineación				
2	Articulación macho	1	75 mm de diámetro	\$348
3	Articulación hembra	1		
4	Traba articulación	1		\$14
5	Eje articulación	1	12 mm de diámetro	\$100
5	Rodamiento agujas	2	Nk 12/12	\$20
7	Tornillo traba articulación	1		\$14
Soporte				
8	Prolongación	1	Hueco de 31.7 de diámetro, esp 3mm	\$116
9	Regulador	1	40 mm de diámetro	\$400
10	Abrazadera	1	inox	\$5
Acople pie				
11	Tornillo alen m8 x 10	4		\$68
12	Acople pie	1	65 x 33 mm	\$666
Pie protésico				
13	pie	1	Álamo de 3" y eva de 20 mm	\$85
14	Tornillo alen m10 x 60	1		\$14
<b>total</b>				<b>\$1917</b>

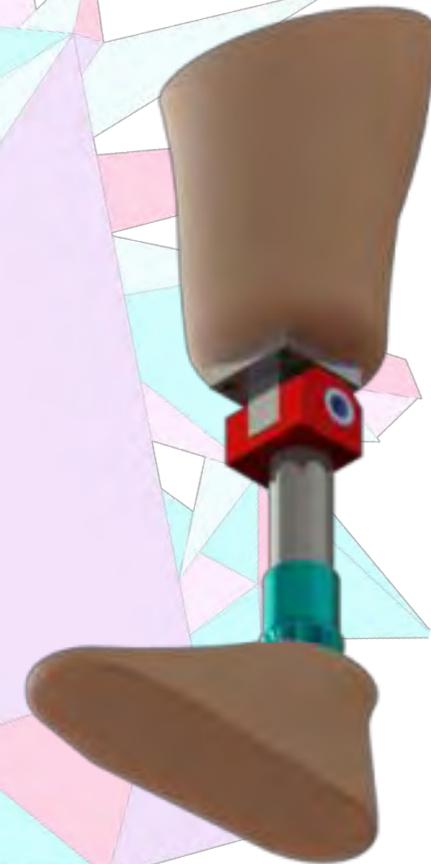


Figura 42: Esquema componentes  
Elaboración propia

## Planteamiento del problema

Actualmente en México existen aproximadamente 10 000 nacimientos anuales de ellos del 2 al 3% nacen con una discapacidad motriz causada por algún tipo de malformación congénita la cual ocurre durante los primeros 3 meses de embarazo. Teniendo como mayor influencia los estados de Yucatán, Tabasco, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Toluca, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Aguascalientes y la ciudad de México.

Esto representa un problema económico, emocional, funcional y de integración para el menor así como para su familia. A causa principalmente que desde el nacimiento las extremidades del infante no se desarrollan de forma adecuada por lo que en la mayoría de los casos se recurre a la incidencia de una amputación del tipo transtibial (debajo de la rodilla) que es la más frecuente en amputaciones de extremidades en niños menores de 5 años, todo con el fin de obtener un muñón con las características idóneas para poder ser candidato al uso de una prótesis transtibial.

Por lo que dicha amputación transtibial supone al paciente la pérdida física tanto de su extremidad y así mismo la pérdida de la marcha; lo que le imposibilita el poder trasladarse de un lugar a otro y ser a la vez independiente. Por ello el infante tiene que recurrir al uso de una prótesis transtibial que le permita realizar sus actividades de forma normal y recuperar la marcha.

Como el infante no deja de crecer es necesario que la prótesis se adapte a su desarrollo ya que es uno de los retos principales a los que se enfrentan tanto el paciente, familiares y rehabilitadores ya que esto supone que el infante este cambiando de prótesis de 2 a 3 veces anuales; a causa de que desde el primer año de vida hasta aproximadamente los 7 años de edad el crecimiento del hueso es longitudinal y posteriormente de los 8 a 14 años de edad el crecimiento se vuelve más circunferencial.

Esto tiene repercusiones económicas tanto de los familiares como de la institución correspondiente; en este caso el Instituto Nacional de Rehabilitación (INR) quien se encarga dar atención médica, rehabilitación y la solvencia de la prótesis transtibial

Además cabe destacar que el INR no ofrece mantenimiento ni remplazo de componentes. Así mismo no se preocupa por la estética, lo que lo conlleva al menor a ser objeto de burla durante su infancia, además del rechazo y desprecio del infante durante la rehabilitación; lo que causa que el muñón tenga desviaciones o malformaciones; así como falta de cuidado hacia la prótesis y así mismo.

## Objetivo general

Por esta razón el presente proyecto tiene como objetivo general el diseño de una prótesis transtibial que se adapte al crecimiento óseo de los niños con amputaciones congénitas de 2 a 5 años de edad, con la finalidad de que el infante pueda realizar sus actividades de forma normal y recuperar la marcha.

Por lo cual para alcanzar este objetivo general, se han perseguido cuatro objetivos específicos necesarios, en todo caso, para la consecución del objetivo general de este trabajo, los cuales se describen a continuación:

### Objetivos específicos

1. La funcionalidad a través de solo dos de seis movimientos que describe el pie humano (extensión y flexión); con la finalidad de ofrecer solo una marcha con un desplazamiento lineal y un movimiento dirigido.
2. La comodidad y prevención de malformaciones y lesiones del muñón a casusa del componente encargado de acoplar la prótesis al muñón (encaje); a causa de su empleo.

3. Crear una conciencia de aceptación individual como social a través de la forma y estética del objeto; con la finalidad de fomentar el desarrollo psicológico, educativo y cultural del menor.
4. Mejorar la situación socioeconómica del núcleo familiar como de la institución correspondiente al decrecer el valor neto de la prótesis a largo plazo.

## Estudio y análisis de productos análogos

A continuación se presenta una recopilación de las prótesis transtibiales más utilizadas dentro del mercado nacional e internacional para la rehabilitación de niños con amputaciones debajo de la rodilla .

Teniendo como parámetro los 5 grupos esenciales que conforman dicha prótesis que son el encaje, elementos de conexión y alineación, soporte, acople pie y el pie protésico.

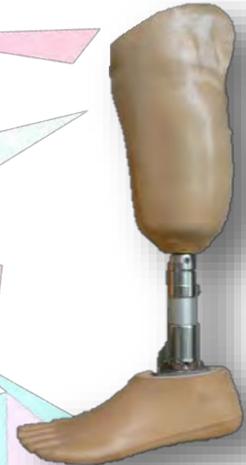
Cabe destacar que en el presente trabajo se clasificó en tres grandes grupos de acuerdo al grado de movimiento y respuesta del pie protésico que lo conforma, ya que esta parte es la más esencial para el desarrollo de la marcha.

El primero de ellos son los uniaxiales los cuales no presentan movimiento (figura 43), posteriormente los multiaxiales que presentan cierto grado de flexión plantar y dorsal (figura 44); y para finalizar con los de respuesta dinámica (figura 45) los cuales devuelven la energía cinética acumulada durante la marcha.

Con la finalidad de elaborar un análisis y un esquema comparativo para destacar las ventajas y desventajas que presenta cada producto, detectando las problemáticas esenciales y las virtudes a retomar para el rediseño de la prótesis transtibial del caso de estudio.



**Figura 43: Prótesis transtibial de pie uniaxial**



**Figura 44: Prótesis transtibial de pie multiaxial**



**Figura 45: Prótesis transtibial de pie de respuesta dinámica**

## Prótesis transtibial con pie uniaxial

Este tipo de prótesis son utilizadas para pacientes con un muñón muy corto, debilidad muscular o deformidades en el valgo<sup>24</sup> (figura 46).

Además proporciona estabilidad y distribución de las fuerzas gracias a la integración del corselete<sup>25</sup>, pero las personas que las usan son incapaces de utilizar otra prótesis ya que se quedan habituadas a ellas y el encaje no se ajusta al muñón. (Figura 47 y 48).

Esta a su vez está formada por 5 grupos principales los cuales se describen a continuación:

1. Elementos de conexión y alineación
2. Encaje
3. Soporte
4. Acople pie
5. Pie protésico

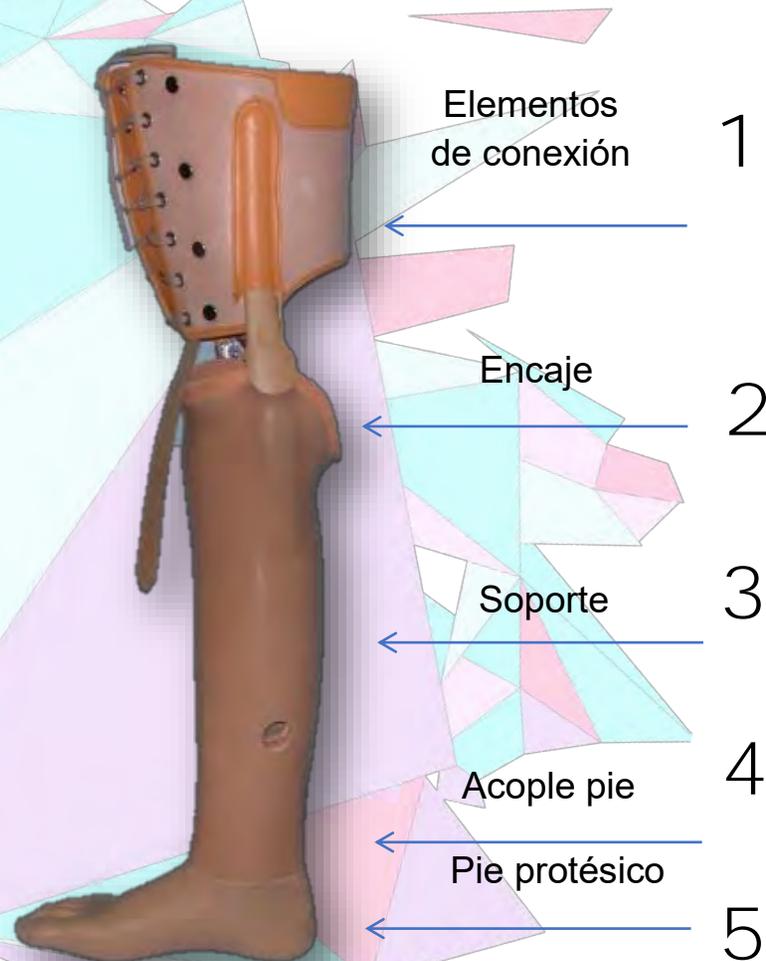


Figura 46: prótesis de pie uniaxial

<sup>24</sup> Valgo: deformidad caracterizada porque el muslo y la pierna se encuentran desviados

<sup>25</sup> Corselete: Prenda o que ciñe el talle y se ata con cordones sobre el cuerpo.

## Prótesis transtibial de pie Uniaxial

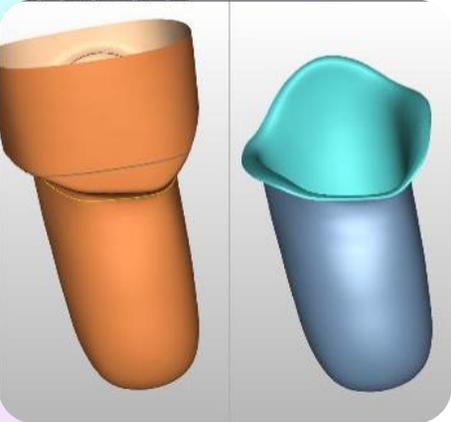
Materiales	Descripción	Ilustración
<p><b>Encaje</b></p> <p>Rígido en forma de tapón y de una interface de pelite o de cuero.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Utilizadas por pacientes con un muñón muy corto, debilidad muscular o deformidades en el valgo.</li> <li>❖ La forma se obtiene a través de un molde de positivo del muñón de manera artesanal.</li> <li>❖ Tiene un grosor de 3-5mm.</li> <li>❖ El encaje no se ajusta al muñón.</li> </ul>	
<p><b>Elementos de conexión y alineación</b></p> <p>Corselete: Fabricado en cuero o termoplástico.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Proporciona estabilidad y distribución de las fuerzas.</li> <li>❖ Las personas que las usan son incapaces de utilizar otra ya que se quedan habituadas a ellas.</li> <li>❖ Después de un tiempo causa atrofia muscular por la presión ejercida.</li> </ul>	

Figura 47: Tabla 1 de componentes  
Elaboración propia

Materiales	Descripción	Ilustración
<p><b>Soporte</b></p> <p>Exoesquelética laminado de resinas acrílicas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ En la parte distal al encaje cuenta con un acolchado de contacto total de autosuspensión con forro en pelite.</li> <li>❖ Longitud del soporte 160mm.</li> <li>❖ Soporta un peso máximo de 120 kg.</li> </ul>	
<p><b>Acople pie</b></p> <p>Acople de hierro y tornillo alen m10 x 60</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Encargado de la unión del pie con el soporte a través de un tornillo alen.</li> <li>❖ No cuenta con regulador</li> <li>❖ Diseñado para pie tipo sach.</li> <li>❖ Sus dimensiones son de 6 cm largo, 2.2 cm ancho y 3.7 cm profundidad.</li> </ul>	
<p><b>Pie protésico sach</b></p> <p>Espuma de latex y madera</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Formado por una pieza central de madera con una puntera y talón de espuma de látex para amortiguar el impacto y dar una cierta flexión dorsal,</li> <li>❖ Está recubierto de una cosmética para simular la piel.</li> <li>❖ Respecto al sistema de anclaje está compuesto por un solo tornillo en la parte inferior de cabeza hexagonal.</li> </ul>	

Figura 48: Tabla 2 de componentes  
Elaboración propia

## Prótesis transtibial con pie multiaxial

Dirigidos a pacientes con muñones inestables en el sentido de la rodilla como desviaciones en valgo.

Además proporciona apoyo subrotuliano,<sup>26</sup> en el hueco poplíteo y en superficies blandas del muñón (Figura 49).

Esta a su vez está formada por 5 grupos principales los cuales se describen a continuación (figura 50 y 51):

1. Encaje
2. Elementos de conexión y alineación
3. Soporte
4. Acople pie
5. Pie protésico

**Costo \$2000**

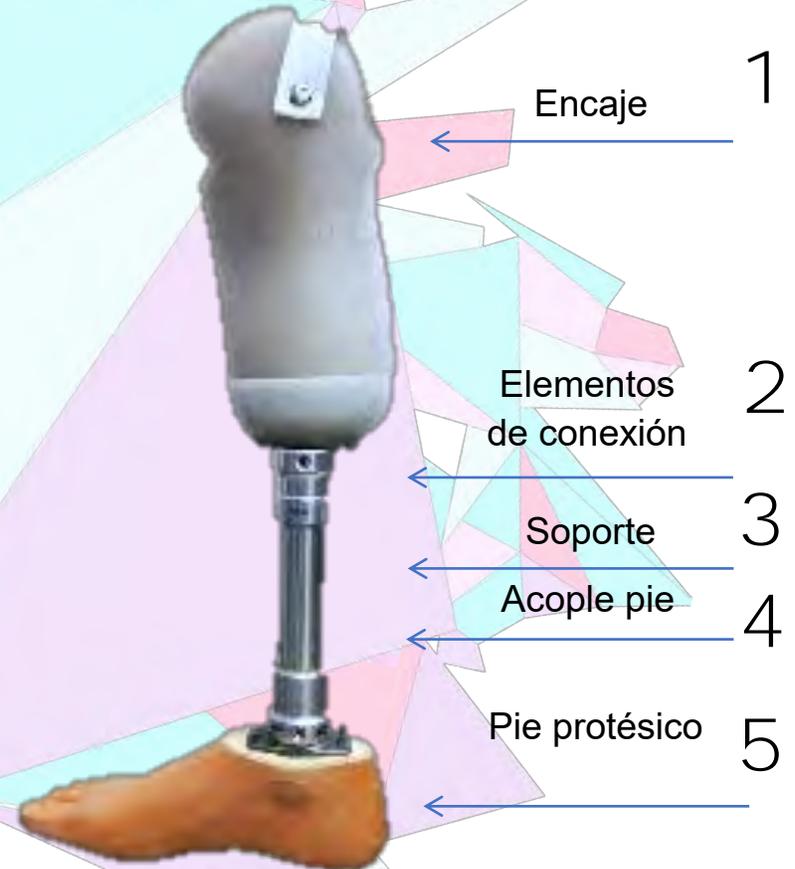


Figura 49: Prótesis de pie multiaxial

<sup>26</sup> Subrotuliano: edema (hinchazón de los tejidos) en la rodilla

## Prótesis transtibial con pie Multiaxial

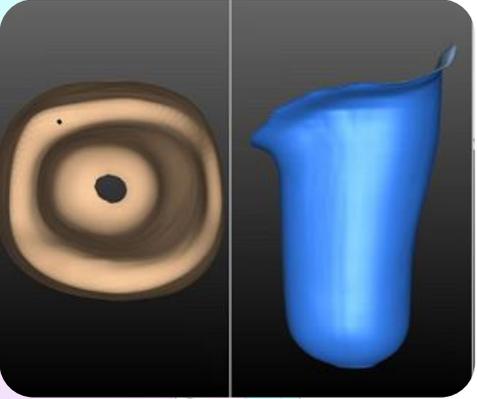
Materiales	Descripción	Ilustración
<p><b>Encaje</b></p> <p>Encaje externo laminado de resinas acrílicas y el interno de silicona</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Constituye la unión entre el muñón y la prótesis ,ademas se encarga de proteger al muñón de irritaciones.</li> <li>❖ La forma se obtiene a través de un molde de positivo del muñón de manera artesanal.</li> <li>❖ Tiene un grosor de 3-5mm.</li> <li>❖ Ofrece dos tipos de apoyos el subrotuliano a través de dos aletas ubicadas en los laterales para aliviar la presión del muñón y evitar desviaciones del valgo El segundo apoyo es del hueco popliteo con una interfase de pelite flexible.</li> </ul>	
<p><b>Elementos de conexión y alineación</b></p> <p>Vástago</p> <p>Polipropileno de color blanco</p> <p>4 tornillos de cabeza plana</p> <p>1 pín</p> <p>Lanzadera de bloqueo acople de aluminio con 4 tornillos ,con un seguro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ El vástago se localiza en el extremo distal del encaje externo a través de un vástago de forma cónica con una base circular con 4 barrenos distribuidos para el acople de la lanzadera.</li> <li>❖ En la parte central se acopla el Pin 6Y13=1</li> <li>❖ No permite ningún movimiento.</li> <li>❖ El acople es forma cilíndrica y en la parte superior es cono truncado con 4 barrenos en los laterales para el acople del pie.</li> <li>❖ Soporta un peso máximo de 120 kg.</li> </ul>	 <p>Vástago</p> <p>Lanzadera</p>

Figura 50: Tabla 1 de componentes  
Elaboración propia

Materiales	Descripción	Ilustración
<p><b>Soporte</b></p> <p>Tubo de soporte de acero inoxidable</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Brazo de palanca corto para baja potencia muscular.</li> <li>❖ Longitud del soporte 160mm.</li> <li>❖ En la parte distal se acoplan la lanzadera de bloqueo y en la parte proximal el acople pie.</li> </ul>	
<p><b>Acople pie</b></p> <p>El regulador y acople de hierro La abrazadera de acero</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ El regulador conecta el soporte y el adaptador del pie está compuesto por 4 tornillos alen y una abrazadera.</li> <li>❖ Diseñado para pie tipo dynamic</li> <li>❖ Sus dimensiones son de 6 cm largo, 2.2 cm ancho y 3.7 cm profundidad.</li> </ul>	
<p><b>Pie protésico dynamic</b></p> <p>Espuma de latex y madera</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Capacidad de deformación para simular la flexión plantar y dorsal.</li> <li>❖ El talón es de espuma de látex para amortiguar el impacto y de caucho vulcanizado para la adaptación de terrenos.</li> <li>❖ Está recubierto de una cosmética para simular la piel.</li> <li>❖ Sistema de anclaje está compuesto por un solo tornillo en la parte inferior de cabeza hexagonal.</li> </ul>	

Figura 51: Tabla 2 de componentes  
Elaboración propia

## Prótesis transtibial con pie de respuesta dinámica

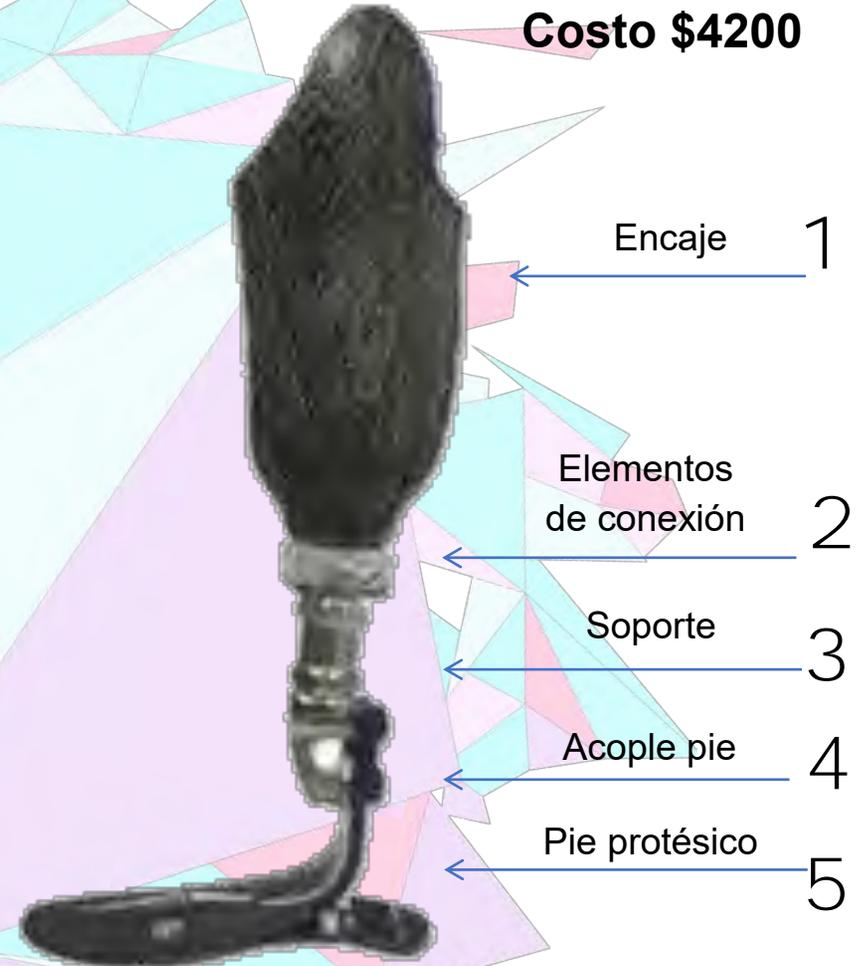
Diseñada para personas con suficiente habilidad para colocársela. Su finalidad es dar un mayor confort del muñón en relación al contacto con el encaje y además constituir un sistema de suspensión.

Este tipo de dispositivos tienen un "pin" que asegura la fijación inamovible del muñón y una bomba de vacío. (Figura 52).

Esta a su vez está formada por 5 grupos principales los cuales se describen a continuación (Figura 53 y 54):

1. Encaje
2. Elementos de conexión y alineación
3. Soporte
4. Acople pie
5. Pie protésico

**Costo \$4200**



**Figura 52: Prótesis de pie de respuesta dinámica**

## Prótesis transtibial con pie Respuesta dinámica

Materiales	Descripción	Ilustración
<p><b>Encaje</b></p> <p>Fibra de carbono</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Forma cónica de contacto total.</li> <li>❖ Tiene un grosor de 3-5mm.</li> <li>❖ Ofrece apoyos subrotuliano a través de dos aletas ubicadas en los laterales para aliviar la presión del muñón y evitar desviaciones del valgo.</li> <li>❖ No cuenta con un encaje interno de material flexible.</li> </ul>	
<p><b>Elementos de conexión y alineación</b></p> <p>Vástago Polipropileno de color negro 1 pín</p> <p>Lanzadera de bloqueo acople de aluminio con 4 tornillos ,con un seguro.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Cuenta con un pin en la parte distal para el acopla al adaptador</li> <li>❖ Sus dimensiones de la lanzadera son 4.1 cm de alto, 5.1 cm de ancho por 5 cm de profundidad.</li> </ul>	 <p>Pin</p> <p>Vástago</p>

Figura 53: Tabla 1 de componentes  
Elaboración propia

Materiales	Descripción	Ilustración
<p><b>Soporte</b></p> <p>Tubo de soporte de acero inoxidable</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Brazo de palanca corto para alta potencia muscular.</li> <li>❖ Longitud del soporte 160mm</li> <li>❖ En la parte distal se acoplan la lanzadera de bloqueo y en la parte proximal el acople pie.</li> </ul>	
<p><b>Acople pie</b></p> <p>Hierro</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Diseñado para pie tipo flex-foot</li> <li>❖ Sus dimensiones son de 6 cm largo, 2.2 cm ancho y 3.7 cm profundidad</li> <li>❖ Une el pie con el soporte a través de tornillo alen m10 x 60.</li> </ul>	
<p><b>Pie protésico Flex.foot</b></p> <p>Fibra de carbono</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>❖ Capacidad de deformación para la flexión plantar y dorsal.</li> <li>❖ Cuenta con un talón para amortiguar el impacto.</li> <li>❖ Absorbe la energía potencial y cinética que se produce cuando el pie toca el suelo, liberándola después del despegue del talón.</li> <li>❖ Está diseñada para pacientes con un nivel alto de actividad.</li> </ul>	

**Figura 54: Tabla 2 de componentes**  
Elaboración propia

## Análisis de productos análogos

A continuación se presenta una tabla comparativa donde se pueden observar los diferentes tipos de prótesis transtibiales antes descritas, como lo son: la uniaxial, la multiaxial y la de respuesta dinámica; ordenadas de forma descendente de acuerdo al grado de movimiento y respuesta del pie protésico que lo conforma.

Teniendo como parámetro principal la calidad y eficiencia de los 5 componentes principales que las conforman tales como el encaje, elementos de conexión y alineación, soporte, acople pie y el pie protésico; así como la ergonomía, estética, comodidad, costos y procesos de fabricación.

Representado por medio de tres colores principales que son el rojo, amarillo y verde. El primero de ellos se refiere a que dicho parámetro no cumple con las características óptimas y debe desecharse; posteriormente el amarillo será para señalar que a pesar que el parámetro cuenta con virtudes a retomar no están totalmente resueltas; y por último el color verde será solo para aquellos productos que cuentan con las mejores características buscadas y deberán retomarse (figura 55).

Todo esto con la finalidad de elaborar una conclusión para destacar las ventajas y desventajas que presenta cada producto, detectando las problemáticas esenciales y las virtudes a retomar para el rediseño de la prótesis transtibial del caso de estudio (figura 56).



**Logo no óptimo**



**Logo a considerar**



**Logo óptimo**

**Figura 48: Logo óptimo**  
Elaboración propia

Objeto	Encaje	Elementos de conexión	Soporte	Acople	Pie protésico	Ergonomía	Estética	Fabricación	Comodidad	Ajustables	Costo
Prótesis trasntibial de pie uniaxial	Red	Red	Verde	Amarillo	Red	Amarillo	Red	Red	Amarillo	Red	Verde
Prótesis trasntibial de pie multiaxial	Amarillo	Amarillo	Verde	Amarillo	Amarillo	Verde	Amarillo	Amarillo	Amarillo	Red	Amarillo
Prótesis trasntibial de pie de respuesta dinámica	Verde	Verde	Verde	Amarillo	Verde	Verde	Amarillo	Amarillo	Verde	Red	Red
Prótesis inr	Red	Amarillo	Verde	Amarillo	Amarillo	Verde	Amarillo	Red	Amarillo	Red	Verde

Figura 56: Tabla comparativa  
Elaboración propia

## Reflexión productos análogos

En la actualidad existen comercialmente tres tipos de prótesis transtibiales utilizadas para la rehabilitación y recuperación de la marcha en los menores. Dichas prótesis son la uniaxial, la multiaxial y la de respuesta dinámica.

Cabe señalar que todas cumplen su objetivo principal de forma semejante o parecida a la descrita por el pie humano; ya que constan de 5 elementos esenciales que son el encaje, elementos de conexión y alineación, soporte, acople pie y el pie protésico.

Además dependiendo de dicha respuesta dinámica ejercida por la prótesis el costo de los materiales se va incrementando considerablemente; por lo que la institución (INR) y el paciente optan por recurrir a una prótesis transtibial que cubra los requerimientos esenciales ya que periódicamente el infante tienen que ir cambiando de prótesis debido al crecimiento óseo del cuerpo.

Este factor común se ve reflejado en todas las prótesis existentes, ya que no cuentan con un sistema de ajuste y crecimiento idóneos contemplados, lo que en actualidad sería una ventaja tanto competitiva contra otras industrias así como el beneficio económico y ecológico para la institución (INR) y la familia del infante.

Además otro factor que no es tomado en cuenta significativamente es la estética del producto, ya que como se mencionó anteriormente se busca cubrir los parámetros esenciales; lo que se ve reflejado en el rechazo por parte del infante ya que constantemente se ve envuelto en burlas y no comprende el beneficio hacia su persona.

De acuerdo al análisis de productos análogos el ajuste y crecimiento así como la estética del producto serán los dos factores importantes a trabajar durante la fase de diseño los cuales se desarrollan en los siguientes apartados:

## Requerimientos generales

Requerimiento	Descripción
<b>usuario</b>	Niños dentro del rango de 2 a 5 años de edad que presenten una amputación transtibial .
<b>Muñón</b>	Realizado en el tercio medio de la pierna a unos 3-4 cm de la tibia y cubierto con un almohadillado para poder ejercer la presión necesaria durante la utilización de la prótesis.
<b>Higiene</b>	Para evitar infecciones o irritaciones todos los componentes deberán ser limpiados con un paño de alcohol, de igual manera el infante deberá tener buen aseo en su muñón y asistir a sus revisiones médicas.
<b>Encaje</b>	Deberá estar realizado en ecoflex con un espesor de 3mm para ofrecer apoyos subrotulianos para evitar desviaciones y permitir la flexión de la rodilla.
<b>Lanzadera</b>	Será el encargado de acoplar el encaje con la prótesis por lo cual deberá estar fabricado en nylon negro para evitar desgaste mecánico y presentar un seguro que permita la colocación y desmontaje de una forma segura.
<b>Soporte</b>	Será la columna vertebral ya que soporta gran parte de los esfuerzos por lo cual deberá estar fabricado en aluminio de 5/8 "con un roscado interno para permitir que se adapte a las diferentes alturas durante el crecimiento de infante.
<b>Acople pie</b>	Permitirá la articulación del tobillo de 15 a 20 grados para poder ejercer la marcha, por esta razón deberá contener resortes de compresión que mantengan la prótesis alineada durante cada despegue del pie del suelo.
<b>Pie protésico.</b>	Permitirá el impulso necesario para despegar y apoyar el pie cada vez que toque el suelos por lo que se requiere que este fabricada en fibra de carbono con un refuerzo de acero en su interior que permita cierta flexión y memoria durante la marcha.
<b>Envolventes</b>	Protegerán a los componentes de impactos o agentes externos como grasas, partículas o imperfecciones del entorno, así mismo simularan la forma de la pierna para generar volumen cuando utilice prendas de vestir.
<b>Dimensiones</b>	
<b>Resguardo y traslado</b>	Cuando el infante finalice sus actividades y se disponga a dormir será necesario un estuche que pueda contener y proteger los componentes de la prótesis.
<b>Psicológicos/ estética</b>	Para la aceptación y buen uso de la prótesis deberá presentar un diseño personalizado que se identifique con el infante y favorezca su utilización y pueda generar sus actividades sin ningún prejuicio social.

## Desarrollo de alternativas de diseño

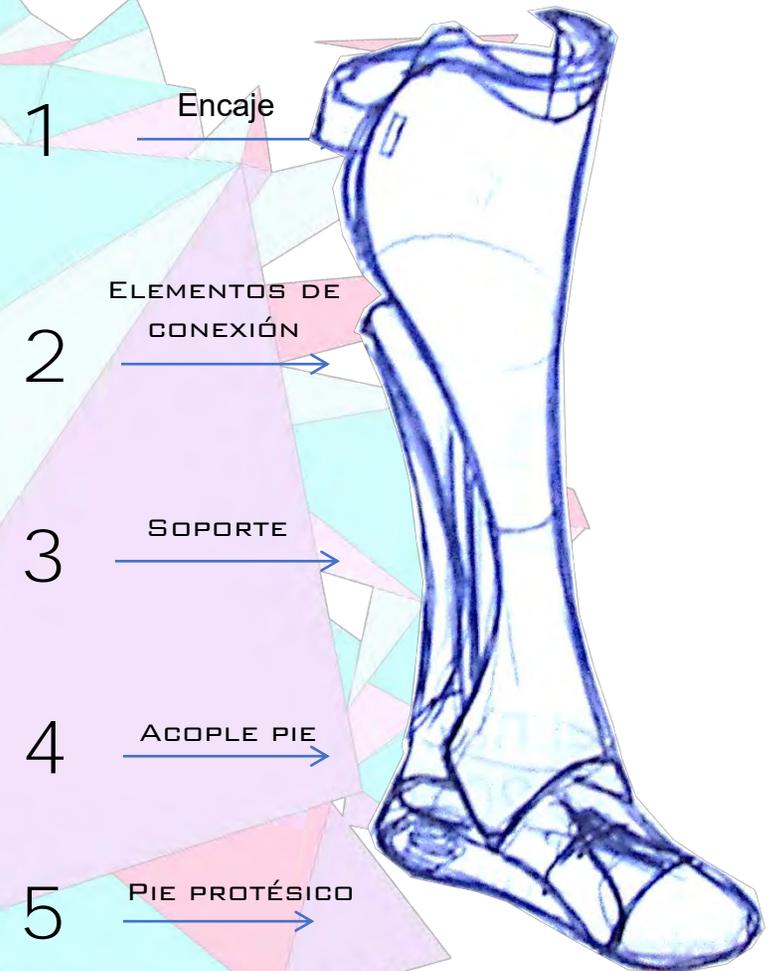
Con base a los requerimientos antes mencionados se realizaron diferentes experimentaciones tanto físicas como conceptuales para perfeccionar la mejor alternativa para solucionar el objetivo principal de este proyecto.

Cabe destacar que el primer paso fue la conceptualización de las 5 áreas que lo conformarían que son el encaje, elementos de conexión y alineación, soporte, acople pie y el pie protésico como se ve en la figura 57 y 58.

Para posteriormente ir desarrollando cada elemento que lo conforma a detalle, teniendo como parámetros la funcionalidad, ergonomía, ajuste y crecimiento, estética y comodidad para el paciente. (Figura 59 y 60).

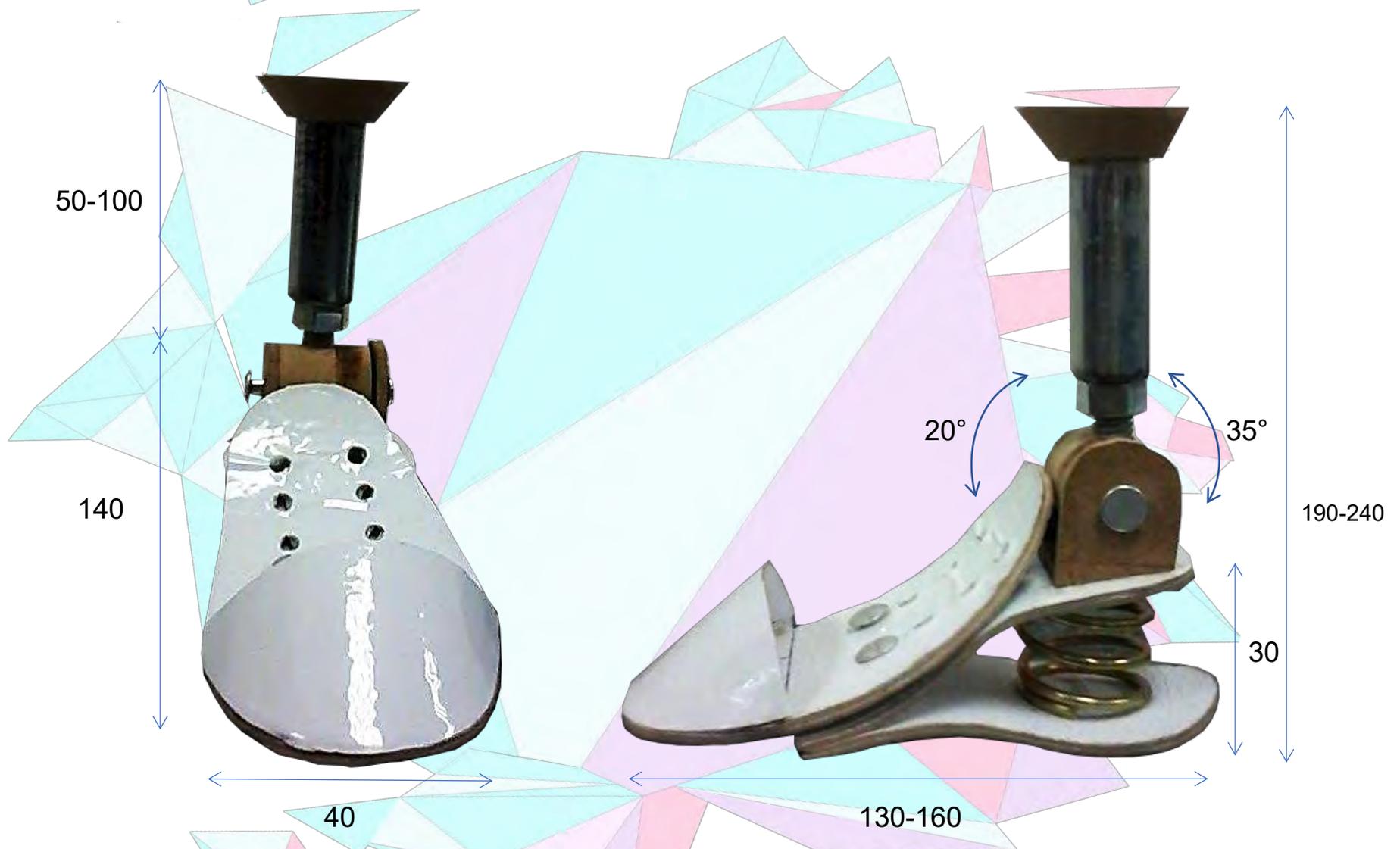


**Figura 57: Bocetos**  
Elaboración propia



**Figura 58: Isométrico**  
Elaboración propia

# Simulador prótesis transtibial



**Figura 59: Vista frontal**  
Elaboración propia

**Figura 60: Vista lateral**  
Elaboración propia

## Análisis de simuladores

En la presente propuesta realizada se pudieron identificar diferentes factores a considerar durante las etapas de la marcha las cuales son la fase apoyo y la fase de balanceo principalmente en los mecanismos y las fuerzas ejercidas sobre ellos.

Primeramente el talón sufre una ligera compresión<sup>27</sup> del 20% del peso corporal, cuando pasa de la fase de apoyo a la de balanceo. Así mismo la puntera sufre una ligera flexión durante el final de la elevación del talón; lo que se ve limitado al contar con una carcasa rígida impidiendo el despegue de la puntera del suelo y pueda causar algún accidente durante la marcha (figura 61)

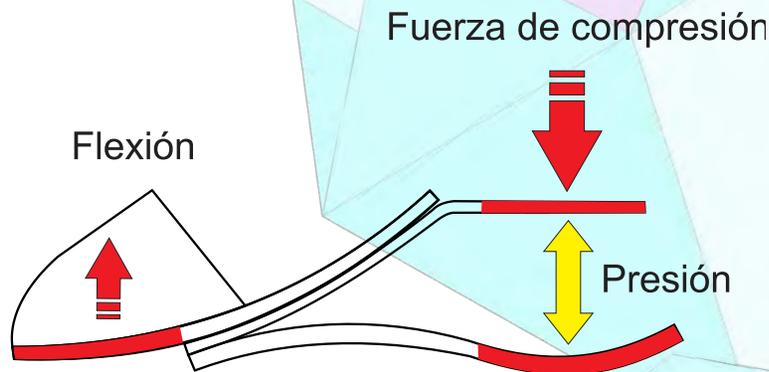


Figura 61: Fuerzas de compresión  
Elaboración propia

Posteriormente se identificó que el 60% de la fuerza ejercida durante la fase de apoyo se ve concentrado en el talón del pie protésico y se va distribuyendo por el arco de 10.2° con una presión de 24%, hasta llegar a la puntera<sup>28</sup> de la prótesis como se muestra en la figura 62.

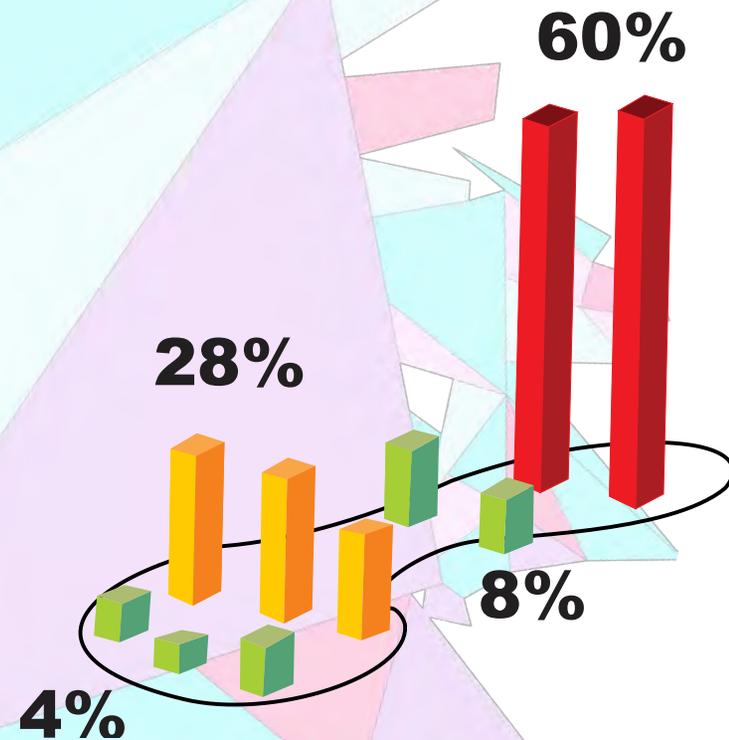


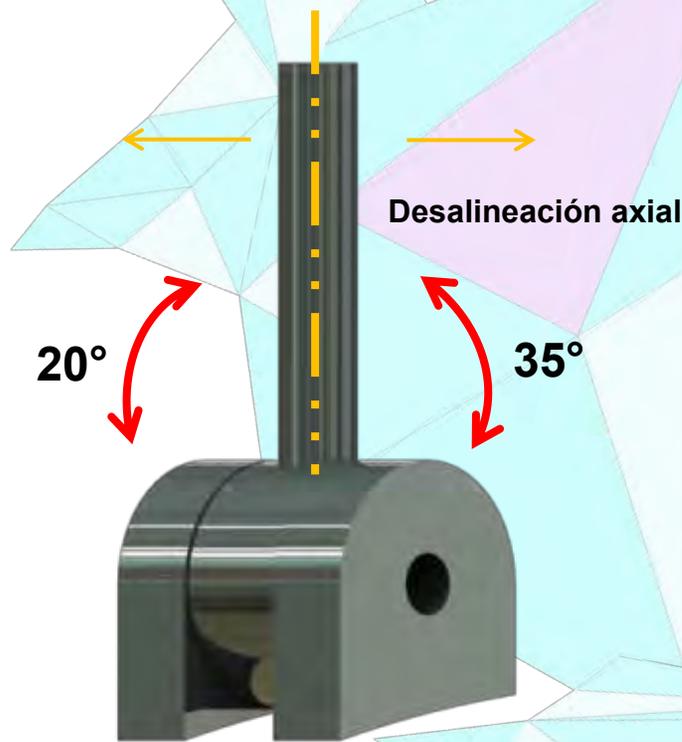
Figura 62: Medida de presiones  
Elaboración propia

<sup>27</sup> Compresión: es la resultante de las tensiones o presiones que existen dentro de un sólido deformable

<sup>28</sup> Puntera: parte de un calzado o media que cubre la punta del pie

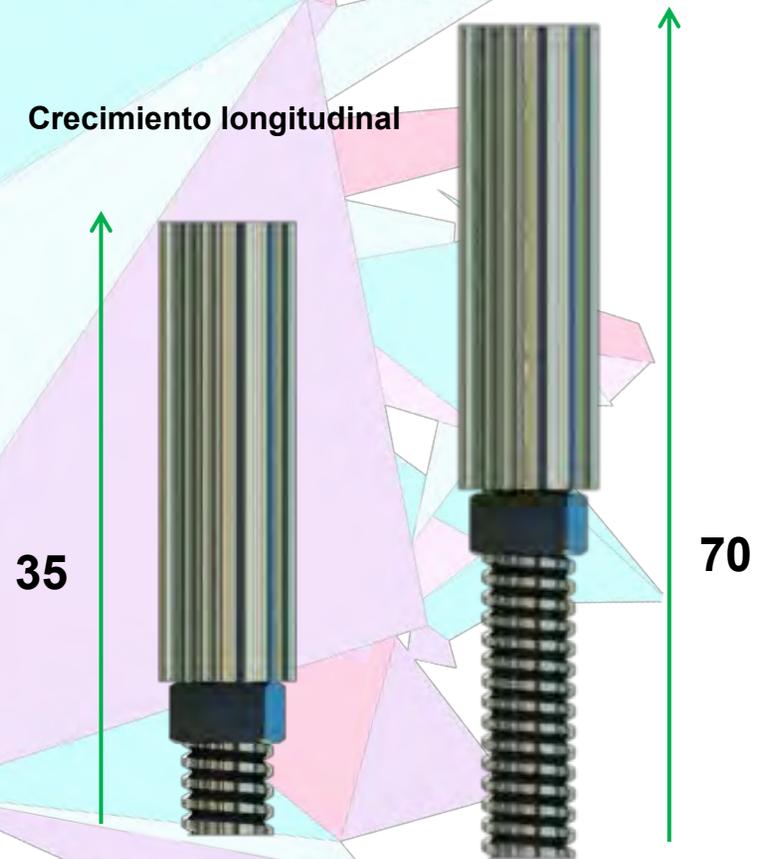
A continuación la articulación del acople con el soporte describe un ángulo de 55°; 35° durante la flexión plantar y 20° durante la flexión dorsal como se muestra en la figura 63.

Además presenta una ligera desalineación axial <sup>29</sup> cuando la marcha no es lineal; ya que el eje por sí solo no mantiene alineado el soporte con el acople por lo que se requiere otro eje para distribuir tanto el peso como la fuerza axial ejercida durante la marcha.



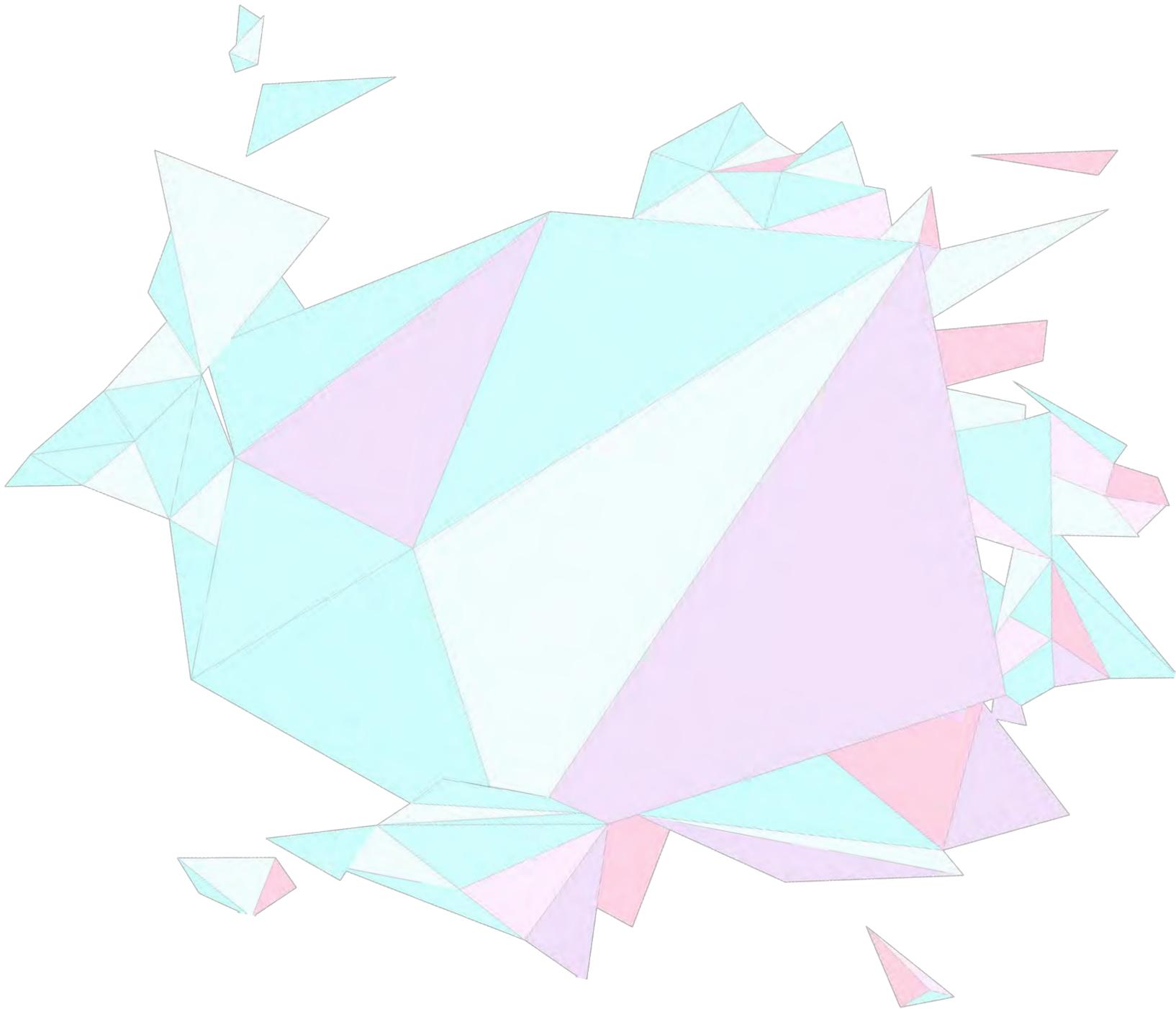
**Figura 63: Mecanismo acople**  
Elaboración propia

Para finalizar el mecanismo para el crecimiento longitudinal va creciendo de forma milimétrica hasta 40mm lo que favorece perfectamente el ajuste tanto en el percentil 5 como 95; pero su contraparte la rosca no garantiza que exista un ajuste perfecto debido a que no hay un elemento intermedio que los comprima como se muestra en la figura 64.



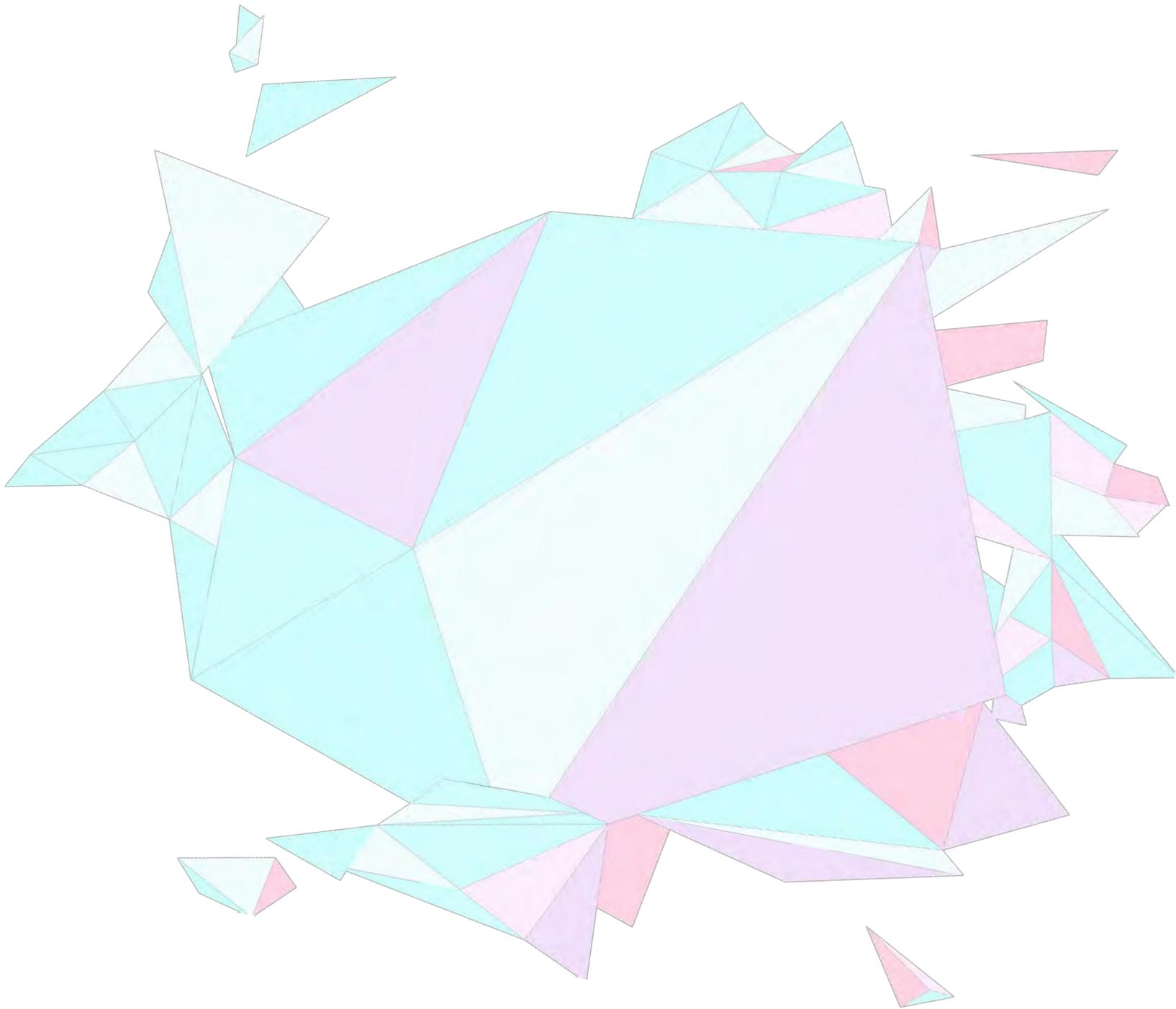
**Figura 64: Crecimiento milimétrico**  
Elaboración propia

<sup>29</sup> Axial: es la simetría alrededor de un eje





**Capítulo 3**  
**Proceso de diseño**  
**Descripción del proyecto**



## Concepto de diseño

Trinity es una Prótesis transtibial (debajo de la rodilla) para niños de un rango de 2 a 5 años de edad: la cual nace en respuesta a que en la actualidad en México dentro del INR no existe una prótesis que durante la etapa de crecimiento del infante se adapte a la misma .

Cabe destacar que el presente diseño responde principalmente al desarrollo de la marcha con un desplazamiento lineal y un movimiento dirigido durante la etapa protésica<sup>30</sup> del infante.

Así mismo retoma los elementos de la biónica en la anatomía ósea del cuerpo humano (Figura 65) así como su crecimiento longitudinal milimétrico.

Además su forma es un lienzo en blanco para que el usuario tenga la oportunidad de personalizarla y hacerla una parte única de él. Lo que conlleva a que el menor psicológicamente se sienta a gusto consigo mismo; lo que beneficia considerablemente la rehabilitación del muñón evitando posibles desviaciones o malformaciones.

<sup>30</sup> Protésica: fase de la rehabilitación donde el paciente con una amputación de la extremidad inferior puede utilizar una prótesis.



**Figura 65: Render Trinity**  
Elaboración propia

## Componentes del producto

El presente diseño se conforma por 40 piezas agrupadas en 6 subcomponentes y un estuche (Figura 66):

1. Encaje
2. Lanzadera
  - ❖ 1 Acolchonamiento
  - ❖ 1 Acople
  - ❖ 1 Lanzadera
  - ❖ 1 Resorte
  - ❖ 1 Cilindro moleteado
3. Soporte
  - ❖ 1 Soporte de 5/8"
  - ❖ 1 Varilla roscada de 1/2"
  - ❖ 1 Empaque rosca
  - ❖ 1 Tuerca de 1/2"
4. Acople pie
  - ❖ 2 Envolturas
  - ❖ 1 Eje de 1/2"
  - ❖ 2 Topes de 1/8"
  - ❖ 4 Tornillo alem de 1/2"
  - ❖ 1 Poste de 38mm
  - ❖ 2 Rodamientos
  - ❖ 2 Resortes
5. Pie protésico
  - ❖ 2 Amortiguador
  - ❖ 1 cambrillón
  - ❖ 1 Puntera
  - ❖ 1 Planta
  - ❖ 3 Postes de 6mm
6. Envoltentes
  - ❖ 2 Carcasas
  - ❖ 1 Broche metálico 1/2"
  - ❖ 1 Correa de neopreno
  - ❖ 2 Arcos metálicos
  - ❖ 1 broches plásticos 1/2 "
7. Estuche
  - ❖ 1 Gel antibacterial
  - ❖ 2 Fundas de espuma.



**Figura 66: Vista explosiva prótesis**  
Elaboración propia

## Encaje protésico

Este componente es la pieza protésica más cercana al cuerpo humano; ya que constituye la unión entre el muñón y la prótesis, así mismo protege al muñón contra irritaciones y desviaciones de las extremidades. (Figura 67)

Cabe destacar que el encaje es la única pieza que tendrá que ser sustituida periódicamente por cuestiones ergonómicas durante el crecimiento óseo del infante; ya que podría causar atrofia<sup>31</sup> muscular por la presión ejercida en el muñón.

Por esta razón su producción de la misma se realiza bajo medida de cada paciente por un técnico ortopédico; quien es la persona encargada de medir tanto la circunferencia de la parte distal y proximal de muñón así como su longitud y desviaciones para determinar el espesor idóneo del encaje que puede variar de 2 a 3 mm. (Ver anexo pág. 80)

El material empleado es un caucho de silicón Ecoflex®; el cual es un material certificado por ISO 10993-10 para estar en contacto con la piel.

Así mismo tanto la forma y el material del encaje garantiza dos tipos de apoyos el subrotuliano<sup>32</sup> a través de los laterales para aliviar la presión del muñón y evitar desviaciones del valgo; así como apoyo del hueco poplíteo con una interface flexible



**Figura 67: Encaje**  
Elaboración propia

<sup>31</sup> Atrofia: Es el desgaste o pérdida del tejido muscular.

<sup>32</sup> Subrotuliano: edema (hinchazón de los tejidos) en la rodilla

## Proceso productivo encaje

Primeramente el infante se coloca en una posición sedente y se protege el muñón con una capa de vaselina liquida.

A continuación se prepara una sustancia denominada alginato; al cual se le agrega agua en proporción 50 mililitros por 15 gr de polvo durante 2 a 4 minutos para su posterior vaciado en un molde. Donde el paciente coloca el muñón por aproximadamente 5 minutos.

Una vez que el alginato se endurece se vierte en su cavidad yeso de paris, añadiéndole una varilla de metal durante el fraguado<sup>33</sup> para brindarle soporte.

Posteriormente pasa por un proceso de lijado y pulido y se cubre con polietileno de baja densidad donde se vierte Ecoflex® el cual es un caucho se siliconada suave, fuerte y elástico que extiende su tamaño original sin romperse y recuperando su forma original sin distorsión

Para finalizar con una cuerda de nylon se ejerce fuerza hacia abajo para ir distribuyendo uniformemente el material y alisándolo al mismo tiempo hasta obtener una superficie de 2 a 3mm de espesor durante 1 minuto; que es la vida útil del material y se espera por 5 minutos para el desmontaje del polietileno y el molde de yeso para recortar los excedentes (Figura 68).



Figura 68: Esquema del proceso del encaje  
Elaboración propia

<sup>33</sup> Fraguado: proceso de endurecimiento

## Lanzadera

Este componente es el encargado de acoplar herméticamente el soporte con el encaje a través de la lanzadera; la cual es una pieza que está constituida por 5 componentes esenciales, las cuales son: acolchonamiento, el acople, la lanzadera, cilindro moleteado y el resorte (Figura 69).

Primeramente el acolchonamiento está formado por un textil blanco microscópico texturizado con una pieza central de goma de silicona; el cual tiene como función principal ofrecer comodidad y evitar irritaciones como lesiones entre la parte distal<sup>34</sup> del muñón con la lanzadera.

Posteriormente el acople es el encargado de unir herméticamente el encaje con la lanzadera a través de un cilindro roscado. Dicha pieza costa de una forma cónica torneada de nylon negro el cual es un plástico con una elevada capacidad de amortiguación mecánica, resistencia a la fatiga y desgaste.

A continuación la lanzadera de nylon negro con apoyo del cilindro roscado y el resorte de compresión de acero, se ajusta herméticamente lo cual facilita un acople rápido para la colocación y desmontaje de la prótesis.



**Figura 69: Explosiva lanzadera**  
Elaboración propia

<sup>34</sup> Distal: Indica lejanía hacia el punto de origen

## Proceso productivo lanzadera

Primeramente el acople y la lanzadera son obtenidos a partir de una barra de nylon de 32mm, los cuales se sujetan en el cabezal del torno y con ayuda de un buril<sup>35</sup> se marcan las medidas especificadas en los planos y se comienza a retirar el excedente de material con ayuda del carro longitudinal hasta conseguir la pieza deseada (Figura 70).

Asimismo se utiliza una herramienta para dar el roscado interno a ambas piezas para su acople hermético, y para finalizar se procede a limpiar las piezas para quitar la viruta<sup>36</sup> y agentes contaminantes.

Para el cilindro moleteado se obtiene a partir de una barra de aluminio de 1" y se retira el material excedente con el buril. A continuación se barrena con una broca de 7/8" a través de toda la superficie y se finaliza con un moleteado por los costados para garantizar el agarre.

Posteriormente el técnico ortopeda se encarga de ensamblar los componentes para esto coloca el acolchonamiento (previamente cortado) y el acople dentro del encaje e inserta el resorte y el cilindro moleteado a compresión para finalizar.

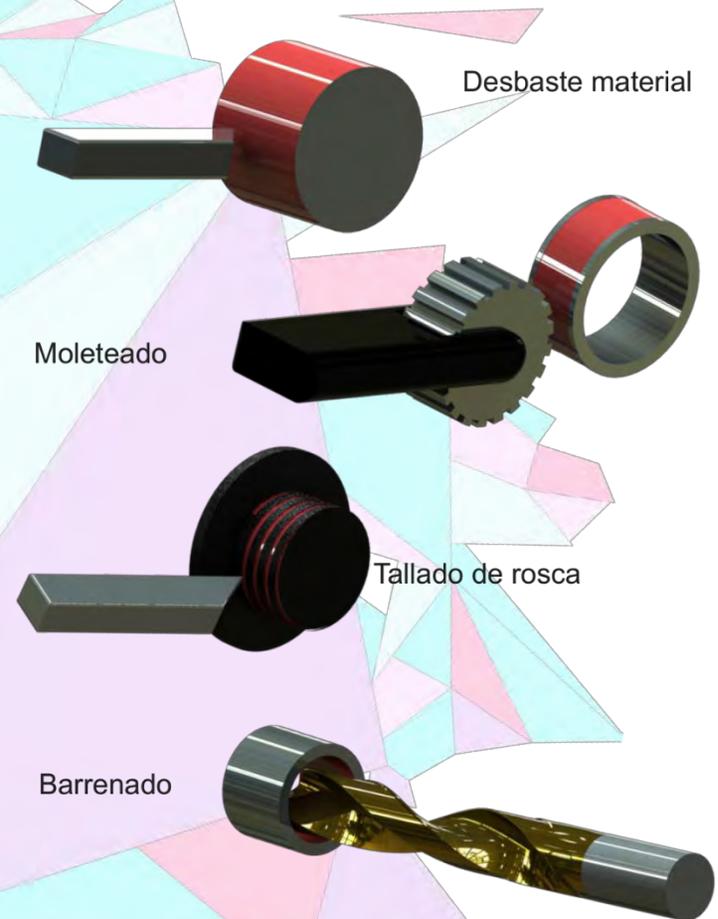


Figura 70: Procesos lanzadera  
Elaboración propia

<sup>35</sup> Buril: herramienta manual de corte o marcado formada por una barra de acero templado

<sup>36</sup> Viruta: fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral

## Soporte

Es la columna vertebral de la prótesis, además se encarga de dar estructura, así como acoplar los elementos de conexión. La cual se encuentra constituida por 4 componentes: el soporte, la varilla roscada milimétrica, el empaque y la tuerca (Figura 71).

Primeramente el soporte es el resultado de una barra redonda de aluminio de 5/8" torneada con un acabado semimate<sup>37</sup>; la cual es su interior contempla un roscado de 35 mm de longitud para el paso de la varilla milimétrica.

Cabe destacar que su función principal es dar soporte de la fuerza y carga que se transmite a través de ella hasta el pie protésico, así mismo en la parte superior cuenta con un moleteado para evitar desviaciones o desprendimiento de la lanzadera.

Posteriormente la varilla roscada milimétrica de 1/2" de acero inoxidable por 45 mm de longitud; es la encargada del ajuste longitudinal junto con el soporte a través del roscado milimétrico.

A continuación la tuerca hexagonal galvanizada<sup>38</sup> de 1/2" con el apoyo del empaque negro de caucho garantiza un correcto sellado hermético. Además dicho empaque posee resistencia al agua, aceite, altas y bajas temperaturas y a la tracción.



Figura 71: Explosiva soporte  
Elaboración propia

<sup>37</sup> Semimate: Que posee una acabado entre el brillante y el mate.

<sup>38</sup> Galvanizada: Proceso electroquímico por el cual se puede cubrir un metal con otro

## Proceso productivo soporte

Cabe mencionar que el soporte y la varilla roscada de dicha prótesis transtibial son los únicos componentes maquinados; ya que los demás elementos tales como el empaque y la tuerca, se pueden adquirir comercialmente en ferreterías de prestigio

Primeramente el soporte es una pieza que se obtiene a partir de una barra de aluminio redonda de 5/8" (16mm); la cual se sujeta en el cabezal del torno y se comienza a refrentar<sup>39</sup> para obtener una pared uniforme. Después se corta la longitud final de la pieza y se repite el proceso para rectificar el lado opuesto al que se trabajó anteriormente.

Con ayuda de una broca de 1/2" se barrena<sup>40</sup> a partir del centro de la pieza y a continuación se realiza un tallado de rosca en el interior. A continuación se moletea la cara superior para darle textura y anclaje en la lanzadera. Para finalizar se procede a limpiar la pieza para quitar la viruta y agentes contaminantes

Con respecto a la varilla roscada se procede al cortado de la longitud de 35mm y se sujeta en el torno para rectificar las caras, con la finalidad de garantizar un excelente desplazamiento de los componentes tanto en el soporte como de la tuerca (Figura 72).

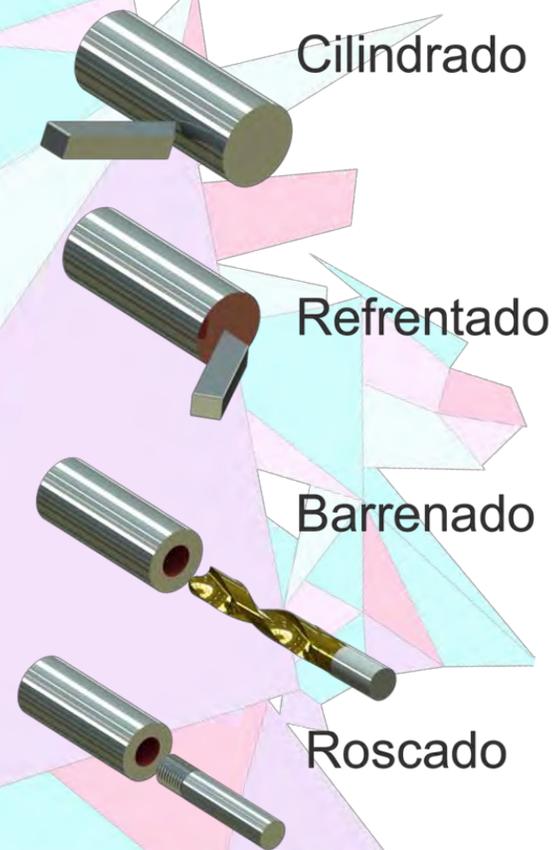


Figura 72: Proceso del soporte  
Elaboración propia

<sup>39</sup> Refrentar: Operación realizada en el torno mediante la cual se mecaniza el extremo de la pieza, en el plano perpendicular al eje de giro

<sup>40</sup> Barrenar: Abrir agujeros con una barrena o un barreno.

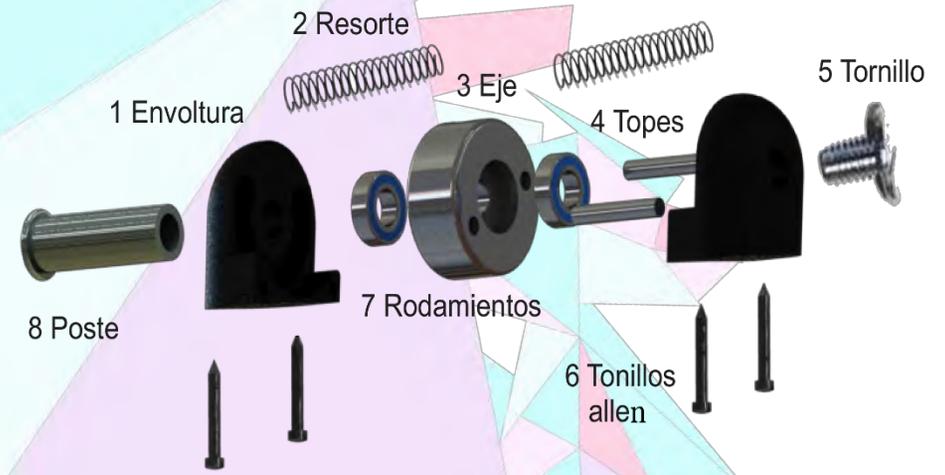
## Acople pie protésico

Este componente es el encargado del movimiento angular que describe el cuerpo humano durante la marcha; así mismo se encarga de conectar el soporte al pie protésico. Dicho componente se encuentra constituido por 14 elementos los cuales son: 2 envolturas, 1 eje, 1 poste con tornillo, 2 topes, 2 resortes, 2 rodamientos y 4 tornillos cabeza allen<sup>41</sup> (Figura 73).

Primeramente las envolturas esta fabricadas en nylon negro el cual es un material auto lubricante utilizado en la industria metal mecánica; además pasa por un proceso de fresado<sup>42</sup> para darle un bajo relieve que servirá de canal para dar un movimiento de 55°.

Posteriormente en medio de las envolturas se encuentra el eje el cual es una pieza torneada de aluminio donde se insertan a presión dos topes de 1/8"; los cuales se encargan de pasar por el bajo relieve de las envolturas.

A continuación el poste es la pieza encargada de alinear y ajustar la presión entre los componentes; para esto pasa a través de sus centros y se asegura con un tornillo plano de aluminio. Para finalizar el mecanismo se utilizan 4 tornillos cónicos allen de 1/2" cabeza plana; los cuales se atornillan por la parte superior con ayuda de una llave de 1/4" allen, del pie protésico hasta el tope de las envolturas.



**Figura 73: Explosiva acople**

Elaboración propia

<sup>41</sup> Allen: tornillos de cabeza hexagonal utilizados para dar superficies lisas.

<sup>42</sup> Fresado: corte de material que se mecaniza con una herramienta rotativa de varios filos.

## Proceso productivo pie protésico

Cabe mencionar que de los 14 componentes que constituyen el acople solo las envolturas, el eje y los topes son los únicos componentes maquinados; ya que los demás se pueden adquirir comercialmente.

Primeramente las envolturas se obtienen a partir de una placa de nylon negro (nylamid) de 10x10 x9 mm y pasan por un proceso de fresado frontal<sup>43</sup> por la periferia<sup>44</sup> para retirar el excedente de material. A continuación con una fresadora se realiza un bajo relieve de 3mm de profundidad y un paso de 1/8" que servirá de canal circular para dar un movimiento de 55°. Posteriormente se realiza un barrenado de 1/4" al centro y en la parte inferior dos de 1/8" .

Con respecto al eje este se obtiene a partir de una barra redonda de aluminio de 1"; el cual pasa por una cizalla para cortar un tramo de 12mm de longitud y se refrenta en el torno .Posteriormente se realiza un barrenado de 1/4" al centro y 2 de 1/8" a 10mm del centro de la barra.

Los postes se obtienen de una barra redonda de aluminio de 1/8" la cual pasa por una cizalla para cortar dos tramos de 18mm de longitud; los cuales se introducen por los dos barrenos de un 1/8" del eje dejando 3mm de longitud fuera de este por ambos lados, para finalizar se limpian las piezas para quitar la viruta y agentes contaminantes (Figura 74).

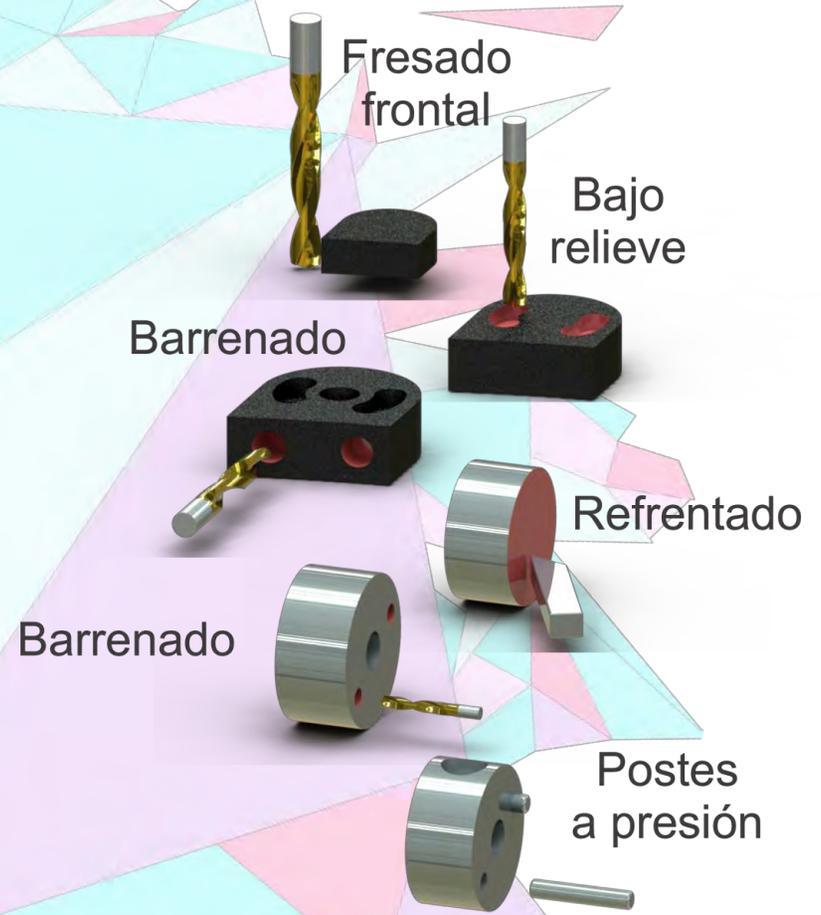


Figura 74: Proceso del acople  
Elaboración propia

<sup>43</sup> Frontal: Relativo a la parte delantera de una cosa

<sup>44</sup> Periferia: Contorno de una figura curvilínea.

## Pie protésico

Dicho componente está compuesto por 8 elementos los cuales son: una puntera, planta del pie, pie protésico, amortiguador, una punta y 3 postes de acero.

El primero de ellos la puntera está fabricada en una silicona blanca para permitir la flexión durante la marcha sin perder su forma. Asimismo dicha pieza se encuentra unida a la planta del pie fabricada en fibra de carbono con un refuerzo interno de acero templado.

Posteriormente el pie protésico es el cuerpo principal y es el encargado de dar soporte a la prótesis y permitir la flexión dorsal y plantar del mismo; está constituido por fibra de carbono con un refuerzo interno de acero templado y en la parte inferior cuenta con un amortiguador de hule con textura antiderrapante el cual reduce el impacto y las caídas durante la marcha.

En la parte inferior de la puntera se encuentra una punta de hule con un antiderrapante; la cual gracias a su composición da el impulso necesario para el despegue del suelo y amortigua el impacto al descender durante la marcha

Para finalizar con ayuda de tres postes de acero de 6mm alojados en el cuerpo del pie protésico permiten el cambio de longitudinal de la planta y asimismo evitan desviaciones de la puntera al caminar (Figura 75).



**Figura 75: Explosiva del pie protésico**  
Elaboración propia

## Envolventes

Este componente está constituido por seis elementos principales: 2 carcassas de plástico, 1 broche de metal de 1/2", una correa de neopreno, dos arcos metálicos y 1 broches de plástico de 1/2 ".

Los cuales buscan imitar la anatomía ósea del cuerpo humano con la finalidad de dar forma y volumen a la prótesis transtibial; para que el infante se sienta a gusto con ella y pueda aceptarla como parte de él (Figura 76).

Dichos componentes están fabricados en ABS blanco de calibre 100 el cual es un material termoplástico<sup>45</sup>. Además cabe mencionar que dicho material es resistente al impacto, mantiene su forma y dimensiones originales a pesar de cambios de temperatura y humedad; relativamente de peso ligero y de bajo costo.

Así mismo es el encargado de ofrecer apoyo subrotuliano<sup>46</sup> en el muñón a través de las aletas laterales y la presión de la correa de neopreno lo cual evitar desviaciones del valgo.

Y en su parte inferior cuenta con dos arcos de acero inoxidable que la unen al acople del pie y permiten el abatimiento de las carcassas para liberar el muñón.



Figura 76: Explosiva componentes envolventes

Elaboración propia

<sup>45</sup> Termoplástico: Dicho de un material maleable por el calor

<sup>46</sup> Subrotuliano: edema (hinchazón de los tejidos) en la rodilla

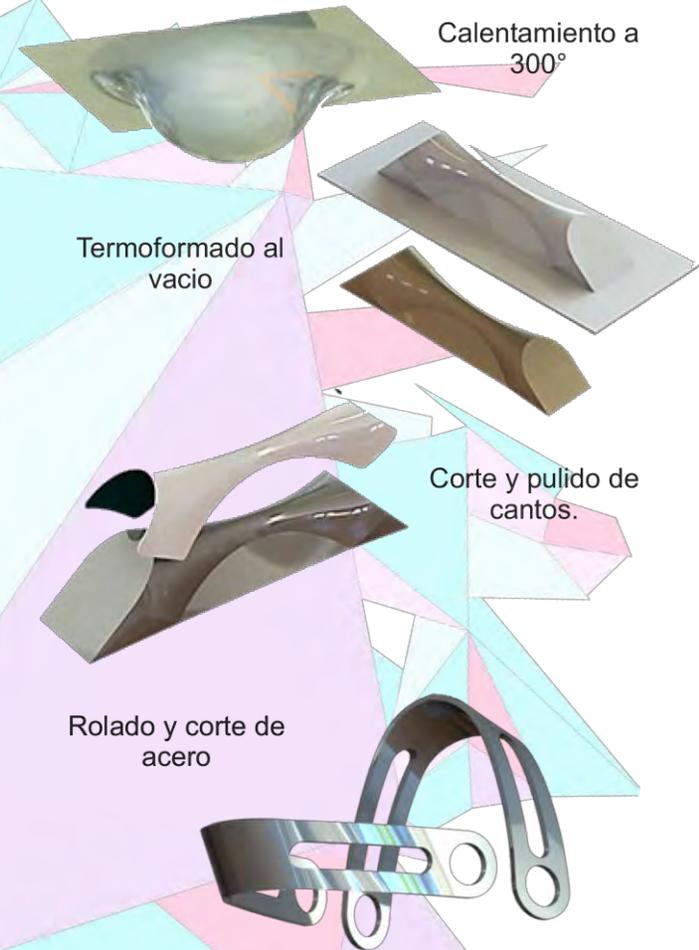
## Proceso productivo envolventes

Cabe mencionar que dichos componentes son obtenidos a partir de un proceso denominado termoformado el cual es un proceso de transformación de plástico de bajo volumen de producción.

Para esto se requiere calentar una lámina de calibre 100 de ABS de 55 x80cm a una temperatura de 300° para que el material se dilate y forma una especie de burbuja en el centro; para posteriormente caiga sobre los moldes de resina<sup>47</sup> con carga de aluminio y a través de un sistema de vacío tome la forma del molde deseado.

Y se debe enfriar con acción de un ventilador por alrededor de 20 segundos y se retira la lámina para a continuación con ayuda de un dremel o herramienta de corte se retira el excedente de material y con ayuda de una lijadora de banco se perfilan y pulen los cantos.

Para los arcos de acero a través de un corte laser computarizado se obtienen las formas de manera precisa y se pulen los cantos; finalizando con el acople a las carcasas con ayuda de pegamento 3M el cual se adapta a la forma de la carcasa y si llegase a sufrir un imperfecto puede retirarse de manera sencilla para su reparación (Figura 77).



**Figura 77: Procesos de los componentes de las envolventes** Elaboración propia

<sup>47</sup> Resina: sustancia sólida o de consistencia pastosa, insoluble en el agua.

## Estuche

Este componente se encarga de contener, proteger y preservar los componentes que conforman la prótesis cuando el usuario no está utilizando la prótesis; ya sea por cuestiones médicas como limpieza del muñón, traslado o se disponga a dormir el infante.

Dicho componente se encuentra constituido por cuatro elementos los cuales son: 1 estuche, 2 espumados y un gel antibacterial (Figura 78).

Primeramente el estuche está fabricado en plástico ABS blanco a través de un proceso de inyección con un gráfico normado por el INR (Figura 79) el cual se puede adquirir comercialmente por Multimed una empresa mexicana proveedora de equipo médico. El cual en la parte superior contiene un seguro en forma de mano que garantiza un cierre hermético y un asa ergonómica para que el padre pueda transportarla cómodamente.

Así mismo en su interior cuenta con una plancha de espuma de poliuretano donde a través de un proceso de termoformado se realizaron unos registros periféricos del cuerpo de la prótesis, el encaje y el gel antibacterial; el cual lo protege de vibraciones, objetos punzo cortantes y del choque entre componentes.

Además cuenta con un gel antibacterial para limpiar de manera rápida y fácil; en una presentación tipo pluma con un dosificador de aerosol, el cual a su término puede ser recargado.



**Figura 78: Estuche contenedor de la prótesis**

Elaboración propia

## Diseño gráfico del estuche



Figura 79: Grafico del estuche  
Elaboración propia

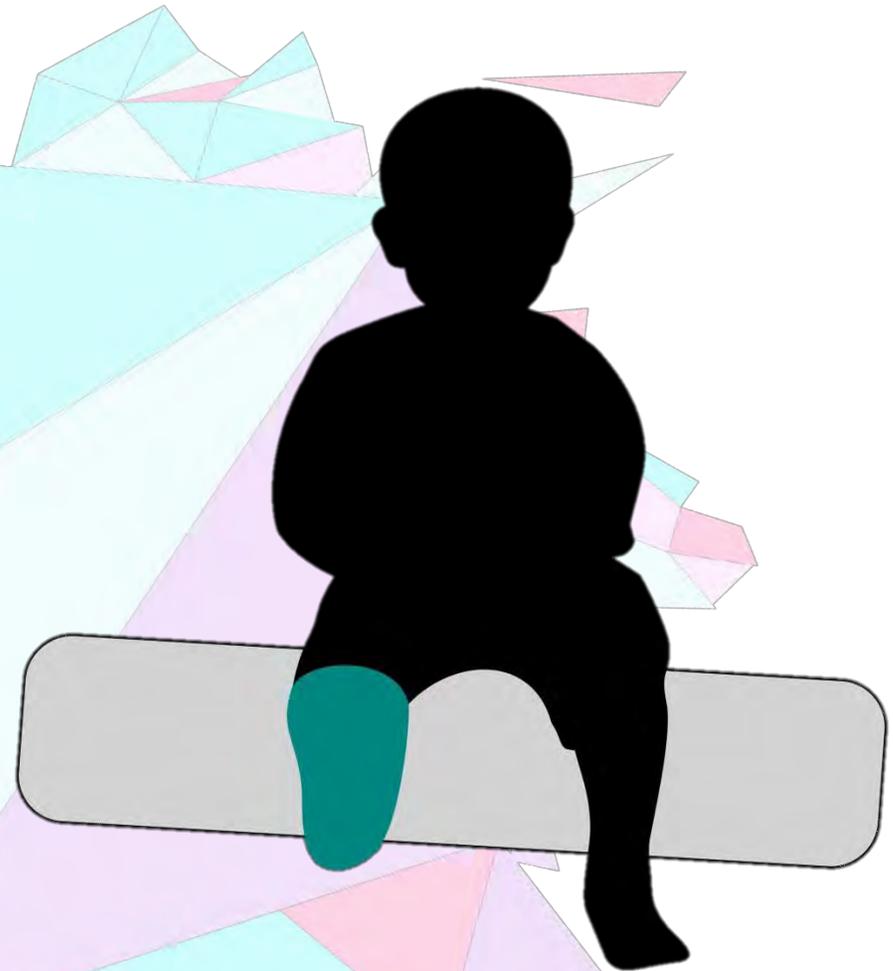
## Secuencia de uso

Primeramente el infante deberá estar acompañado y supervisado en todo momento por un equipo multidisciplinar compuesto por un médico rehabilitador, cirujano, técnico ortopédico, fisioterapeuta, asistente social y una enfermera en las primeras etapas protésicas y durante los ajustes ergonómicos.

Posteriormente los padres aprenderán y realizarán las mismas técnicas durante el uso cotidiano; ya que el infante no cuenta con las destrezas necesarias para conseguir un excelente ajuste; ya que se requiere de un agarre tipo pinza trípode (el uso de los 5 dedos) el cual se desarrolla y perfecciona hasta después de los 7 años de edad.

A continuación se describe el uso cotidiano donde el infante deberá tomar una postura sedente<sup>48</sup> durante todo el proceso con los miembros inferiores (piernas) formando un ángulo recto; con la columna vertebral recta y la cabeza mirando al frente (Figura 80). Dicho proceso constará de 6 fases:

1. Fisioterapia del miembro inferior
2. Acople encaje –muñón
3. Acople lanzadera-soporte
4. Aseguramiento
5. La marcha
6. Desmontaje



**Figura 80: Postura sedente**  
Elaboración propia

<sup>48</sup> Sedente: posición sentada.

## Fisioterapia del miembro inferior

Primeramente se deberá preparar el muñón del infante el cual deberá estar aseado y no presentar ningún tipo de lesión en la piel.

Posteriormente se deberá utilizar un vendaje compresivo; el cual será utilizado durante todo el día y solo será retirado para realizar el aseo diario y observar el estado del muñón, para esto se deberá realizar la siguiente técnica:

1. Extender el miembro amputado y tomar la venda de acolchonado de algodón o de crepe y realizar un trayecto circular alrededor del extremo proximal del muñón.
2. A continuación bajar la venda hacia la base y sujetarla pasando el dedo pulgar por el medio
3. Posteriormente pasar la venda por encima de la punta del dedo hacia el otro extremo de este; y la sujetaremos con nuestro dedo índice y se repetirá los pasos de dos a tres veces.
4. Para finalizar se cortara la venda sobrante y se deberá fijar el extremo libre con tres trozos de esparadrapo<sup>49</sup> (Figura 81).



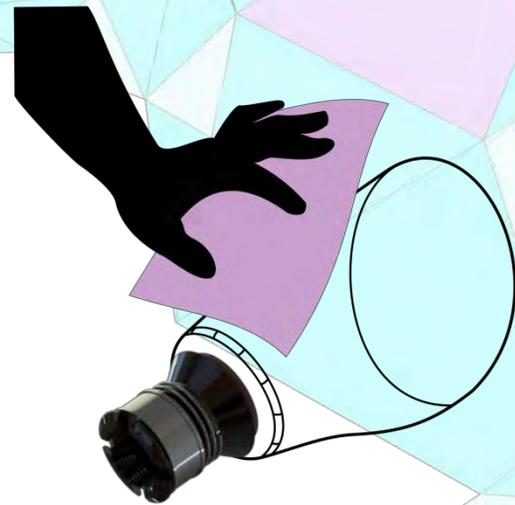
**Figura 81: Vendaje compresivo**  
Elaboración propia

<sup>49</sup> Esparadrapo: tira de tela, cubierta de una capa adherente por uno de sus lados; la cual se utiliza para sujetar vendajes.

## Acople encaje- muñón

Una vez que el muñón cuenta con la suficiente potencia<sup>50</sup> muscular y ha sido preparado previamente con un vendaje compresivo es apto para un sistema de encaje del tipo Total surface weight bearing (TSWV) el cual nos garantizara un sistema de descarga y contacto total sobre el muñón; para esto se debe realizar la siguiente técnica:

1. Primeramente pasar un paño con alcohol por el interior y exterior del encaje con la finalidad de eliminar bacterias que amenacen la piel del infante (Figura 82).



**Figura 82: Higiene y limpieza del encaje**  
Elaboración propia

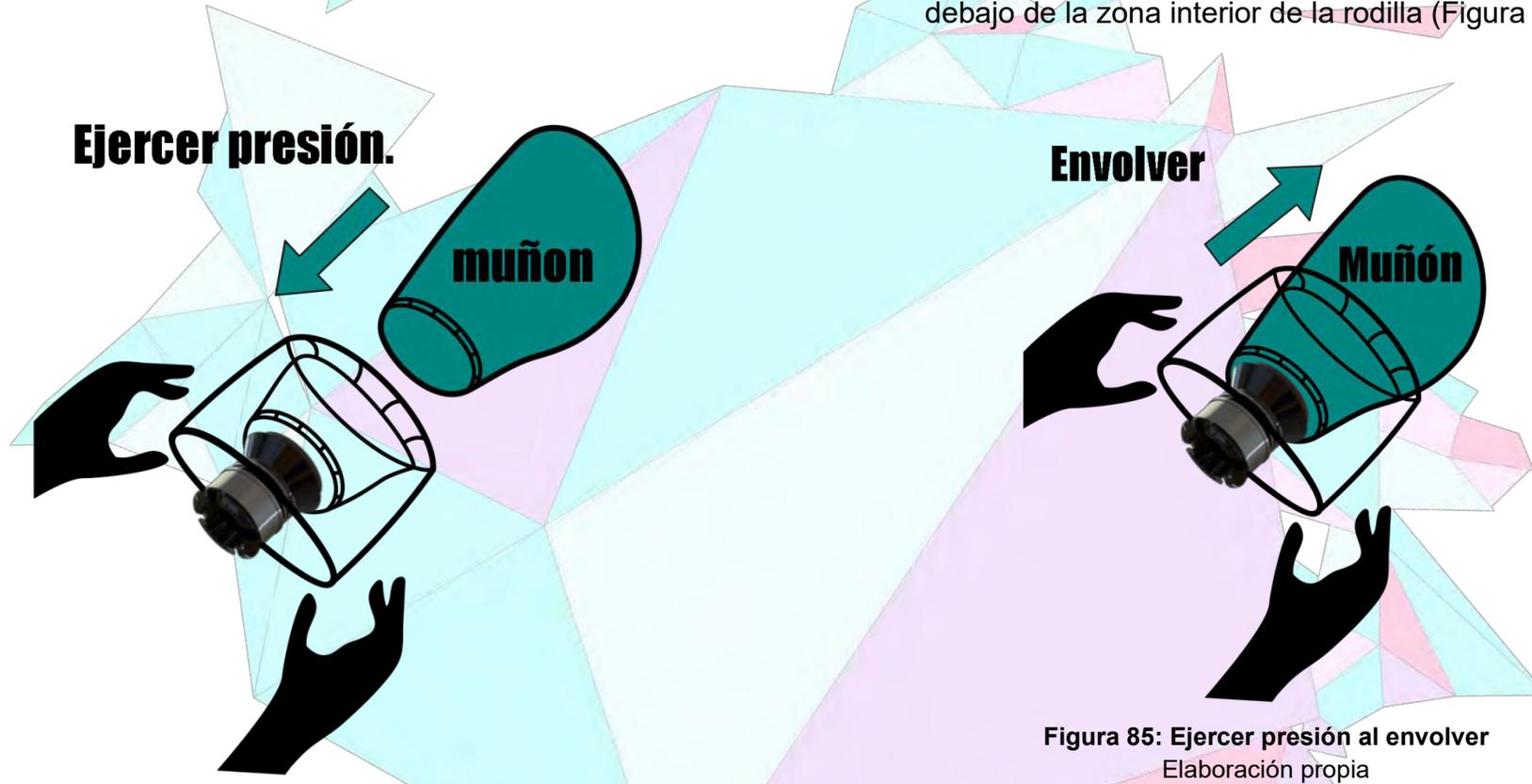
2. Con ambas manos tomar la parte superior del encaje y desenrollar hacia la parte inferior (Figura 83).



**Figura 83: Desenrollo del encaje**  
Elaboración propia

<sup>50</sup> Potencia muscular: se refiere a la fuerza que puede aplicar una persona con un movimiento y a la velocidad con que dicha aplicación se concreta.

3. Posteriormente colocar hacia la parte proximal<sup>51</sup> del muñón; donde el paciente deberá ejercer presión y no a la inversa; garantizando un buen apoyo subrotuliano y en el hueco poplíteo (Figura 84).



**Figura 84: Acople del muñón - encaje**  
Elaboración propia

4. A continuación se comenzara a envolver al muñón desenvolviéndolo poco a poco y ejerciendo presión al mismo tiempo hasta llegar a la parte superior, procurando que siempre envuelva a la rodilla y quede por debajo de la zona interior de la rodilla (Figura 85).

**Figura 85: Ejercer presión al envolver**  
Elaboración propia

5. Para finalizar se deberá rectificar que no persista ninguna molestia o no ejerza la presión suficiente.

<sup>51</sup> Proximal: que está más próximo al eje o línea media del organismo o del arranque de un miembro u otro órgano.

## Acople lanzadera-soporte

Una vez que el encaje este colocado correctamente al muñón, se dispondrá a colocar la lanzadera para garantizar un fácil y seguro agarre al soporte de la prótesis; para esto se debe realizar la siguiente técnica:

1. Primeramente abrir las envolventes desabrochando la correa de neopreno (Figura 86); a continuación limpiar y verificar tanto en el interior de la lanzadera así como el de la superficie del soporte, procurando que no exista algún agente externo tales como grasa, partículas o imperfecciones que pudieran amenazar con el acople.

2. En la parte inferior de la lanzadera se encuentra un cilindro metálico el cual se deberá tomar con una mano y alzar ejerciendo cierta fuerza hasta la parte distal de la lanzadera (Figura 87).



**Figura 86: Abatimiento de envolventes**  
Elaboración propia

## Deslizar el seguro



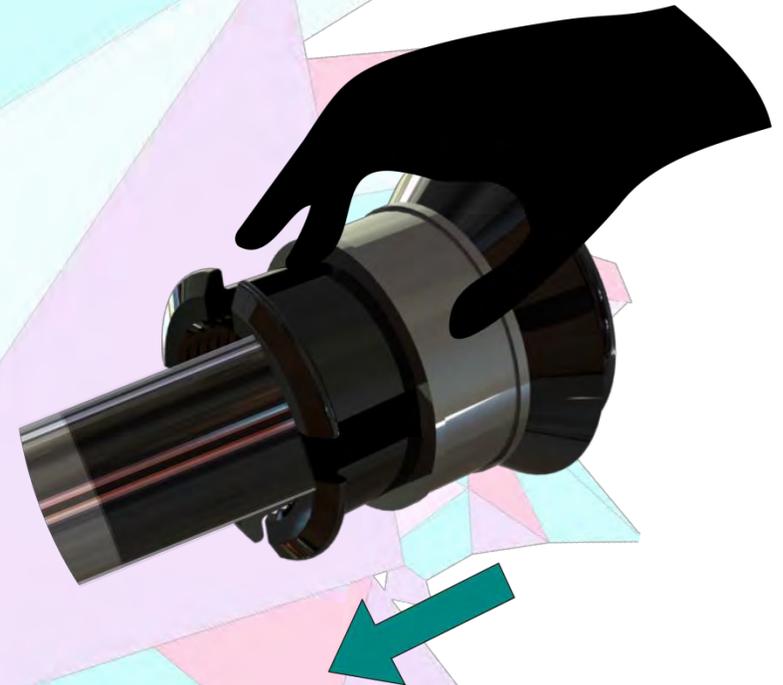
**Figura 87: Retiro del seguro de la lanzadera**  
Elaboración propia

3. Sin soltar el cilindro con la otra mano se tomara la prótesis procurando que el dedo pulgar quede sobre el soporte (Figura 88).



**Figura 88: Secuencia del acople encaje-soporte**  
Elaboración propia

4. A continuación se ejercerá presión al introducirla en la lanzadera hasta llegar al tope y se dejara que el cilindro regrese a su posición original; para finalizar revisar que el acople sea hermético y en el caso de existir algún movimiento radial se deberá desacoplar y realizar de nuevo el proceso (Figura 89).



**Figura 89: La presión garantiza un seguro hermético**  
Elaboración propia

## Aseguramiento

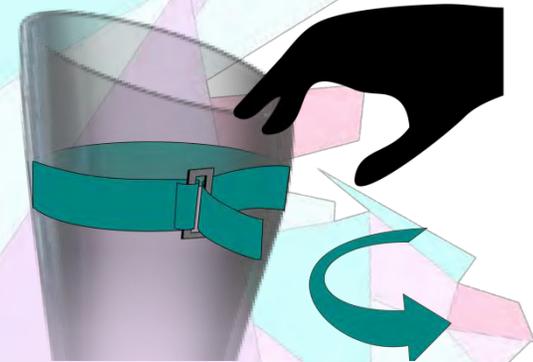
Una vez acoplada la prótesis al muñón se deberá prevenir cualquier holgura o movimientos radiales que puedan perjudicar la integridad del muñón del infante. Para esto se recurrirá a una correa de neopreno localizada en el interior de las envolventes en forma de anillo; la cual se colocara de la siguiente forma:

1. El infante se deberá colocar en una posición erguida; y con las envolventes abatidas se deberá tomar el extremo posterior de la correa de neopreno (Figura 90).



**Figura 90: Colocación de la correa de neopreno.**  
Elaboración propia

2. Posteriormente se deberá pasar la correa a través de la hebilla de cierre localizada en el otro extremo (Figura 91); procurando ejercer cierta presión subrotuliana.



**Figura 91: Aseguramiento de la prótesis**  
Elaboración propia

3. Para finalizar se deberá asegurar la correa por medio del velcro alojado sobre la cinta hasta donde la presión sea requerida (Figura 92).



**Figura 92: Ajuste de la presión a través del velcro.**  
Elaboración propia

## La marcha

La ejecución de la marcha consiste en un proceso complejo donde su objetivo principal es realizar un movimiento de translación: por lo cual debe destacar que solo se pretende realizar un desplazamiento lineal con un movimiento dirigido ya que hasta los 6- 7 años de edad el infante puede ejecutar maniobras más complejas.

Primeramente el infante deberá tener la suficiente fuerza en los miembros conservados para mantener una posición erguida con ayuda de la prótesis, para realizar las dos fases de la marcha (Figura 93):

1. Fase de apoyo  
Comienza con el contacto inicial del talón en el suelo y termina con el despegue del antepié; la cual a su vez consta de 5 partes (Figura 94 y 95):
  1. Contacto talón
  2. Apoyo plantar
  3. Apoyo medio
  4. Elevación talón
  5. Despegue
2. Fase de balanceo  
Comienza cuando se retira del suelo el pie y termina con el contacto del talón; la cual a su vez consta de 2 partes (Figura 96):
  1. Aceleración
  2. Separación del pie

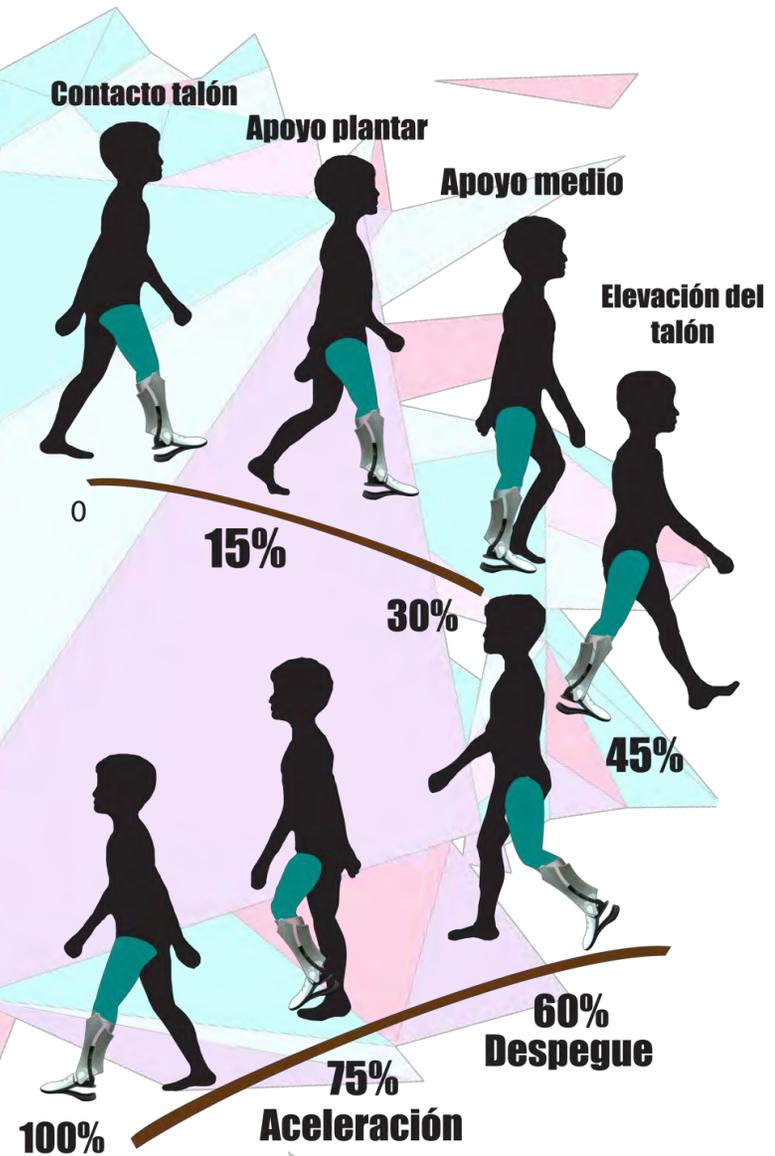
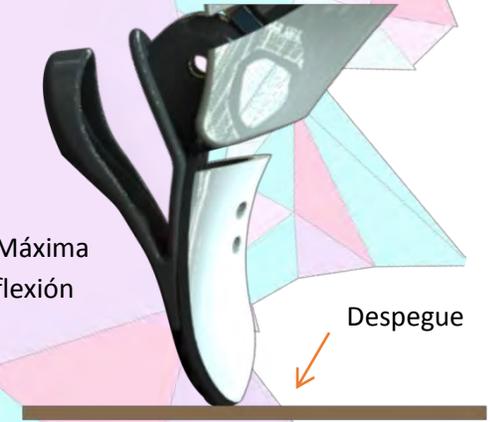


Figura 93: Fases de la marcha.  
Elaboración propia

## Fase de apoyo

Actividad	Descripción	ilustración
<p><b>Contacto del talón</b></p>	<p>Una vez que el infante esta erguido extiende su pierna donde la rodilla en este punto alcanza su extensión máxima y el pie presenta una rotación hacia el interior ( pronación ) y el antepié absorbe el impacto al igual que se adapta a las irregularidades de la superficie.</p>	 <p>35° flexión plantar</p>
<p><b>Apoyo plantar</b></p>	<p>La rodilla apartir de este punto comienza a flexionarse ligeramente, y el pie se coloca brevemente en el suelo.</p>	

**Figura 94: Movimientos del pie durante la fase de apoyo**  
Elaboración propia

Actividad	Descripción	ilustracion
<p><b>Apoyo medio y Elevación del talón</b></p>	<p>La rodilla a partir de este punto se flexiona de 15 a 20 grados y el tobillo del pie comienza avanzar describiendo un arco circular sobre el talón de aproximadamente 10.2 grados (flexión dorsal)</p>	 <p>10° flexión dorsal</p>
<p><b>Despegue</b></p>	<p>La rodilla se flexiona y ocurre el impulso hacia adelante y el tobillo se eleva, es en este punto donde se llega a la máxima flexión .</p>	 <p>Máxima flexión</p> <p>Despegue</p>

**Figura 95: Movimientos del pie durante la fase de apoyo**  
Elaboración propia

# Fase de balanceo

Actividad	Descripción	ilustración
<p><b>Separación del pie</b></p>	<p>La rodilla apartir de este punto comienza a flexionarse ligeramente, y el pie regresa a un movimiento plantar.</p>	
<p><b>Desaceleración y contacto del talón</b></p>	<p>La rodilla alcanza su extensión máxima y el antepié se vuelve flexible para absorber el impacto , y se incia el ciclo de nuevo.</p>	 <p>35° flexión plantar</p>

Figura 96: Movimientos del pie durante la fase de apoyo  
Elaboración propia

## Desmontaje

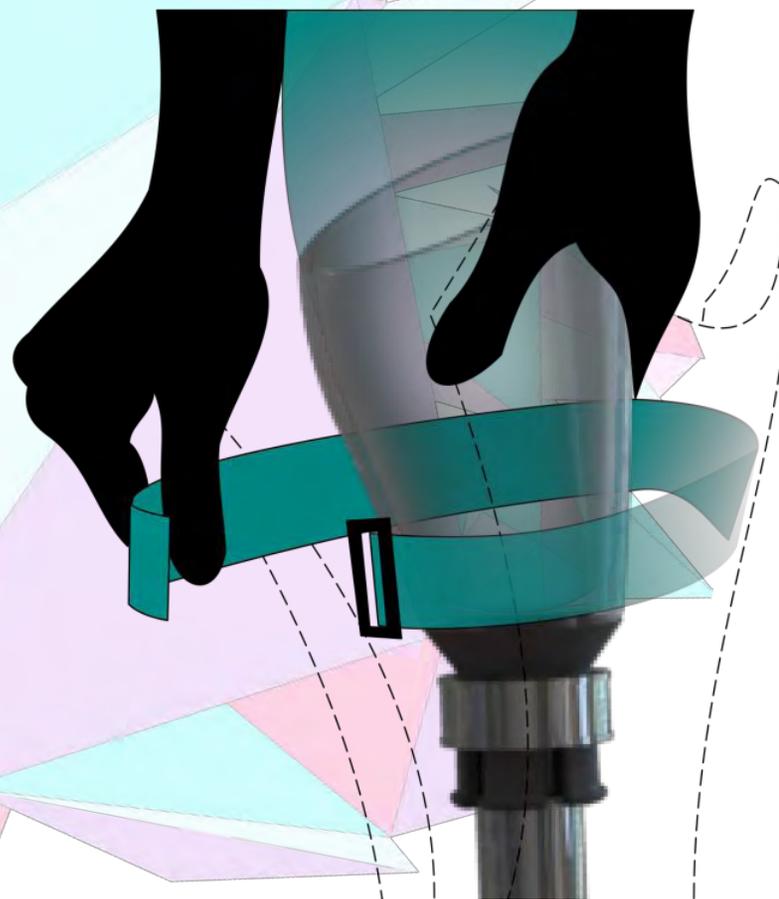
Una vez que el infante haya finalizado sus actividades cotidianas (jugar y comer principalmente) y se disponga a dormir, se recomienda retirar la prótesis para que descansen los músculos que están en contacto y evitar daños tanto a la prótesis como al infante, ya que no se cuenta con sentido del tacto. Para esto se deberá seguir los siguientes pasos:

1. Se deberá tomar una postura sedente para evitar caídas (Figura 97).



**Figura 97: Postura sedente**  
Elaboración propia

2. A continuación se deberá abrir las envolventes para desabrochar la correa de neopreno, al retirar la cinta con velcro (Figura 98).



**Figura 98: Desmontaje correa de neopreno**  
Elaboración propia

3. Posteriormente con una mano se deberá deslizar hacia arriba el cilindro metálico de la lanzadera para retirar el seguro del soporte (Figura 99)

4. A continuación con ambas manos se tomara el encaje y se desenrollara hacia la parte inferior hasta liberar el muñón (Figura 100).



**Figura 99: Retiro del seguro**  
Elaboración propia

**Figura 100: Desenrollo del encaje**  
Elaboración propia

5. Enseguida se recomienda colocar la prótesis dentro de los 3 compartimientos de espuma del estuche para evitar extravió de pieza o algún daño en el equipo. El primero de ellos destinado para el encaje, el segundo para la prótesis y el tercero para el gel antibacterial (Figura 101).



**Figura 101: Colocación de la prótesis en el estuche.**  
Elaboración propia

6. Para finalizar en la parte superior del estuche de plástico se encuentra una pieza en forma de mano, la cual se deberá girar hasta que ancle (Figura 102), de esta forma garantizamos un mejor cuidado al transportar la prótesis o simplemente cuando el infante no la esté utilizando.



**Figura 102: Cierre hermético del estuche.**  
Elaboración propia

## Secuencia ergonómica

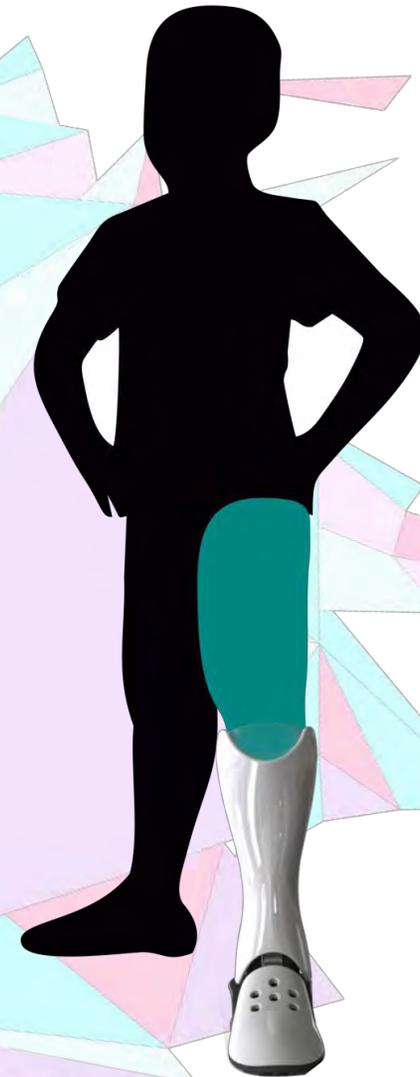
A continuación se presenta un estudio referente a la antropometría y biomecánica de la prótesis transtibial con relación al cuerpo humano descrito durante las actividades del infante; así como la psicología que está implicada para ser aceptada social e individualmente.

Cabe destacar que se recurrió a la antropometría estática y funcional; la primera de ellas para obtener las medias y dimensiones del cuerpo humano en una postura erguida principalmente (Figura 103); así mismo con ayuda de la antropometría funcional se establecieron los rangos de movimientos, alcances, medidas de las trayectorias, etc.

Así mismo la biomecánica del cuerpo contribuyó a describir la interacción del sistema óseo, muscular y nervioso; con la finalidad de entender todos los mecanismos que se producen durante la marcha.

Como resultado de dicho análisis de actividades se obtuvieron 6 factores primordiales los cuales se describen a continuación:

1. Protección y apoyos
2. Distribución de la carga
3. Movimiento articular
4. Ajustes ergonómico
5. Aspectos psicológicos



**Figura 103: Postura optada para la realización del estudio**  
Elaboración propia

## Protección y apoyos

La envolvente que cubre los componentes de soporte de la prótesis la protege principalmente de agentes externos tales como la humedad, rayos ultravioleta, bacterias, grasa, tintas, temperatura, etc. Gracias a las propiedades del material plástico (ABS) que lo conforman.

Así mismo se encarga de protegerlo de las manos del infante; ya que por curiosidad pueda desalinearse o desacoplar algún componente y ponga en riesgo su integridad física.

Además con ayuda de unas aletas localizadas en la parte distal de la envolvente y la silicona del encaje las cuales tienen contacto directo con la piel proporciona los siguientes apoyos:

1. Apoyo subrotuliano:  
Durante el ciclo de la marcha puede generar desviaciones en la rodilla por lo cual con ayuda de la correa de neopreno y las envolventes se ejerce presión sobre el anillo subrotuliano en el tendón paletar<sup>52</sup>(Figura 104).

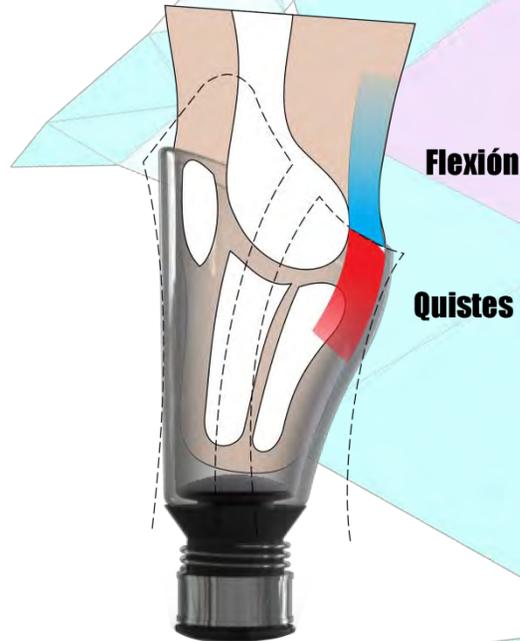


Figura 104: Presión ejercida por la envolvente  
Elaboración propia

<sup>52</sup> Paletar: ligamento rotuliano que se encuentra por debajo de la rótula y se conecta con la tibia.

2. **Contra apoyo hueco poplíteo**

Se localiza en la parte posterior de la rodilla por lo cual las envolventes y el encaje se encuentran por debajo para permitir cierta rotación interna de la tibia con la rodilla para ejercer flexión durante la marcha; así mismo previene la formación de quistes<sup>53</sup> de Baker al ejercer presión en la parte posterior y no afecte la colocación de la prótesis durante el crecimiento del infante (Figura 105).



**Figura 105: Contra apoyo hueco poplíteo**  
Elaboración propia

3. **Apoyo en la parte distal del muñón**

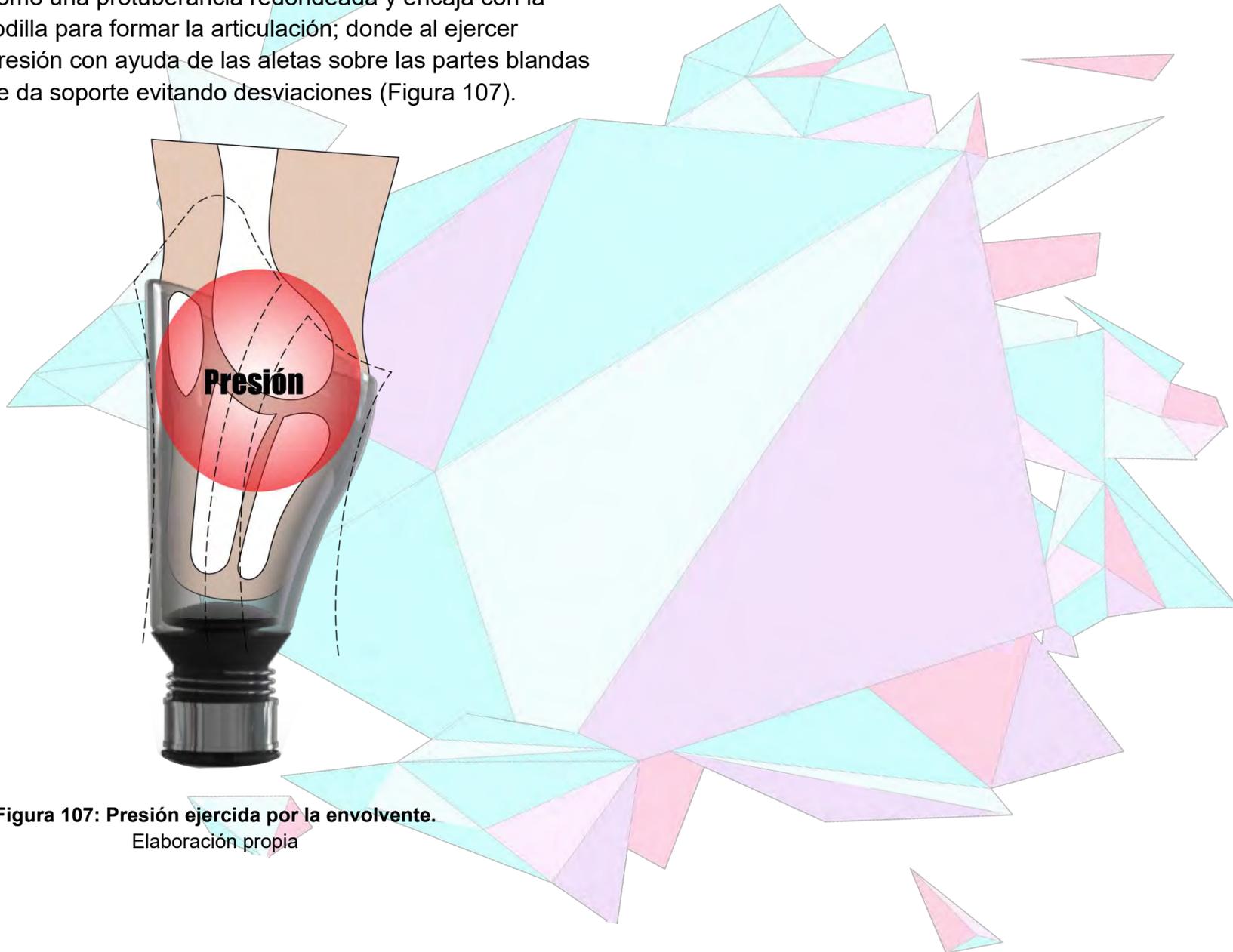
En la parte inferior del muñón entre el peroné y la tibia se encuentran protegidos por un almohadado muscular y se ejerce el mayor apoyo; por lo que en la parte distal se encuentra una almohadilla de goma de silicona recubierta con un textil texturizado blanco el cual ofrece comodidad y evita irritaciones o lesiones al ejercer fricción al caminar (Figura 106).



**Figura 106: Presión distal del muñón**  
Elaboración propia

<sup>53</sup> Quistes: una extraversión de la bolsa tendinosa del musculo gastronemio y se manifiesta con una burbuja en el hueco poplíteo.

4. Apoyo en los cóndilos de la tibia  
Se encuentran localizados en la parte superior de la tibia como una protuberancia redondeada y encaja con la rodilla para formar la articulación; donde al ejercer presión con ayuda de las aletas sobre las partes blandas se da soporte evitando desviaciones (Figura 107).



**Figura 107: Presión ejercida por la envolvente.**  
Elaboración propia

## Distribución de la carga

Al realizar el ciclo de la marcha se trasmite el 120% del peso corporal a través del soporte (tibia) y genera una compresión del 20% en la puntera y se necesita del 77 a 90% de la fuerza muscular para poder elevar la prótesis del piso (Figura 108).

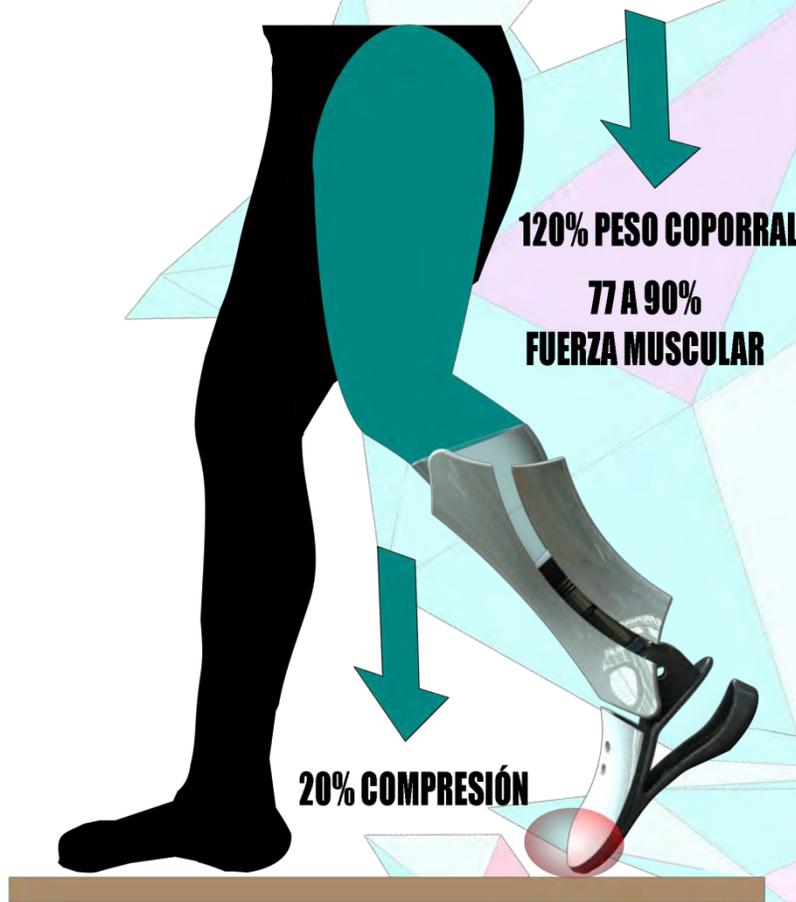


Figura 108: Fuerza de reacción durante el despegue.  
Elaboración propia

Posteriormente en la fase de apoyo dicha carga genera una fuerza inicial del 60% en el talón y se transmite uniformemente a través del arco que se genera entre el talón y la puntera de la prótesis. A continuación la fuerza va del 8% al medio pie para alcanzar al ante pie 28% y partir de este punto disminuye hasta la puntera en un 4% (Figura 109).

**Puntera**  
**Antepié**  
**Mediopié**  
**Talón**

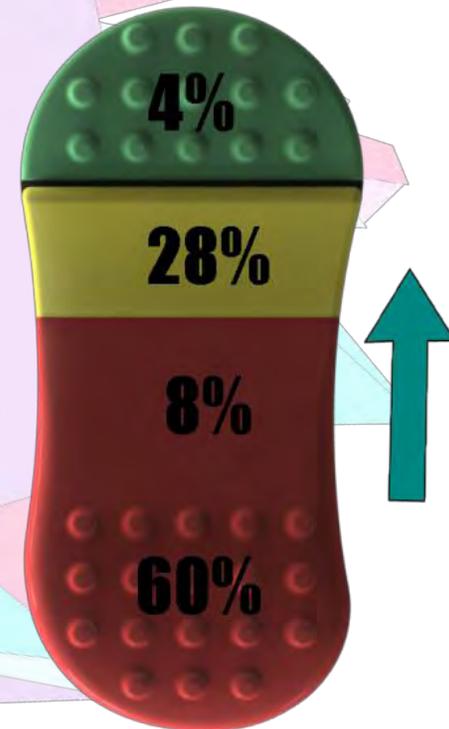


Figura 109: Vista inferior del pie protésico.  
Elaboración propia

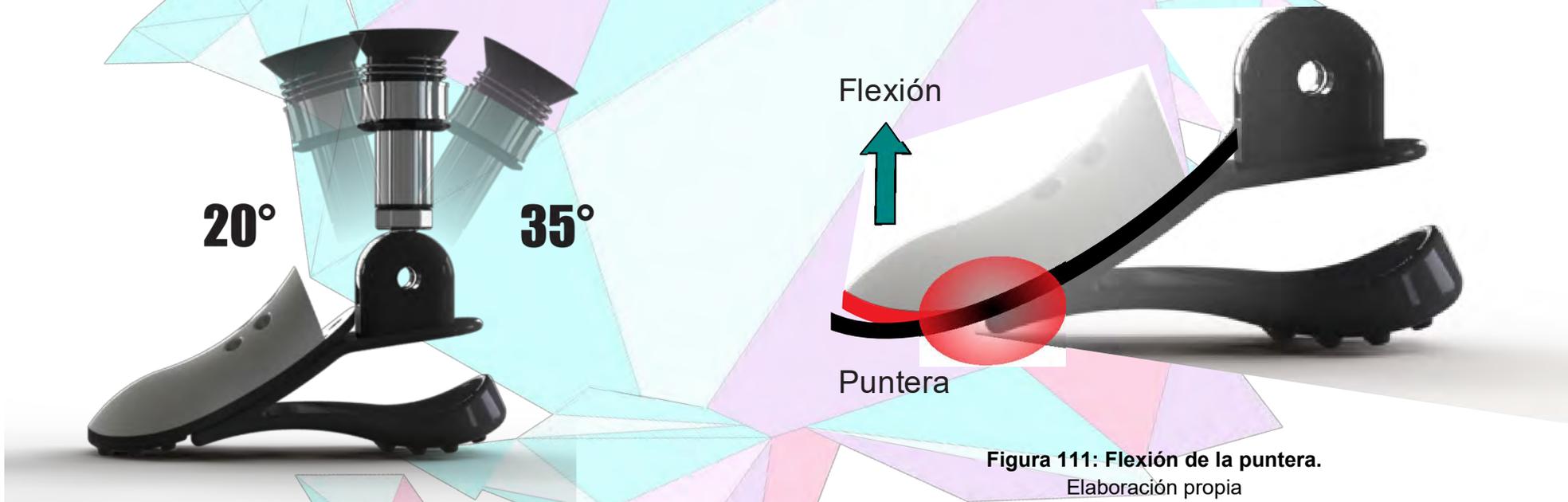
## Movimientos articulares

Dentro de los seis movimientos que ejecuta el pie humano (ver anexo pag.45) la presente prótesis solo ejecutara dos movimientos la flexión dorsal y la flexión plantar.

Las cuales se ejecutaran primeramente a través del rodamiento axial localizado en lo que vendría siendo el tobillo, el cual describe un ángulo articular total de  $55^\circ$ : de los cuales  $35^\circ$  ocurren durante el contacto del talón al suelo (flexión plantar) y  $20^\circ$  durante el despegue del suelo (flexión dorsal) (Figura 110).

Así mismo cabe resaltar que durante la flexión dorsal la plata de la prótesis y la puntera presentan una flexión en su parte media, ligeramente hacia arriba, lo cual genera el impulso necesario para despegar la prótesis del suelo.

Cabe resaltar que gracias al cambrillón de acero templado alojado en la parte interna y laminado por fibras de carbono, dicha pieza puede recuperar su forma después de la flexión ejercida (Figura 111).



**Figura 110: Articulación tobillo.**  
Elaboración propia

**Figura 111: Flexión de la puntera.**  
Elaboración propia

## Ajuste ergonómico

Durante sus primeros años de vida el infante presentara un crecimiento óseo longitudinal hasta los 7 años por lo cual se deberán realizar los ajustes milimétricos pertinentes por un técnico ortopédico y un médico rehabilitador.

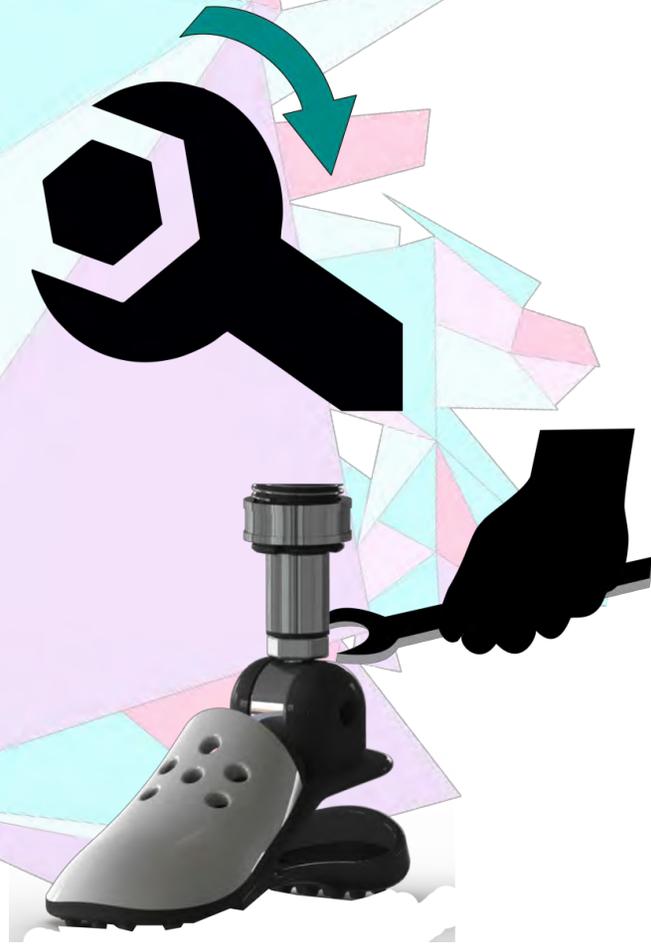
En su forma inicial la prótesis contara con una altura mínima de 11 cm y un largo de 12 cm, la cual podrá ser modificada de la siguiente manera:

1. Primeramente se abrirán las envolventes de la prótesis desabrochando la correa de neopreno con ambas manos (Figura 112).



**Figura 112: Desmante de envolventes.** Elaboración propia

2. Con ayuda de una llave española de 1/16" se alojara la cabeza de la tuerca situada en la parte distal del soporte y se girara para aflojar (Figura 113).



**Figura 113: Ajuste tuerca 5/8"**  
Elaboración propia

3. Posteriormente se girara manualmente el soporte a través de la varilla para modificar la altura que va de 11cm hasta 14cm, tomando como guía la numeración milimétrica una vuelta igual a 1mm (Figura 114).



**Figura 114: Mecanismo de ajuste milimétrico**  
Elaboración propia

4. Para finalizar se girara la tuerca con la llave española para asegurar un buen agarre (Figura 115), a continuación se cerraran las envolventes con la correa de neopreno.



**Figura 115: Presión llave española 1/16"**  
Elaboración propia

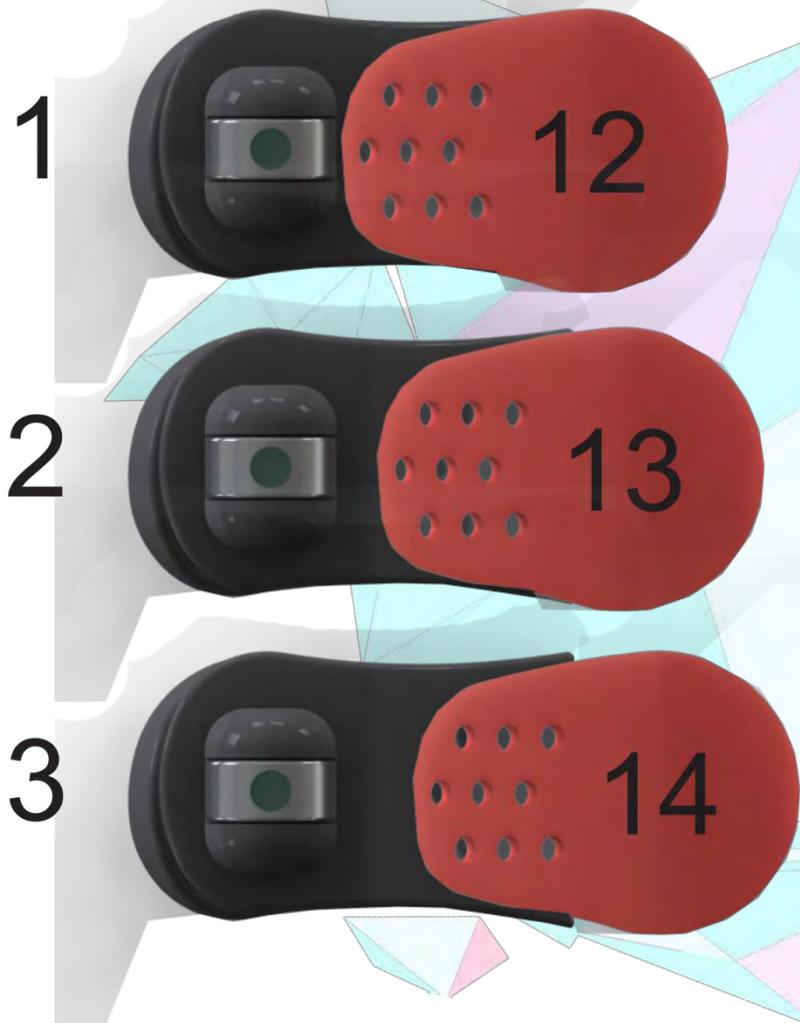
5. Para modificar el largo del pie se destornillara los tres cabezales de acero de 6mm alojados en la parte superior de la planta del pie protésico con ayuda de un destornillador plano (Figura 116).



**Figura 116: Destornillamiento cabezales.**  
Elaboración propia

6. A continuación se podrá modificar el largo al recorrer la pieza de la planta del pie protésico, iniciando con 12cm con un avance de 1cm hasta llegar a los 14cm de largo (Figura 117).

7. Para finalizar se colocaran los tres cabezales de los postes de acero de acuerdo a la medida deseada y se ejercerá presión con el desarmador plano para evitar juego y prevenir accidentes (Figura 118).



**Figura 117: Ajuste longitudinal pie protésico.**  
Elaboración propia



**Figura 118: Atornilla miento cabezales. .**  
Elaboración propia

## Aspectos psicológicos

La incorporación de la prótesis en el infante que ha perdido su extremidad inferior a causa de malformaciones congénitas desde el nacimiento es menos propenso a sufrir problemas emocionales como la depresión, ansiedad, rechazo, frustración, etc. Ya que no han desarrollado aun la marcha ni prejuicios sociales.

Por esta razón es importante que en los primeros años de vida se motiven y se den soporte familiar para aceptación de la prótesis y pueda desarrollarse en el ámbito escolar y social.

Por tal motivo se contribuirá a favorecer tres factores, los cuales se describen a continuación:

### 1. Factor estético

Conforme el infante vaya creciendo aprenderá a identificar formas que emulan la forma muscular y tibial del hueso para acercarse a la forma del miembro perdido, y no exista algún prejuicio por parte de la sociedad y de el mismo.

Así mismo presenta un lienzo en blanco para que el usuario juegue y experimente, dando la oportunidad de personalizarla con el cambio de color o algún grafico infantil para hacerla parte única de él. (Figura 119).



Figura 119: Estética del objeto.  
Elaboración propia

## 2. Factor físico

Entre los 2 a 5 años de vida el infante deseara explorar el mundo que lo rodea (actividad sensoriomotora) por lo que tratara de probar sus propios límites y adaptarse a su entorno; por lo cual el uso constante de la prótesis durante la marcha ayudara a su desarrollo motriz.

Así mismo el crecimiento tanto en peso y talla no será un obstáculo ya que tiene la capacidad de adaptarse durante dicho crecimiento; creando a su vez un vínculo de apego lo cual fortalecerá su seguridad a lo largo de su vida con el uso de otras prótesis (Figura 120).



**Figura 120: Apego hacia los objetos**  
Elaboración propia

## 3. Factor cognitivo

Este factor favorecerá principalmente a los procesos de percepción, memoria y uso de la prótesis dentro de sus actividades diarias; la cual a su vez fortalecerá su razonamiento y aprendizaje lógico detallado conforme crezca el infante (Figura 121)



**Figura 121: Aprendizaje conforme al uso.**  
Elaboración propia

## Impacto socioeconómico

La incorporación de Trinity a la sociedad mexicana beneficiara a dos factores principalmente al costo y tiempo de producción de prótesis transtibiales dentro del INR y a su vez beneficiara a las familias de los niños que recurren a esta institución por problemas de discapacidad motriz a causa del nacimiento.

Ya que actualmente la prótesis transtibial que fabrica el personal ortopeda del INR consta de 14 componentes los cuales se fabrican en un tiempo de 30 a 60 días hábiles por la espera de componentes importados; así mismo esto genera un costo de producción de materiales de \$1917.

Dicha prótesis tiene una vida útil de 4 a 6 meses ya que no puede adaptarse al crecimiento longitudinal del infante y estaríamos hablando de \$3834 a \$5751 anuales de los cuales un porcentaje es solventado por los padres del infante debido a un estudio socioeconómico; pero a pesar de la familia no pueden solventarlo ya que en algunos casos reciben el salario mínimo.

Cabe destacar que dentro del uso de la prótesis se daña algún componente difícilmente estos pueden repararse ya que son mecanismos especiales y no pueden ser separados del resto, por lo cual en el pro de los casos se requiere adquirir la prótesis completa.

Ahora bien al incorporar a Trinity esta puede ser producida con la maquinaria y herramientas que cuenta el INR y en su defecto ciertos mecanismos pueden ser adquiridos comercialmente en México.

Dicha prótesis consta de 28 componentes los cuales se fabrican en 15 a 30 días hábiles generando un costo de producción de material de \$2659 con una vida útil de 3 años ya que puede adaptarse al crecimiento longitudinal del infante. Así mismo si durante este periodo algún componente es dañado puede ser separado del resto sin necesidad de comprar una nueva prótesis.

Estos resultados a largo plazo como podemos ver en la siguiente tabla generan un ahorro de \$14000 aproximadamente durante la vida útil de 3 años de la prótesis lo cual beneficia no solo a las familias del infante sino a que la institución pueda regalarla o mejorar sus terapias, su educación, existencia de medicamentos, etc.

Costo	INR	Trinity
<b>Inicial</b>	\$1917.	\$2659
<b>1 año</b>	\$5751	0
<b>2 año</b>	\$5751	0
<b>3 año</b>	\$5751	0
<b>total</b>	\$17253	\$2659
<b>Ahorro</b>	\$14594	

Figura 122: Aprendizaje conforme al uso.  
Elaboración propia

## Costo del proyecto

El presente proyecto de acuerdo a sus componentes podrá ser implementado en el área de prótesis y ortesis del INR por el personal especializado (técnico ortopedista).

Así mismo el proyecto costara de 28 piezas divididas en 6 subcomponentes en su totalidad y un estuche para su transporte y resguardo, de las cuales se recomienda a IMINOX para el área de los aceros, la cual es una empresa mexicana que comprende las necesidades y especificaciones del área médica.

Otra empresa mexicana clave para el proyecto será Poliformas Plásticas para proveer la fibra de carbono por su alta experiencia en resinas y plásticos reforzados. Así mismo el estuche adicional para el guardado y transporte de la prótesis; será provista por Multimed una empresa mexicana proveedora de equipo médico con planta en Monterrey y distribución en todo el país.

Por otra parte las siliconas (ecoflex, nylon) tendrán que ser importadas por smooth-on una empresa estadounidense líder de cauchos poliuretano, adhesivos, recubrimientos, etc; por su experiencia en plásticos para prótesis (figura 123).

Cabe destacar que el costo final descrito en la siguiente tabla (figura 124) hace referencia solo al costo de materiales, el cual podrá ser subsidiado por la institución de acuerdo a un estudio socioeconómico previo realizado al paciente.



Figura 123: Marcas comerciales del proyecto  
Elaboración propia

## Tabla de costo de materiales

Pieza	Nombre	Piezas	Descripción	Precio unitario	Unidad	Cantidad	Costo
1	Encaje	1	Ecoflex	\$2550	Gal	0.200	\$134.74
<b>Lanzadera</b>							
2	Acolchonamiento	1	Silicona	\$560	Lt	0.05	\$28
3	Acople	1	Acero	\$700	kg	0.05	\$35
4	Lanzadera	1	Acero	\$700	kg	0.025	\$17.5
5	Resorte	1	Standard	\$20	Pza	1	\$20
6	Cilindro moleteado	1	Acero	\$700	Tkg	0.010	\$7
<b>Soporte</b>							
7	Soporte de 5/8"	1	Acero	\$700	kg	0.200	\$140
8	Varilla roscada de 1/2"	1	Acero	\$150	M	0.100	\$15
9	Empaque	1	Standard	\$5	Pza	\$5	\$5
10	Tuerca de 1/2"	1	Standard	\$8	Pza	\$8	\$8
<b>Acople pie</b>							
11	Envolturas	2	Nylon	\$240	kg	0.200	\$4.8
12	Eje de 1/2"	1	Acero	\$700	kg	0.05	\$35
13	Topes de 1/8"	2	Acero	\$120	M	0.50	\$6
14	Tornillo alem de 1/2"	4	Standard	\$2	Pza	4	\$8
15	Poste de 38mm	1	Acero	\$12	Pza	\$12	\$12
<b>Pie protésico</b>							
16	Pie	1	Fibra de carbono	\$2500	M <sup>2</sup>	0.50	\$1250
17	Cambrillón	2	Acero templado	\$700	kg	0.20	\$140
18	Puntera	1	Silicona	\$560	Lt	0.10	\$56
19	Planta	1	Fibra de carbono	\$2500	M <sup>2</sup>	0.10	\$250
20	Postes de 6mm	3	Acero	\$4	Pza	3	\$12
<b>Carcasa</b>							
21	Carcasa	2	Abs	\$480	M <sup>2</sup>	0.10	\$48
22	Guía	1	Acero	\$700	Kg	0.10	\$70
23	Remaches	4	Standard	\$2	Pza	4	\$8
24	Correas	2	Elástico	\$80	M	0.30	\$24
25	Velcro	1	Velcro	\$8	M	0.10	\$0.8
<b>Maletín</b>							
26	Maletín	1	Abs	\$250	Pza	1	\$250
27	Rociador	1	Limpiador	\$50	Pza	1	\$50
28	Paño	1	Algodón	\$25	Pza	1	\$25
<b>total</b>							<b>\$2659.12</b>

**Figura 124: Desglose de costos**  
Elaboración propia

## Conclusión

El desarrollo del proyecto de la prótesis transtibial Trinity podrá ser implementado en el área de prótesis y ortesis del INR por el personal especializado (técnico ortopedista); ubicado en Calz. México-Xochimilco 289, Tlalpan, Arenal de Guadalupe, 14389 Ciudad de México, D.F.

Se encuentra integrado por 28 piezas divididas en 6 subcomponentes en su totalidad y un estuche para su transporte y resguardo; las cuales podrán ser fabricadas dentro de dicha institución; lo que beneficiara considerablemente a una baja en los costos actuales de fabricación.

Así mismo responde a las necesidades que en la actualidad la población mexicana requiere principalmente en los estados de Yucatán, Tabasco, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Toluca, Michoacán, Guanajuato, Querétaro y Aguascalientes; para que los infantes que hayan perdido dicho miembro puedan ejercer la marcha de manera independiente.

Con lo que se beneficiara a los infantes dentro de un rango de 2 a 5 años de edad ya que dicho proyecto se ira adaptando durante la etapa de crecimiento lo que beneficiara a estimular los procesos de percepción, memoria y pueda alcanzar sus metas. Así mismo psicológicamente se evitara problemas emocionales como la depresión, ansiedad, rechazo, frustración, etc.

Además beneficiara ecológicamente a la CDMX al disminuir el consumo anual de prótesis; ya que dicho proyecto tiene una vida útil de 3 años y sus componentes pueden ser sustituidos sin comprometer a todo el proyecto. Así mismo los materiales implementados son amigables con el medio ambiente al ser de la más reciente tecnología lo cual beneficiaran al peso, estructura y durabilidad durante las actividades de la vida diaria del infante.

Una vez que el infante sobrepase la edad de 5 años esta habrá terminado su vida útil ya que no responderá a los nuevos cambios anatómicos (peso, talla, crecimiento circunferencial óseo, cambios hormonales, etc.); y a las actividades donde se requiere mayor esfuerzo y precisión. Por lo cual dicha prótesis según acuerdos estipulados en el INR para su posible reintegración en otro infante o en su defecto el reacondicionamiento de componentes para utilizarlos en una nueva prótesis.

## Bibliografía

- B., M. (2007). El apoyo psicológico en la rehabilitación integral del amputado. Barcelona: Serrena Gabriel.
- Durán., D. M.-P. (2008). VALORACIÓN DEL NIÑO AMPUTADO DE MIEMBRO INFERIOR . Sevilla: Unidad de Rehabilitación Infantil.
- E., V. (1999). Guía de uso y prescripción de productos ortoprotésicos a media. valencia: Instituto de Biomecánica Valencia.
- épssilon, r. (2007). Diseño y modelamiento de pie para proteis transfemoral con sistema de amortiguación. no9.
- Guzman, M. E. ( 2005). Malformacion Congénitas. Santiago de Chile: universitaria.
- Ibarra, L. G. (2011). programa anual de trabajo del director general. México DF: Instituto Nacional de Rehabilitacion.
- INEGI. (2010). Clasificación de Tipo de discapacidad. México: INEGI.
- INR, L. G. (2017). Norma interna del Instituto Nacional de Rehabilitación. cdmx.
- Instituto Nacional de Estadística. (2010). Las personas con discapacidad en México:.. Aguascalientes, Ags.: Instituto Nacional de Estadística,.
- J., S. J. (2005). Biomecánica de la marcha humana normal y patológica. Valencia: Instituto de biomecánica de valencia.
- Marreno, R. C. (2007). biomecanica clinica de las patologias del aparato locomotor. barcelona. españa: masson.
- Navarra, U. D. (1999). Diccionario de medicina. España, Madrid: Espasa Calpe S.A.
- Nordin, M. (2013). bases biomecánicas del sistema musculoesqueletico. España: copyright.
- O., C. (2001). Prótesis del pie. Actualizaciones en técnica ortopédica. Masson.
- Palomero, G. (1998). Lecciones de embriología. austria,españa: Universidad de Oviedo.
- Periago, R. Z. (2009). Prótesis, ortesis y ayudas técnicas. barcelona,españa: Masson.
- R., V. (1989). Ortesis y prótesis del aparato locomotor . Masson.
- Rosalio Avila, L. R. (1999). Dimensiones antropométricas. Guadalajara: Universidad de guadalajara.
- Sanz, D. M. (2011). CINESIOLOGIA DE LA MARCHA HUMANA NORMAL. México DF: unizar.
- Teleton., C. (2010). Manual de fabricación. Protesis de pierna. México: CRIT Teleton.

## Glosario

- ❖ **Acoplar:** Unir piezas o elementos de manera que ajusten perfectamente, normalmente haciendo que parte de uno entre en otro.
- ❖ **Amelia:** falta de una o varias extremidades
- ❖ **Amputación congénita:** Ausencia de un miembro o de parte de éste en el feto al nacimiento
- ❖ **Ante pie:** Parte anterior del pie formada por el metatarso y las falanges.
- ❖ **Antropometría:** Estudio de las proporciones y las medidas del cuerpo humano.
- ❖ **Axial:** Del eje o relacionado con él.
- ❖ **Biomecánica:** Ciencia que estudia las fuerzas y las aceleraciones que actúan sobre los organismos vivos.
- ❖ **Cambrillón:** Suela de relleno que los zapateros ponen entre la exterior y la plantilla del calzado para armarlo.
- ❖ **Cinemática:** describe los movimientos, sitúa los cuerpos en el espacio y detalla sus movimientos basándose en los desplazamientos, las velocidades y las aceleraciones.
- ❖ **Cinética:** estudia las fuerzas que provocan el movimiento
- ❖ **Comprimir:** Hacer que una cosa, mediante presión, ocupe menos espacio.
- ❖ **Cóndilo:** Prominencia redondeada en la extremidad de un hueso, que forma articulación encajando en el hueco correspondiente de otro hueso.
- ❖ **Congénito:** enfermedad o malformación que se adquiere durante el periodo de gestación
- ❖ **Dinámica:** estudia el movimiento o la falta de éste en relación con las fuerzas que los provocan
- ❖ **Dispositivo:** Mecanismo dispuesto para obtener un resultado
- ❖ **Distal:** Que está más distante del eje o línea media del organismo, o del arranque de un miembro u otro órgano.
- ❖ **Embriología:** Anat. F. ciencia que estudia el desarrollo del ser desde la fertilización hasta el nacimiento.
- ❖ **Encaje:** Tejido formado por hilos de seda, algodón, lino o hilos metálicos, torcidos o trenzados.

- ❖ **Espardrapo:** tira de tela, cubierta de una capa adherente por uno de sus lados; la cual se utiliza para sujetar vendajes.
- ❖ **Estática:** estudia las fuerzas que determinan que los cuerpos se mantengan en equilibrio o las condiciones que deben producirse para que un cuerpo o sistema esté en equilibrio.
- ❖ **Extender:** Separar lo que está junto o amontonado sobre una superficie.
- ❖ **Extremidad:** anatomía miembro brazo o pierna del cuerpo humano o parte análoga en los animales
- ❖ **Fisioterapia:** es una disciplina que ofrece una alternativa terapéutica no farmacológica, para síntomas de múltiples dolencias, tanto aguda como crónica por medio del ejercicio.
- ❖ **Flexión:** Movimiento que consiste en doblar el cuerpo o uno de sus miembros, en especial cuando se hace como ejercicio gimnástico.
- ❖ **Focomelia:** acortamiento de los elementos de la extremidad más cercanos al cuerpo
- ❖ **Hemimelia:** ausencia del segmento distal de una extremidad

- ❖ **Lesión:** Alteración o daño que se produce en alguna parte del cuerpo a causa de un golpe, una enfermedad, etc.
- ❖ **Malformación:** Neurocir. F. Alteración de la morfología corporal por un desarrollo anómalo.
- ❖ **Malformación congénita:** son anomalías del desarrollo embrionario, que están presentes en el momento del nacimiento
- ❖ **Mamelones:** eminencia carnosa los cuales son pequeños dedos o umbilicaciones.
- ❖ **Marcha:** Caminar o desplazarse a pie.
- ❖ **Miembro:** Brazo o pierna, en el ser humano, o parte análoga en los animales.
- ❖ **Muñón:** Extremo de un miembro del cuerpo después de haber sido cortado o amputado dicho miembro.
- ❖ **Musculo:** Órgano o masa de tejido compuesto de fibras que, mediante la contracción y la relajación, sirve para producir el movimiento en el hombre y los animales.
- ❖ **Neonato:** Ginecol. m. recién nacido
- ❖ **Neopreno:** Caucho sintético que resiste temperaturas muy altas.

- ❖ **Ortopedia:** es una especialidad médica dedicada a corregir o evitar las deformidades o traumas del sistema musculoesquelético del cuerpo humano, por medio de cirugía, aparatos o ejercicios corporales.
- ❖ **Ortesis:** dispositivo ortopédico que reemplaza parcial o totalmente las funciones de un miembro con incapacidad física, invalidez o dismetría
- ❖ **Paletar:** ligamento rotuliano que se encuentra por debajo de la rótula y se conecta con la tibia.
- ❖ **Potencia muscular:** se refiere a la fuerza que puede aplicar una persona con un movimiento y a la velocidad con que dicha aplicación se concreta.
- ❖ **Pronación:** Movimiento del antebrazo que hace girar la mano de fuera a dentro y poner la palma de la mano hacia abajo o adentro.
- ❖ **Prótesis:** Colocación o sustitución de un órgano, una pieza o un miembro del cuerpo por otro o por un aparato especial que reproduce más o menos exactamente la parte que falta.
- ❖ **Proximal:** Que está más próximo al eje o línea media del organismo o del arranque de un miembro u otro órgano.
- ❖ **Quistes:** una extraversión de la bolsa tendinosa del musculo gastronemio y se manifiesta con una burbuja en el hueco poplíteo.
- ❖ **Sedente:** posición sentada.
- ❖ **Subrotuliano:** parte baja de la rodilla.
- ❖ **Técnica:** Conjunto de procedimientos o recursos que se usan en un arte, en una ciencia o en una actividad determinada, en especial cuando se adquieren por medio de su práctica y requieren habilidad.
- ❖ **Tibia:** Hueso anterior, interno y más grueso de los dos que unen la rodilla con el pie
- ❖ **Teratología:** ciencia que estudia las causas y efectos de las malformaciones congénitas.
- ❖ **Translación:** Movimiento de un cuerpo cuando todas sus partes siguen una dirección constante.
- ❖ **Valgo:** Que está desviado hacia fuera.
- ❖ **Vendaje:** Ligadura hecha con una o varias vendas en una parte del cuerpo.

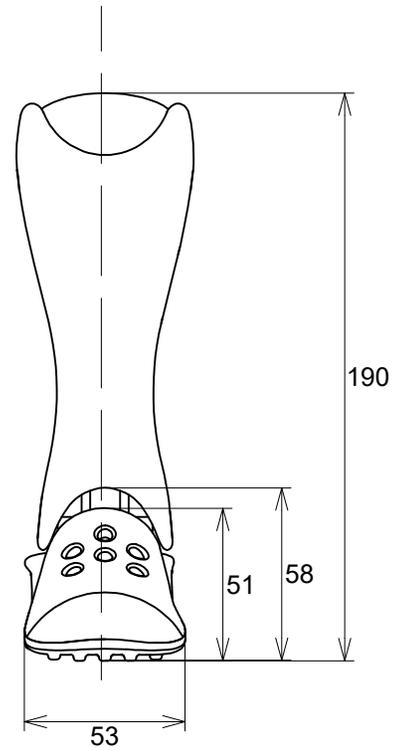
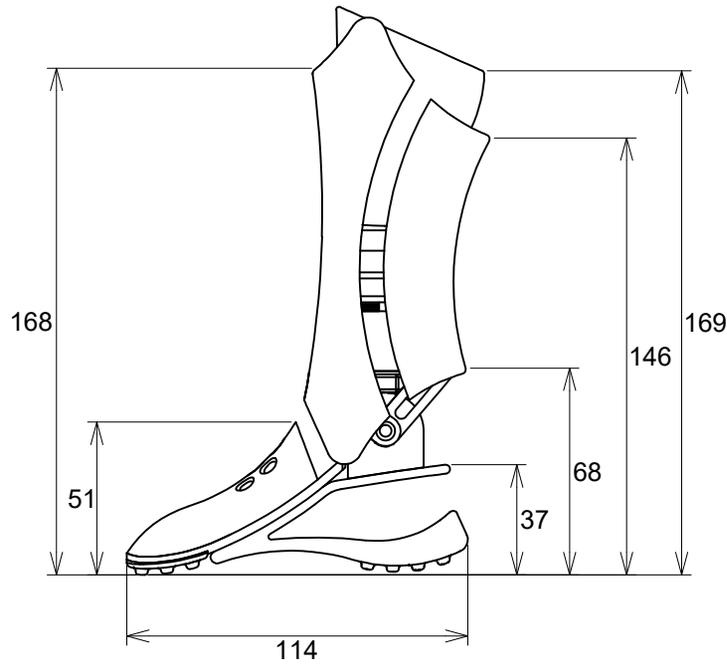
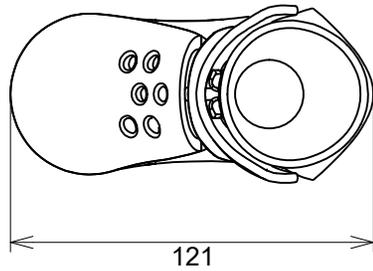


# ANEXOS

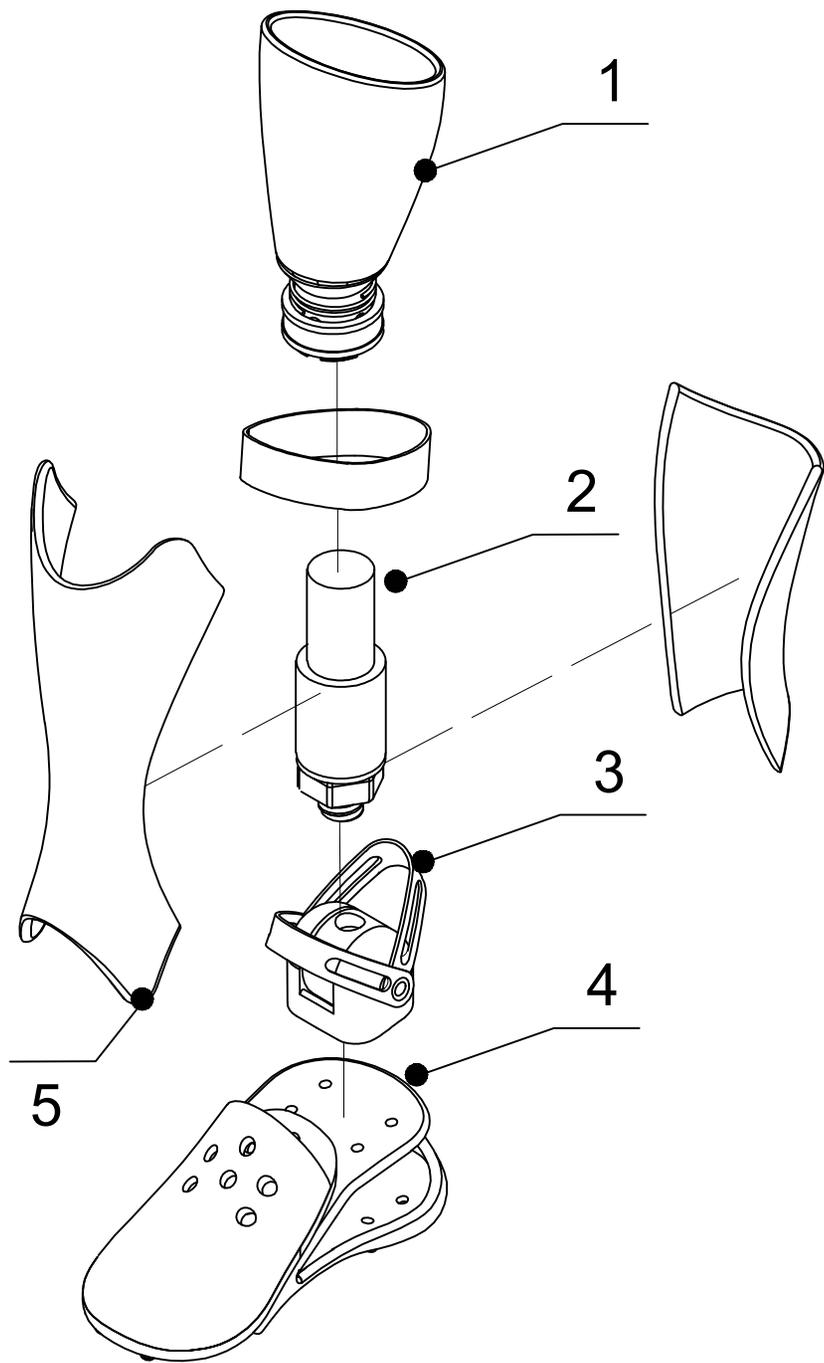
## Clasificación planos técnicos

El presente proyecto final se agrupo en 5 subcomponentes así como el despiece de cada elemento que lo conforman los cuales se muestran a continuación:

- Vistas generales prótesis Trinity.....123
  - Vista explosiva prótesis Trinity.....124
- Vistas generales subcomponente 1.....125
  - Vista explosiva subcomponente 2.....126
  - Vistas generales encaje.....127
  - Vistas generales acolchonado.....128
  - Vistas generales acople muñón.....129
  - Vistas generales lanzadera.....130
  - Vistas generales anillo moleteado.....131
- Vistas generales subcomponente 2.....132
  - Vistas explosiva subcomponente 2.....133
  - Vistas generales soporte.....134
  - Vistas generales varilla milimétrica.....135
- Vistas generales subcomponente 3.....136
  - Vista explosiva subcomponente 3.....137
  - Vista explosiva componentes internos.....138
  - Vistas generales arco metálico A.....139
  - Vistas generales arco metálico B.....140
  - Vistas generales eje.....141
- Vistas generales acople derecho.....142
- Vistas generales acople izquierdo.....143
- Vistas generales poste rodamiento.....144
- Vistas generales subcomponente 4.....145
  - Vista explosiva subcomponente 4.....146
  - Vistas generales amortiguador.....147
  - Vistas generales pie.....148
  - Vistas generales acolchonamiento puntera...149
  - Vistas generales planta pie.....150
  - Vistas generales puntera.....151
- Vistas generales subcomponente 5.....152
  - Vista explosiva subcomponente 5.....153
  - Vistas generales hebilla.....154
  - Vistas generales carcasa posterior.....155
  - Vistas generales carcasa frontal.....156

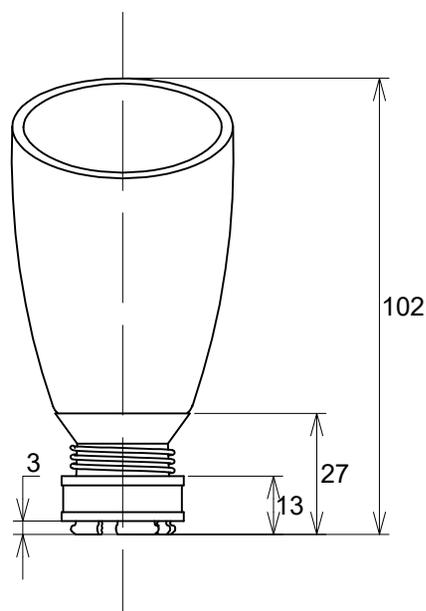
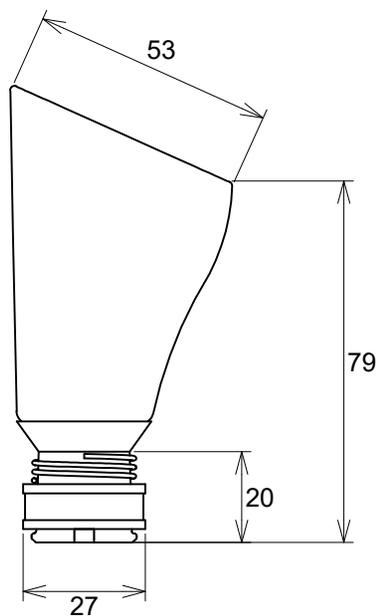
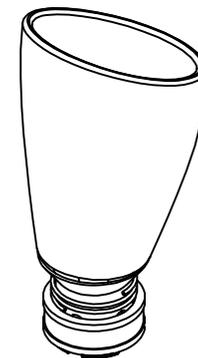
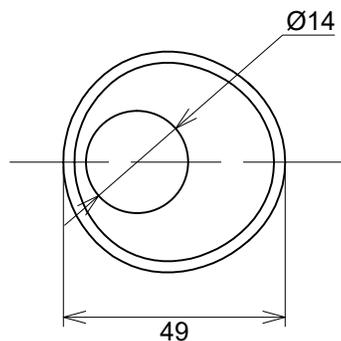


<h1>UNAM</h1>		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo	
		VISTAS GENERALES PRÓTESIS TRINITY	
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ	ESC:1:3	<h2>TRINITY 1/34</h2>
	FECHA: 10/06/2018	COTAS:MM	

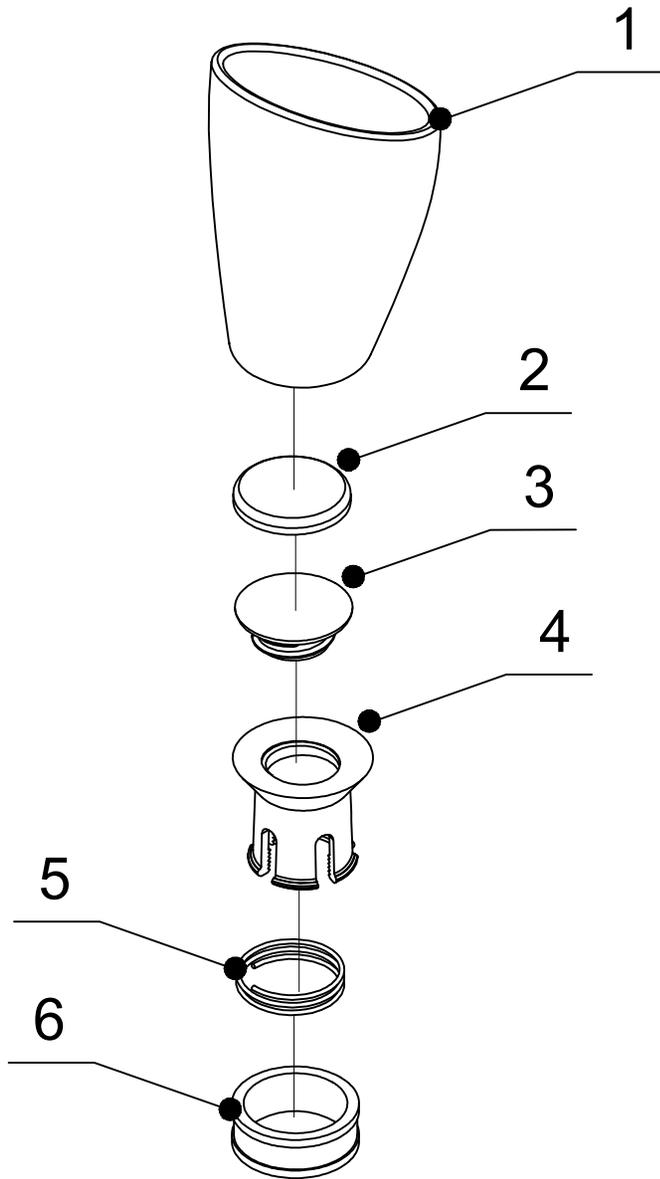


5	1	ENVOLVENTES		Ver pagina 143
4	1	PIE PROTÉSICO		Ver pagina 136
3	1	ACOPLE PIE		Ver pagina 127
2	1	SOPORTE		Ver pagina 123
1	1	ENCAJE		Ver pagina 116

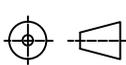
No.	CANTIDAD	DESIGNACIÓN	MATERIAL	OBSERVACIONES
<b>UNAM</b>		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo		
		VISTA EXPLOSIVA PROTESIS TRINITY		
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ		ESC:1:3	<b>TRINITY 2/34</b>
	FECHA: 10/06/2018		COTAS:MM	



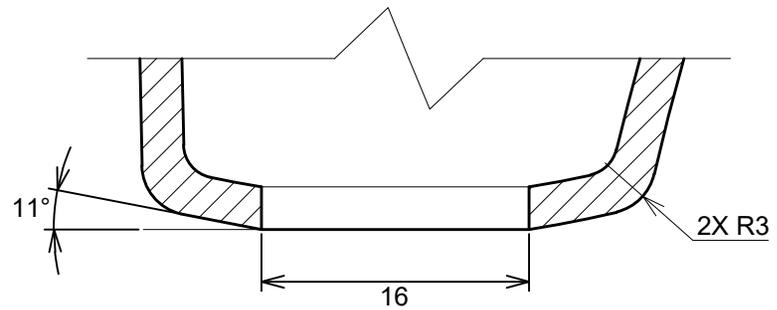
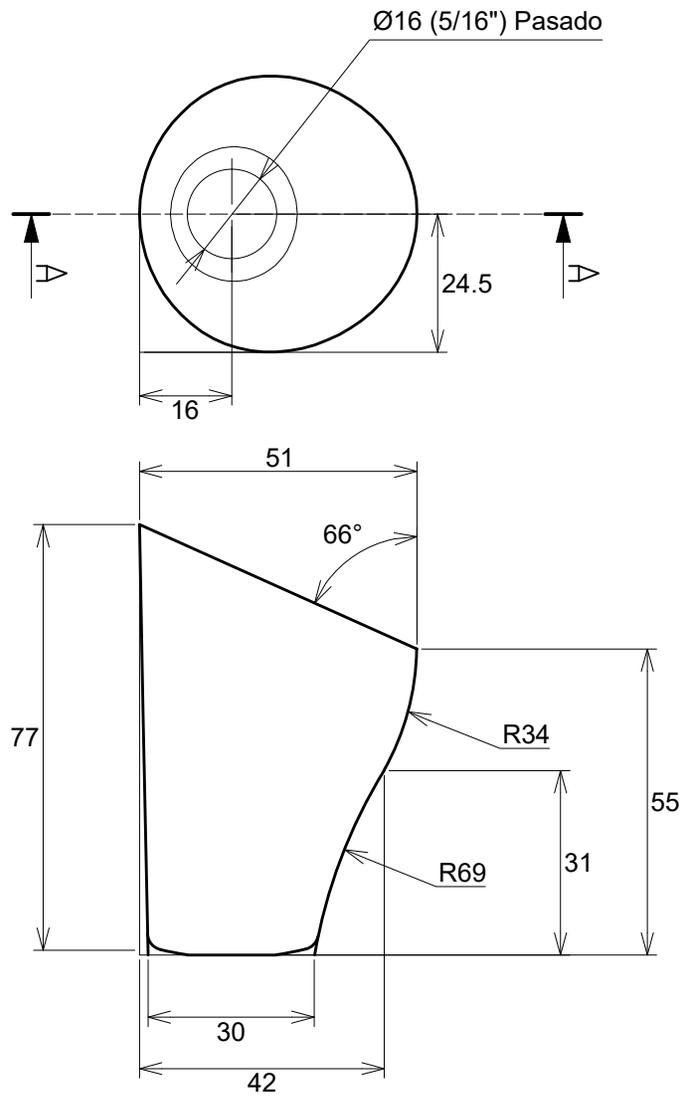
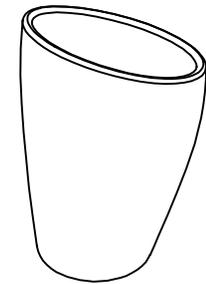
<b>UNAM</b>		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo	
		VISTAS GENERALES ENCAJE	
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ	ESC:1:2	<b>TRINITY 3/34</b>
	FECHA: 10/06/2018	COTAS:MM	



6	1	ANILLO MOLETEADO	ACERO	INOXIDABLE TIPO 304
5	1	RESORTE	ACERO	COMPRESIÓN 10MM X Ø30MM
4	1	LANZADERA	ACERO	INOXIDABLE TIPO 304
3	1	ACOPLE MUÑON	ACERO	INOXIDABLE TIPO 304
2	1	ACOLCHONADO	ECOFLEX	00-50 BLANCO SEMIMATE
1	1	ENCAJE	ECOFLEX	00-50 TRANSPARENTE

No.	CANTIDAD	DESIGNACIÓN	MATERIAL	OBSERVACIONES
<b>UNAM</b>			Martinez Alpizar Alfonso Raymundo	
 REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ FECHA: 10/06/2018			VISTA EXPLOSIVA SUBCOMPONENTE 1	
			ESC:1:2	<b>TRINITY 4/34</b>
		COTAS:MM		

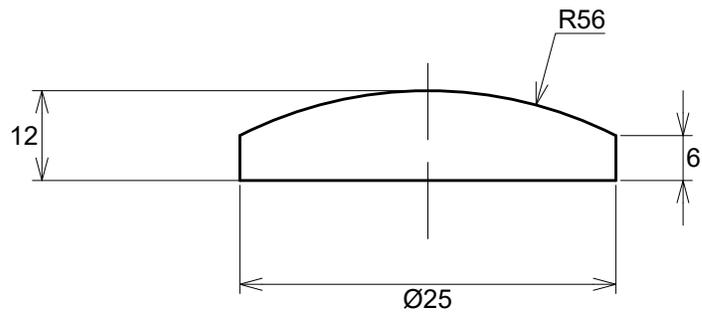
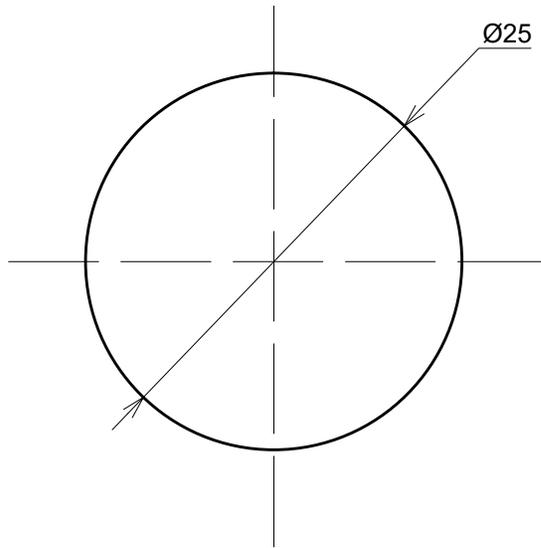
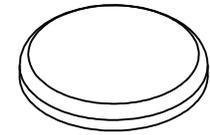
NOTAS:  
 A-No tomar medidas del plano  
 B-Las dimensiones pueden variar de acuerdo al tipo de muñón  
 C-Espesor 3mm



**CORTE A-A**  
 ESC: 3:1

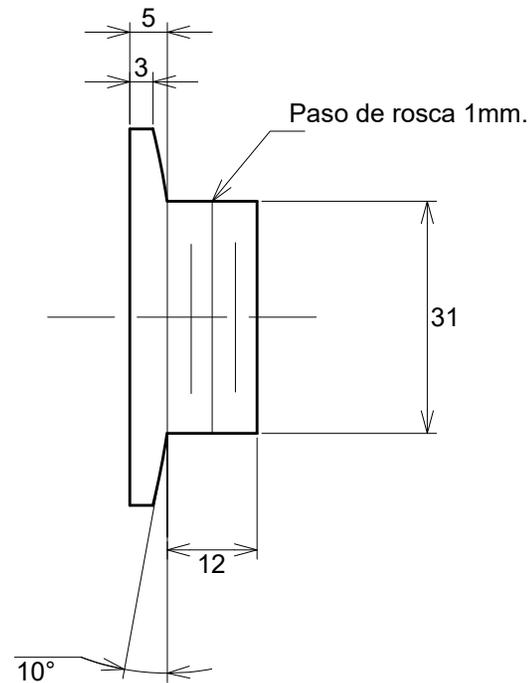
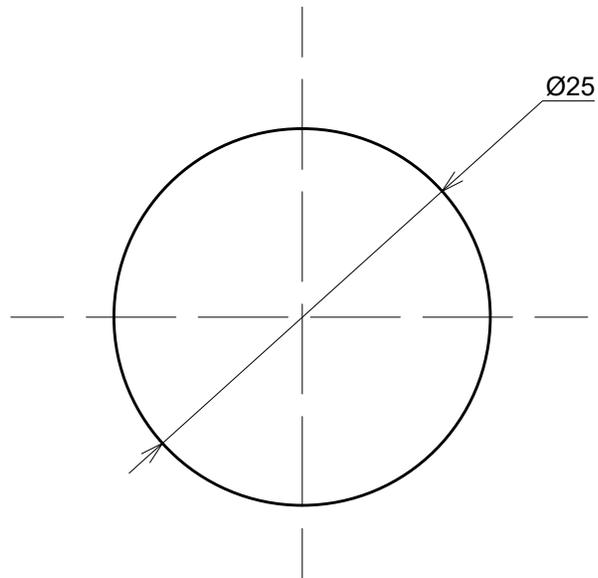
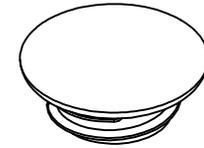
<h1>UNAM</h1>		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo	
		VISTAS GENERALES ENCAJE	
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ	ESC:1:1	<b>TRINITY 5/34</b>
	FECHA: 10/06/2018	COTAS:MM	

NOTAS:  
 A-No tomar medidas del plano  
 B-Ecoflex 00-50



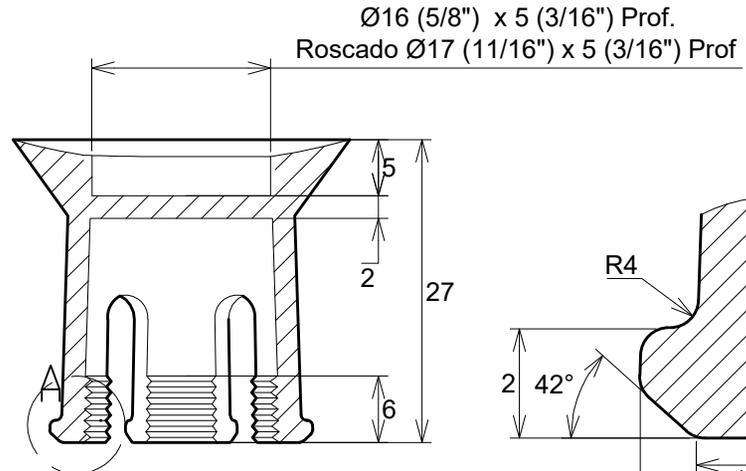
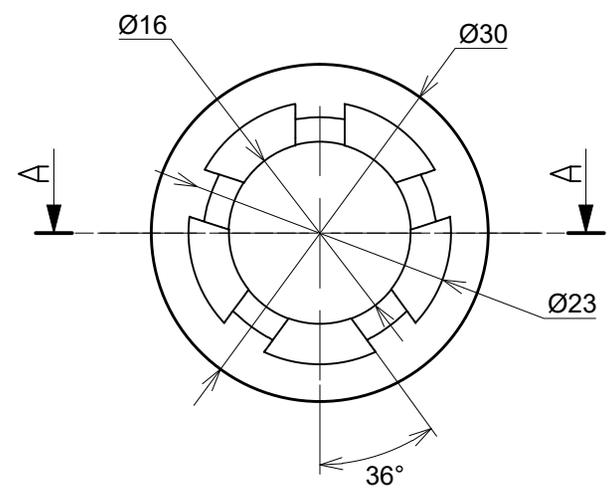
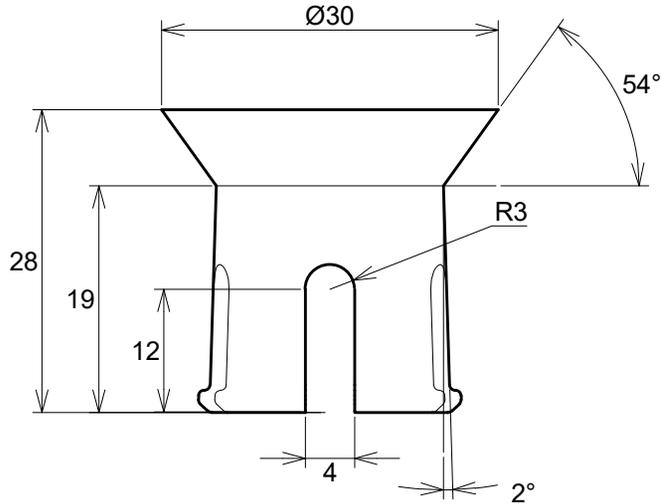
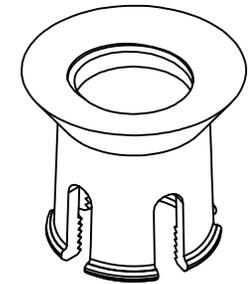
<h1>UNAM</h1>		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo	
		VISTAS GENERALES ACOLCHONADO	
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ	ESC:2:1	<h2>TRINITY 6/34</h2>
	FECHA: 10/06/2018	COTAS:MM	

NOTAS:  
 A-No tomar medidas del plano  
 B-Barra de acero 25mm (1")

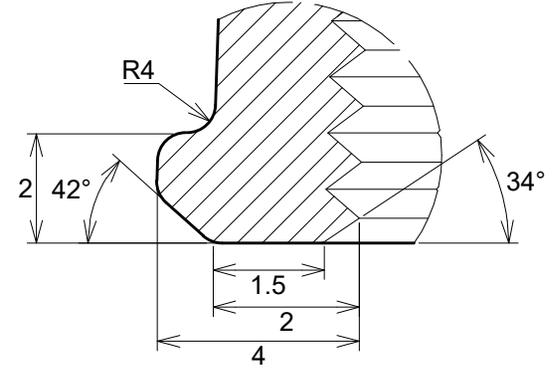


<h1>UNAM</h1>		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo	
		VISTAS GENERALES ACOPLE MUÑÓN	
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ	ESC:2:1	<h2>TRINITY 7/34</h2>
	FECHA: 10/06/2018	COTAS:MM	

NOTAS:  
 A-No tomar medidas del plano  
 B.Barra de acero 30 mm (1 1/4")



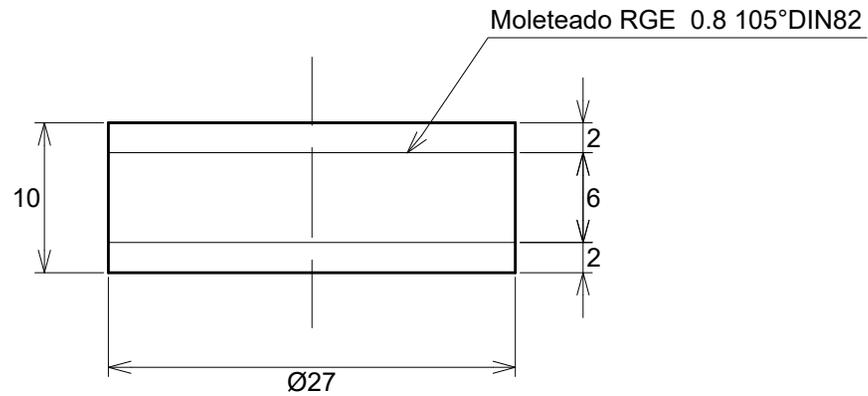
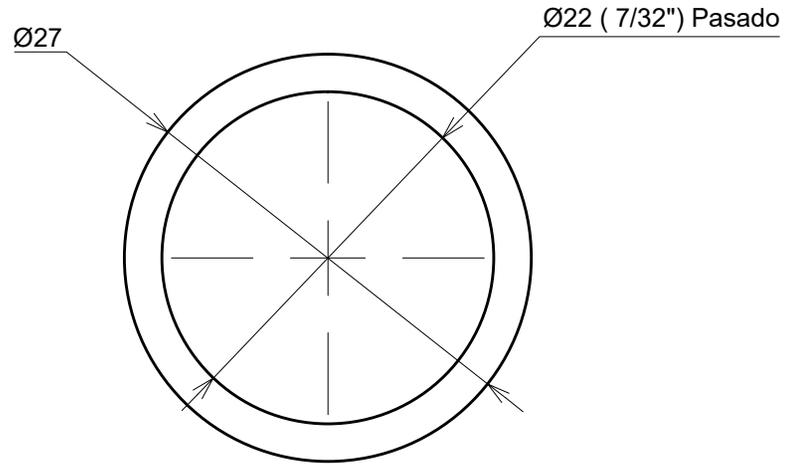
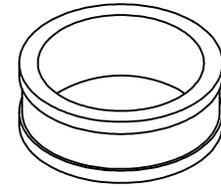
CORTE A-A  
 ESC: 2:1



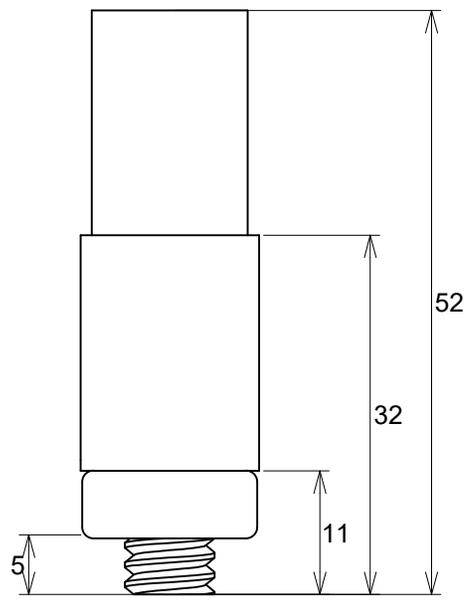
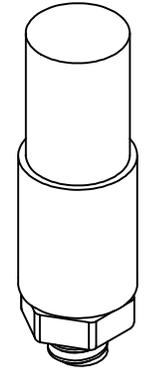
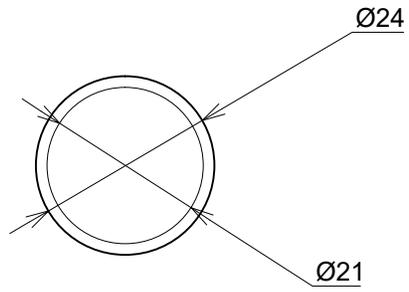
DETALLE A-A  
 ESC: 4:1

<h1>UNAM</h1>		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo	
		VISTAS GENERALES LANZADERA	
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ	ESC:1:75	<h2>TRINITY 8/34</h2>
	FECHA: 10/06/2018	COTAS:MM	

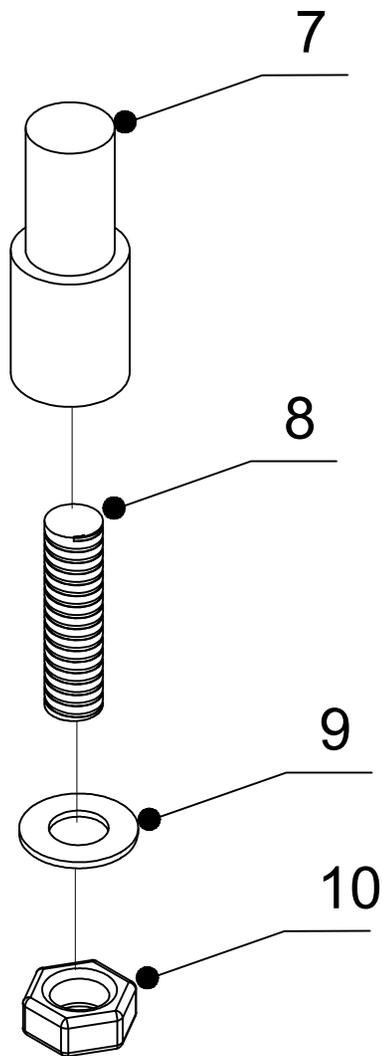
NOTAS:  
 A-No tomar medidas del plano  
 B-Barra de acero Ø27 (9/32")



<h1 style="text-align: center;">UNAM</h1>		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo	
		<b>VISTAS GENERALES          ANILLO MOLETEADO</b>	
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ	ESC:2:1	<b>TRINITY 9/34</b>
	FECHA: 10/06/2018	COTAS:MM	



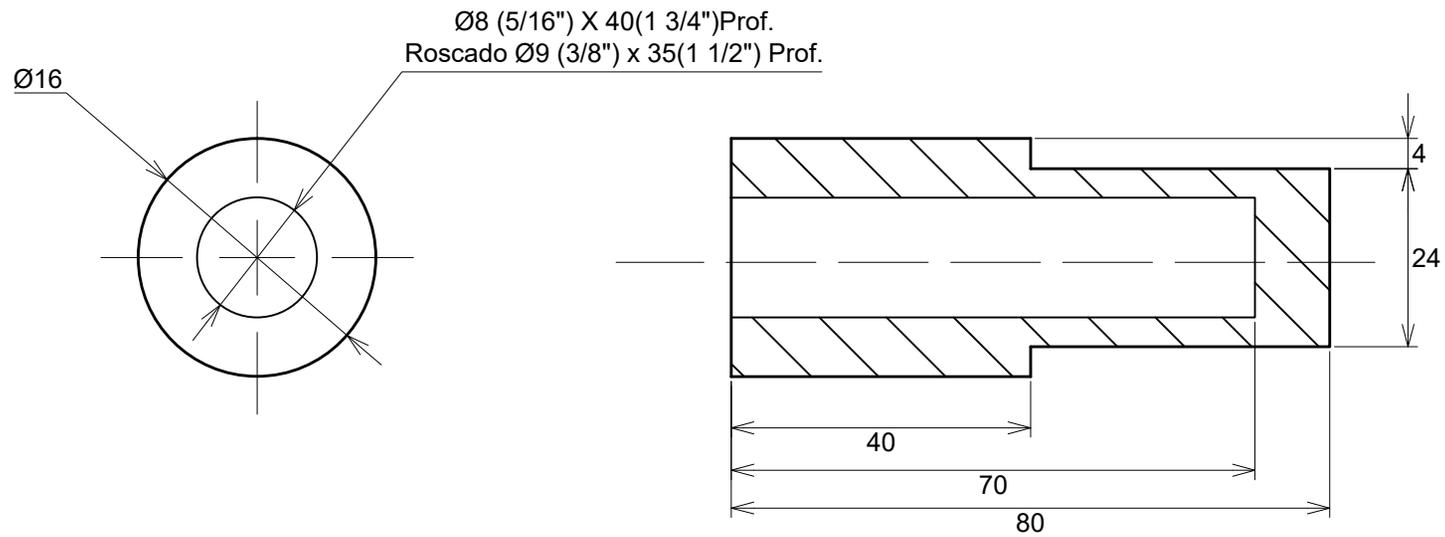
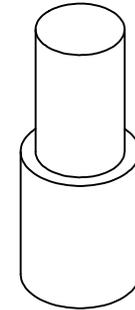
<h1>UNAM</h1>		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo	
		VISTAS GENERALES SOPORTE	
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ	ESC:2:1	<h2>TRINITY 10/34</h2>
	FECHA: 10/06/2018	COTAS:MM	



10	1	TUERCA	ACERO	STANDARD 1/16"
9	1	EMPAQUE	HULE	Modelo 2-PH-114
8	1	VARILLA ROSCADA	ACERO	INOXIDABLE TIPO 304
7	1	SOPORTE	ACERO	INOXIDABLE TIPO 304

No.	CANTIDAD	DESIGNACIÓN	MATERIAL	OBSERVACIONES
<b>UNAM</b>		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo		
		VISTA EXPLOSIVA SUBCOMPONENTE 2		
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ		ESC:1:2	<b>TRINITY 11/34</b>
	FECHA: 10/06/2018		COTAS:MM	

NOTAS:  
 A-No tomar medidas del plano  
 B-Barra de acero 16mm (5/8")

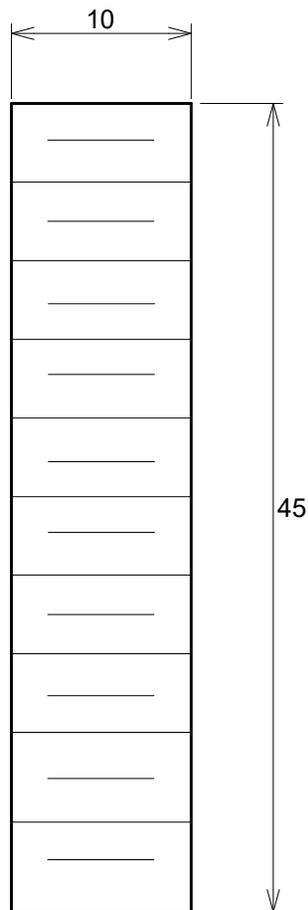
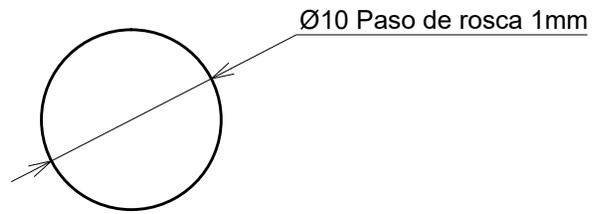


<h1>UNAM</h1>		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo	
		VISTAS GENERALES SOPORTE	
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ	ESC:2:1	<h2>TRINITY 12/34</h2>
	FECHA: 10/06/2018	COTAS:MM	

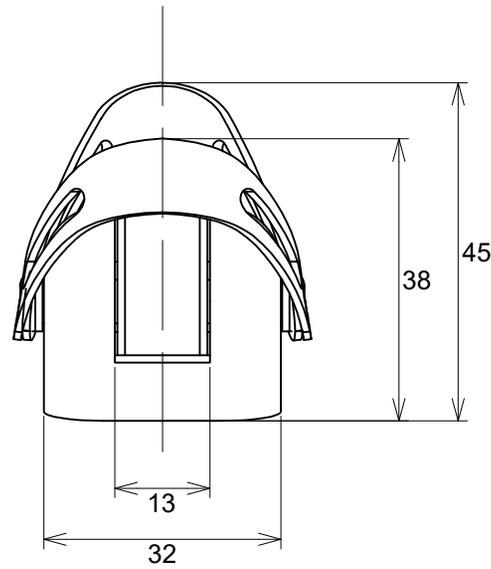
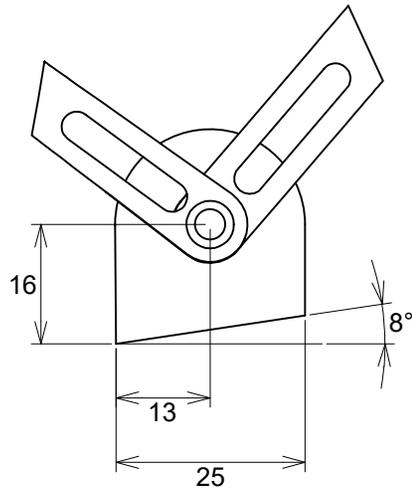
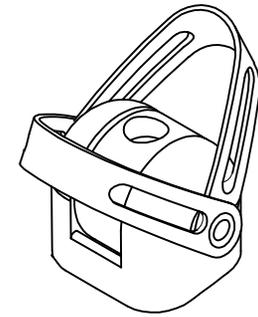
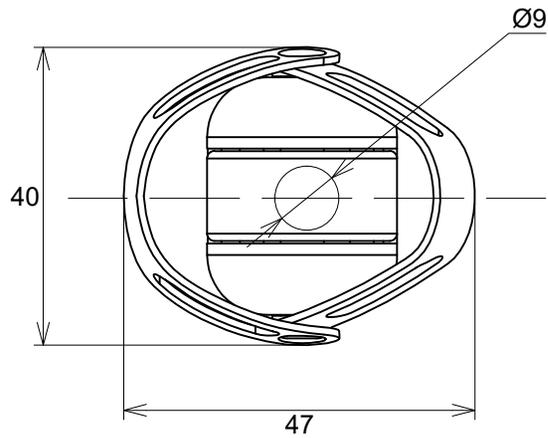
NOTAS:

A-No tomar medidas del plano

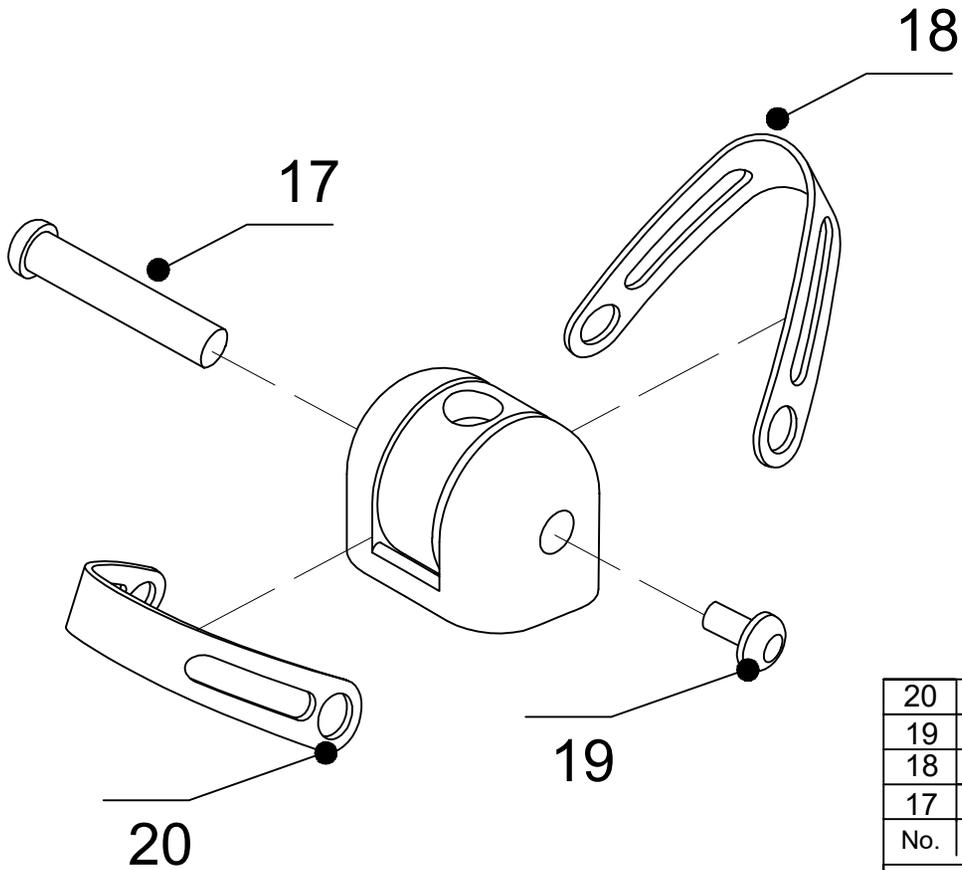
B-Varilla roscada milimetrica Ø10mm de  
acero inoxidable tipo 304



<b>UNAM</b>		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo	
		VISTAS GENERALES VARILLA MILIMÉTRICA	
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ	ESC:2:1	<b>TRINITY 13/34</b>
	FECHA: 10/06/2018	COTAS:MM	

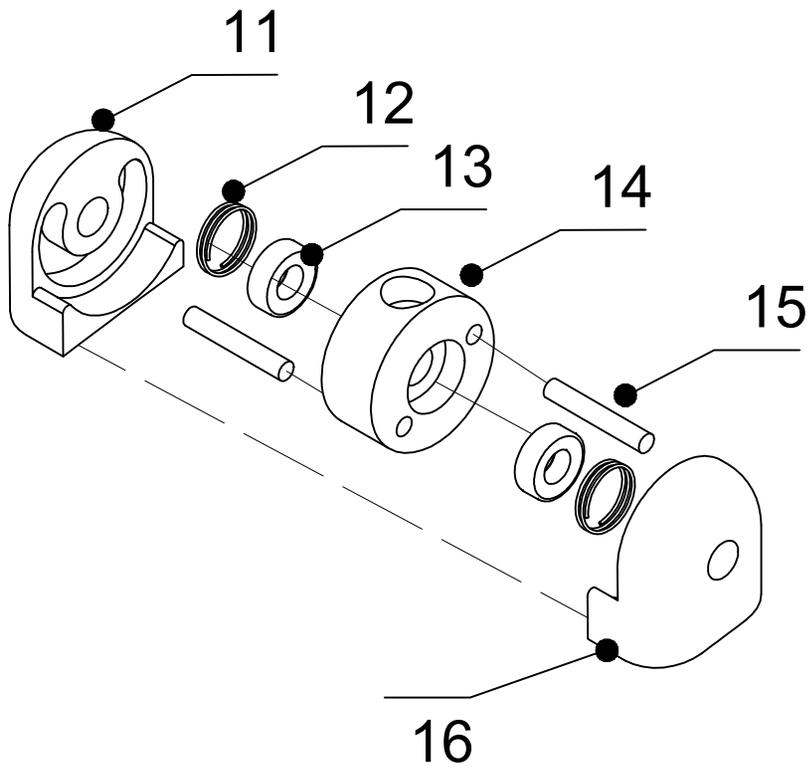


<h1>UNAM</h1>		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo	
		VISTAS GENERALES ACOPLE PIE	
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ	ESC:2:1	<h2>TRINITY 14/34</h2>
	FECHA: 10/06/2018	COTAS:MM	

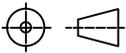


20	1	ARCO METALICO B	ACERO	INOXIDABLE TIPO 304
19	1	TORNILLO	ACERO	INOXIDABLE TIPO 304
18	1	ARCO METALICO A	ACERO	INOXIDABLE TIPO 304
17	1	POSTE	ACERO	INOXIDABLE TIPO 304

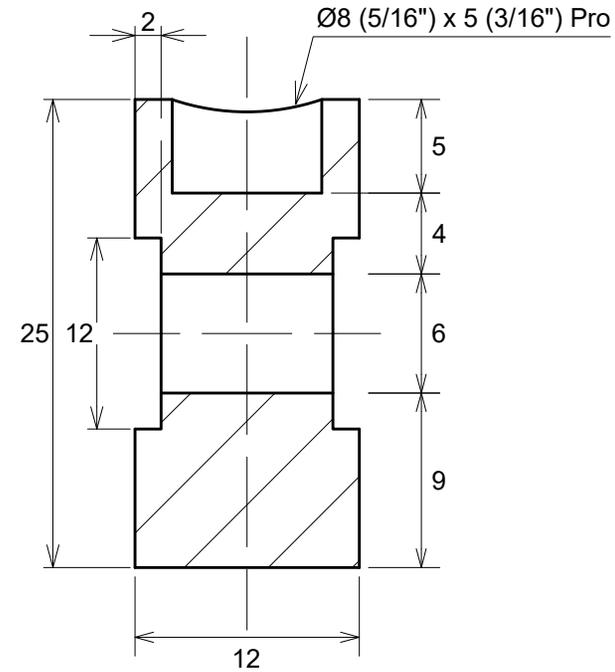
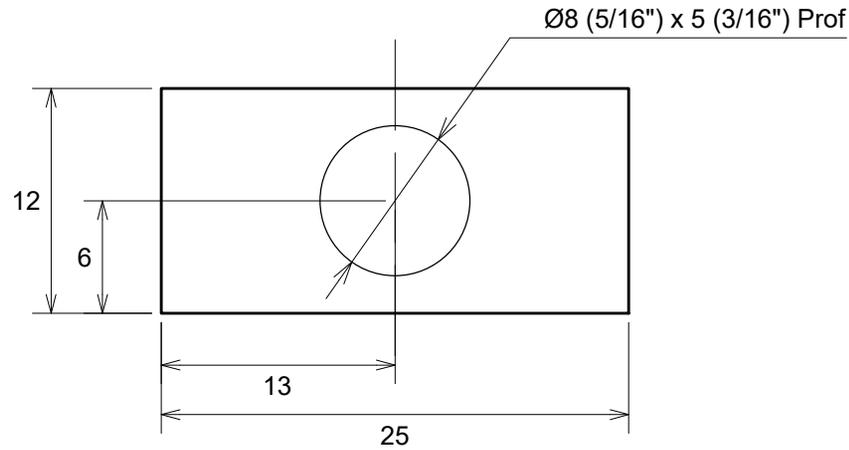
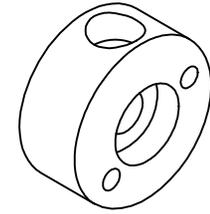
No.	CANTIDAD	DESIGNACIÓN	MATERIAL	OBSERVACIONES
<b>UNAM</b>		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo		
		VISTA EXPLOSIVA SUBCOMPONENTE 3		
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ		ESC:2:1	<b>TRINITY 15/34</b>
	FECHA: 10/06/2018		COTAS:MM	



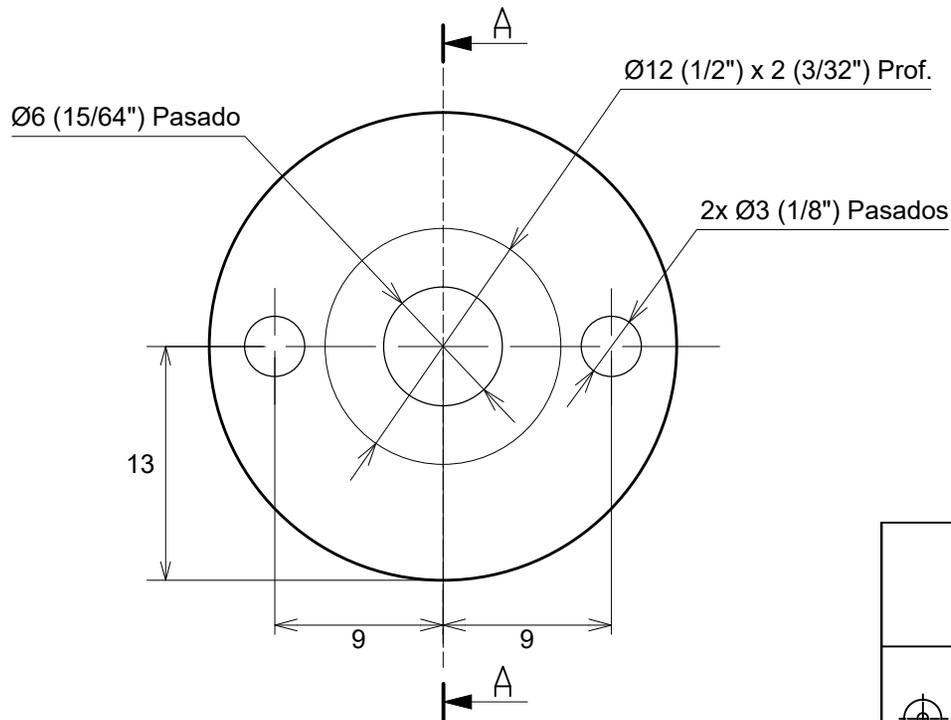
16	1	ACOPLE IZQUIERDO	NYLON	NYLAMID NEGRO
15	1	TOPES	ACERO	STANDARD 1/16"
14	1	EJE	ACERO	INOXIDABLE TIPO 304
13	2	RODAMIENTO	ACERO	STANDARD 12 X 4 MM
12	2	RESORTES	ACERO	COMPRESIÓN 10MM X Ø30MM
11	1	ACOPLE DERECHO	NYLON	NYLAMID NEGRO

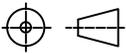
No.	CANTIDAD	DESIGNACIÓN	MATERIAL	OBSERVACIONES
		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo		
		VISTA EXPLOSIVA SUBCOMPONENTE 3		
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ		ESC:2:1	TRINITY 16/34
	FECHA: 10/06/2018		COTAS:MM	

NOTAS:  
 A-No tomar medidas del plano  
 B-Barra de acero de 25mm (1")

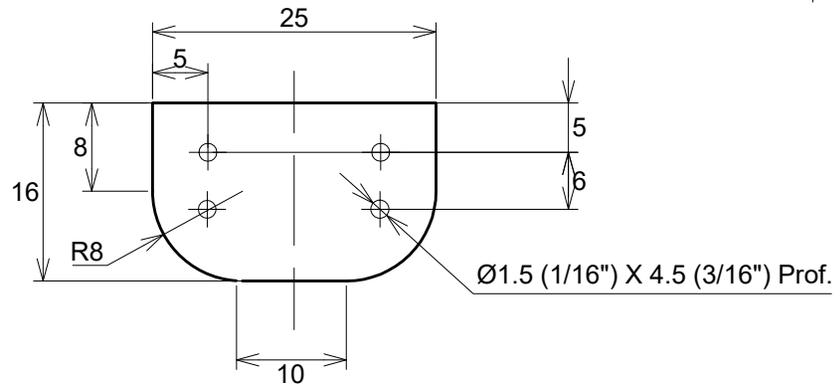
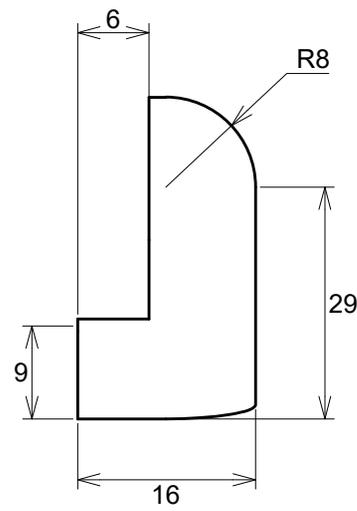
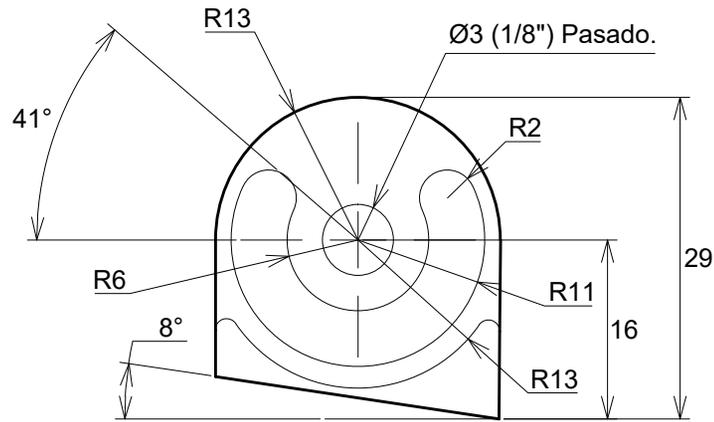
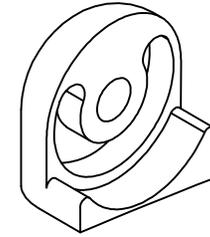


**CORTE A-A**  
 ESC: 2:1



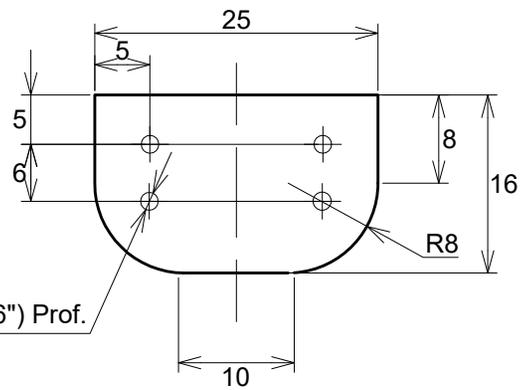
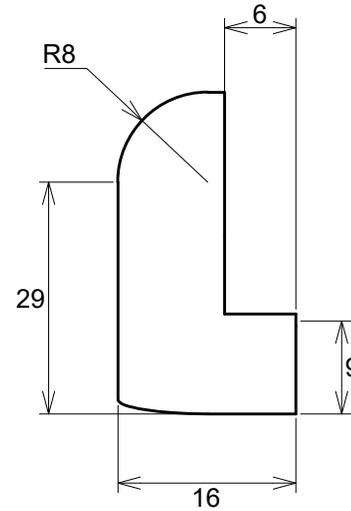
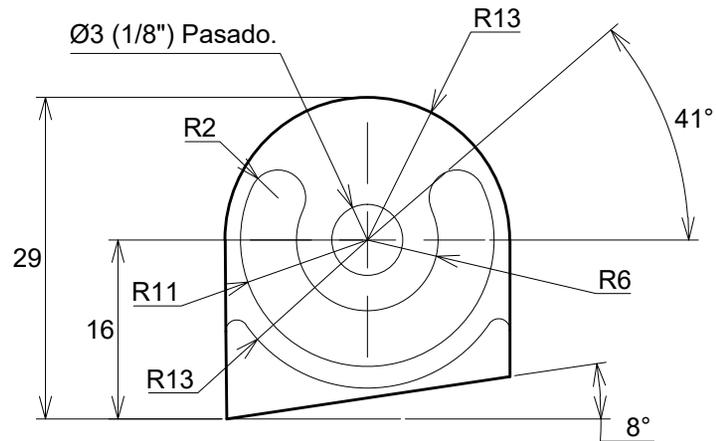
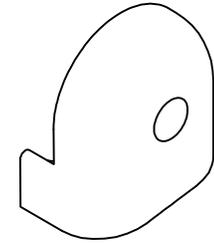
<b>UNAM</b>		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo	
		VISTAS GENERALES EJE	
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ	ESC:2:1	<b>TRINITY 17/34</b>
	FECHA: 10/06/2018	COTAS:MM	

NOTAS:  
A-No tomar medidas del plano



<h1>UNAM</h1>		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo	
		VISTAS GENERALES ACOPLE DERECHO	
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ	ESC:1.5:1	<b>TRINITY 18/34</b>
	FECHA: 10/06/2018	COTAS:MM	

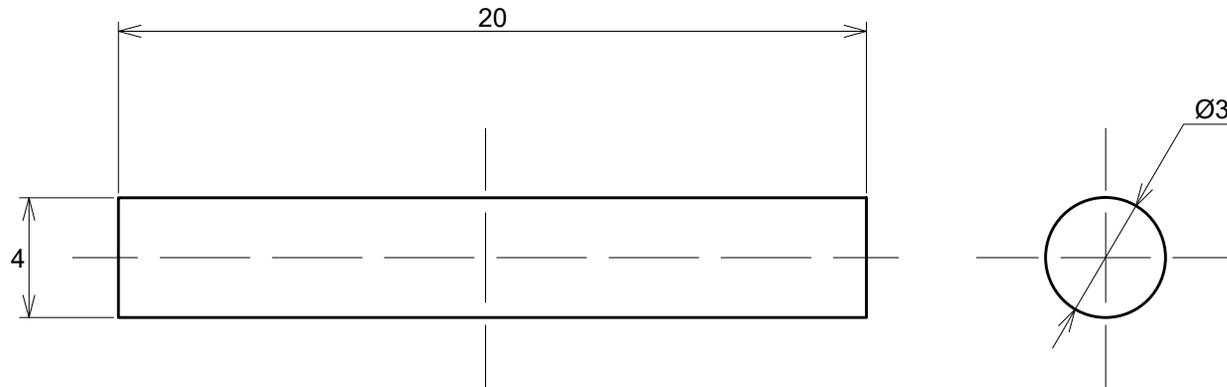
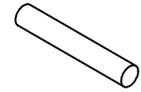
NOTAS:  
A-No tomar medidas del plano



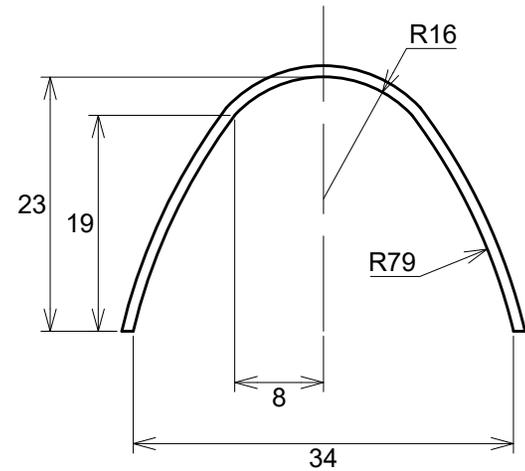
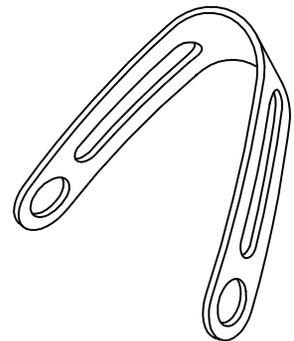
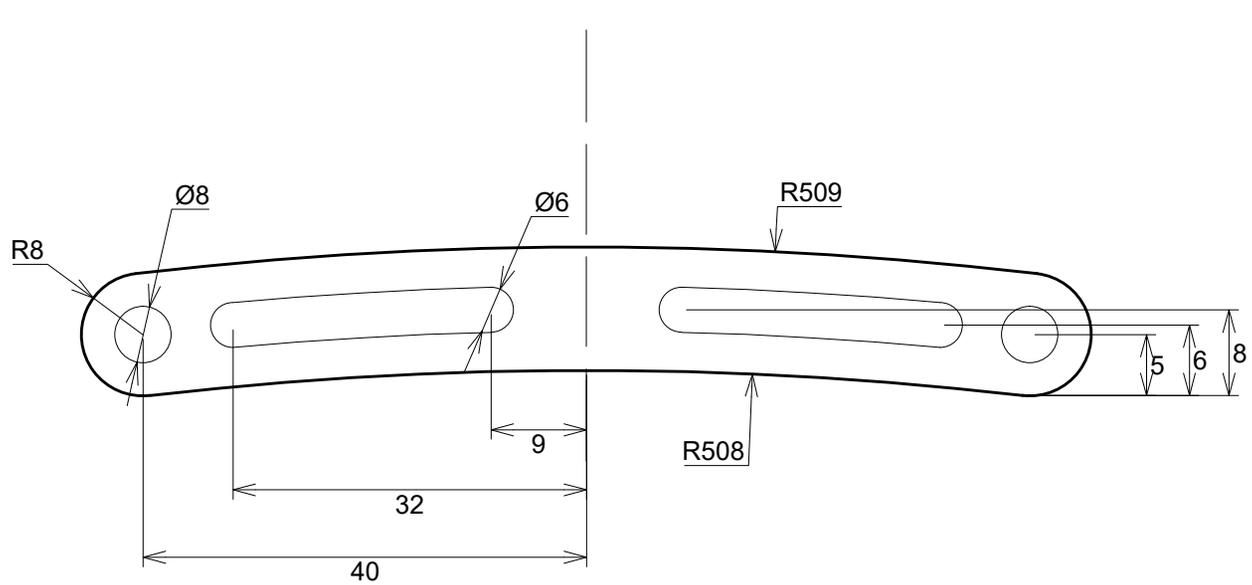
Ø1.5 (1/16") X 4.5 (3/16") Prof.

UNAM		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo	
		VISTAS GENERALES ACOPLE IZQUIERDO	
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ	ESC:1.5:1	TRINITY 19/34
	FECHA: 10/06/2018	COTAS:MM	

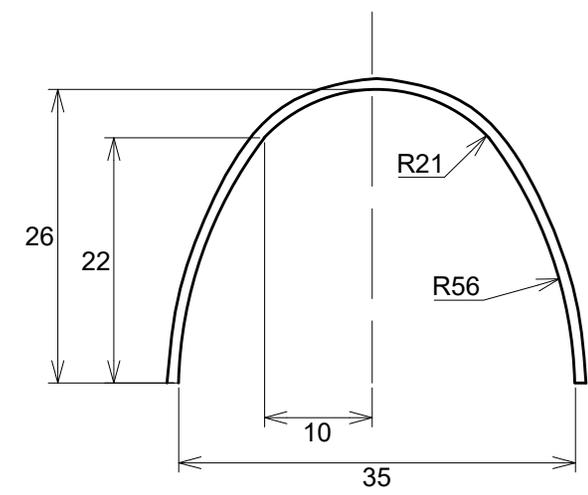
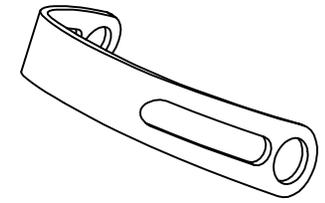
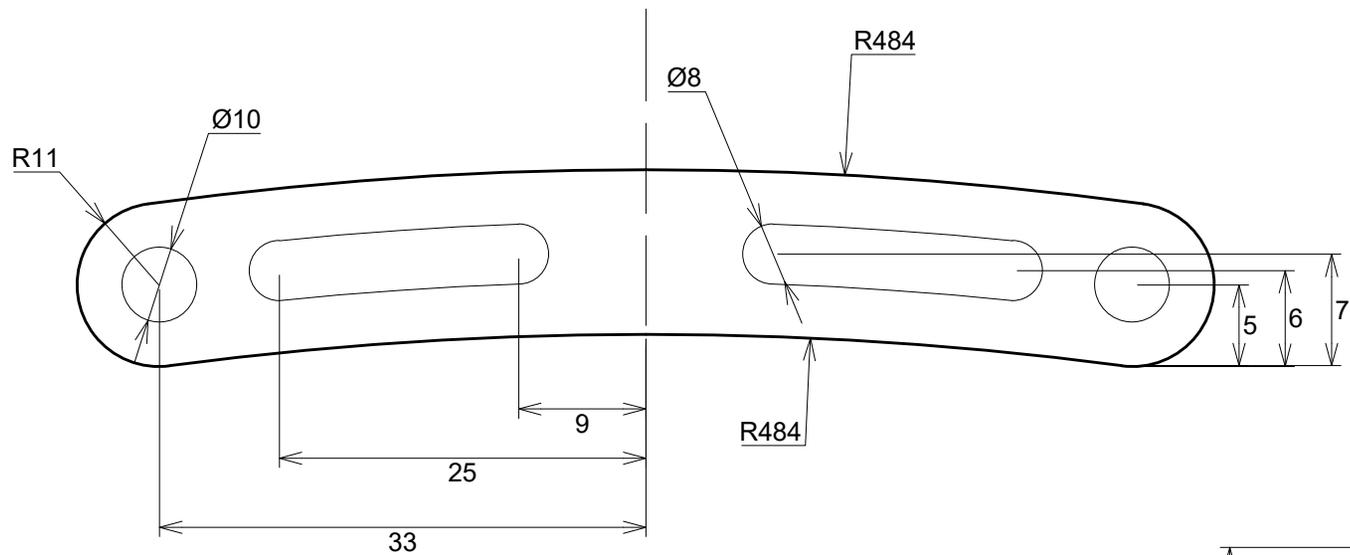
NOTAS:  
A-No tomar medidas del plano  
B-Barra de acero de 3mm (1/8")

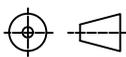


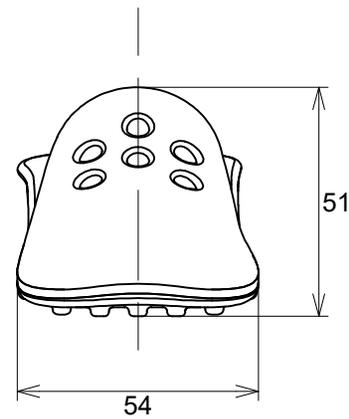
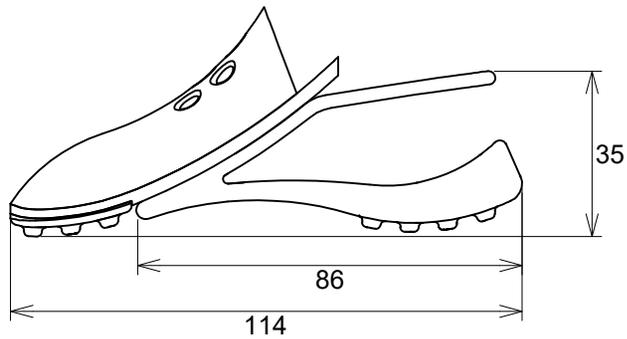
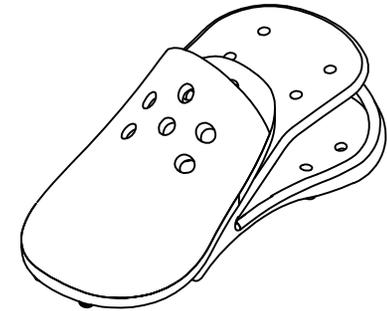
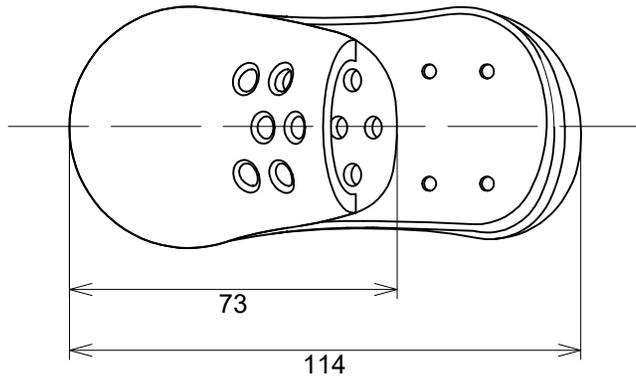
<b>UNAM</b>		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo	
		VISTAS GENERALES POSTE RODAMIENTO	
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ	ESC:5:1	<b>TRINITY 20/34</b>
	FECHA: 10/06/2018	COTAS:MM	



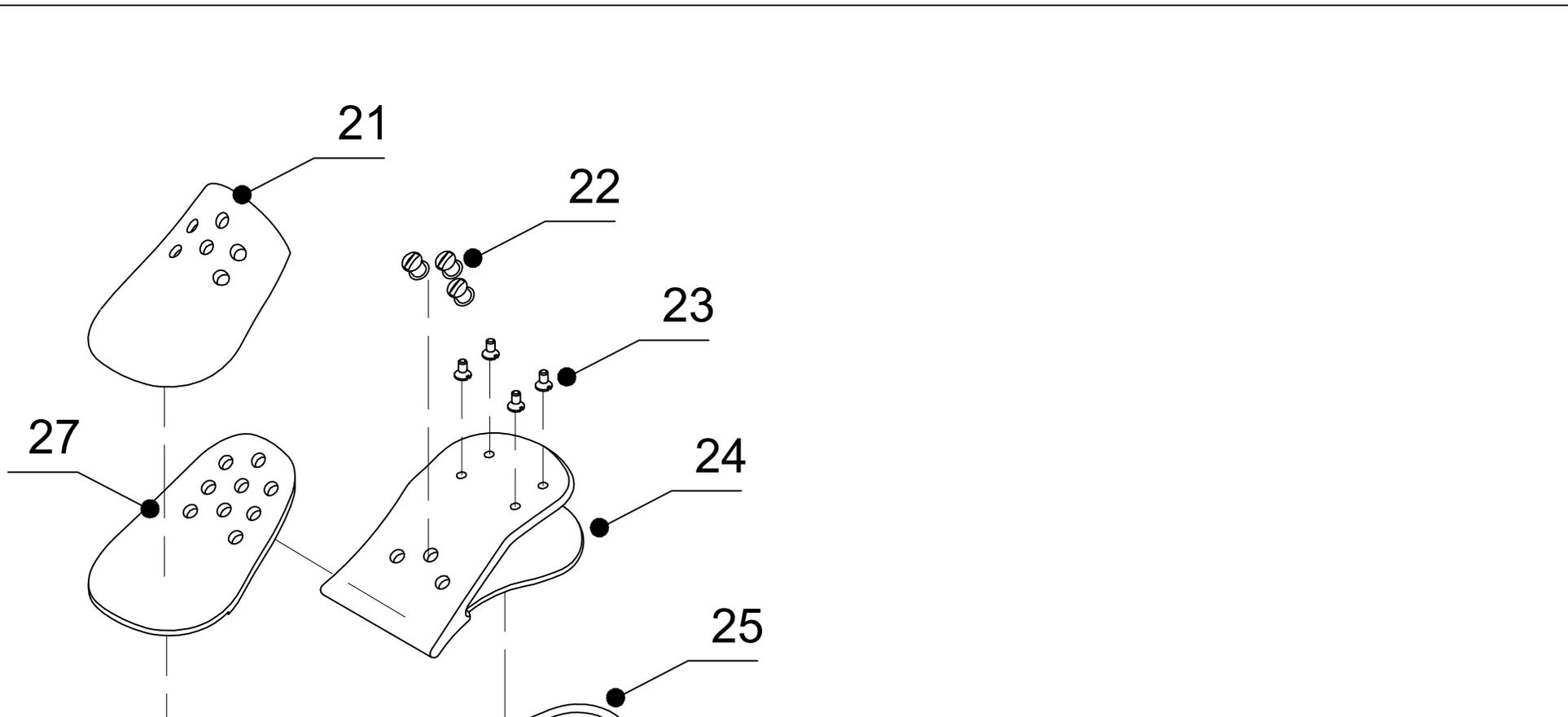
<h1>UNAM</h1>		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo	
		DESARROLLO DE ARCO METÁLICO A	
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ	ESC:3:1	<h2>TRINITY 21/34</h2>
	FECHA: 10/06/2018	COTAS:MM	



<b>UNAM</b>		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo	
		DESARROLLO DE ARCO METÁLICO B	
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ	ESC:3:1	<b>TRINITY 22/34</b>
	FECHA: 10/06/2018	COTAS:MM	

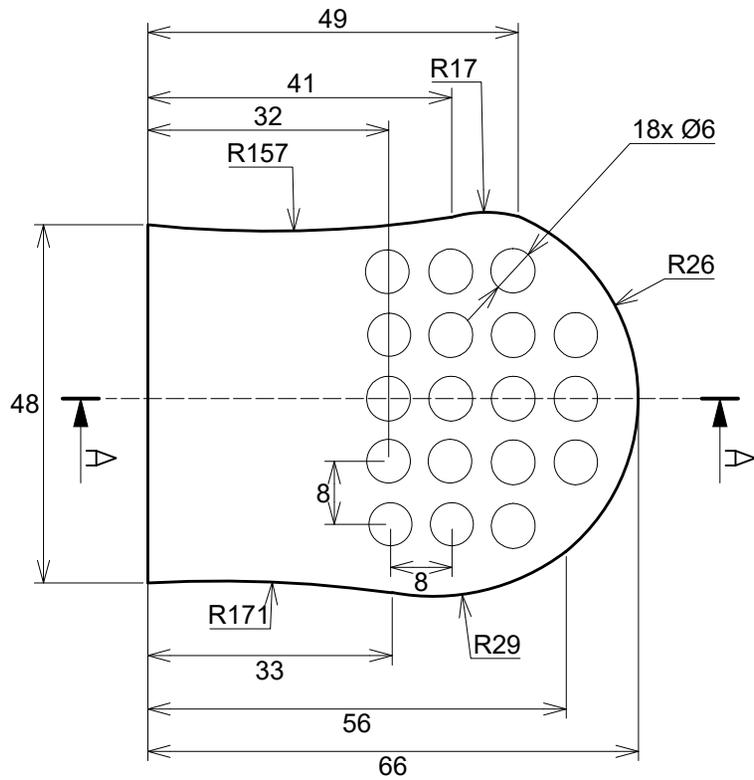
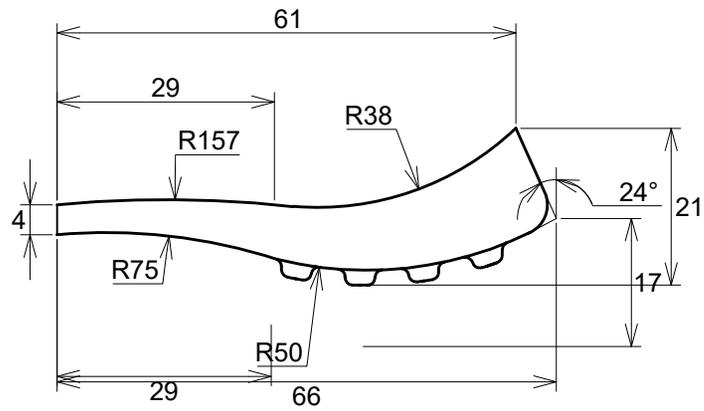


<h1>UNAM</h1>		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo	
		VISTAS GENERALES PIE PROTÉSICO	
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ	ESC:1:1	<h2>TRINITY 23/34</h2>
	FECHA: 10/06/2018	COTAS:MM	

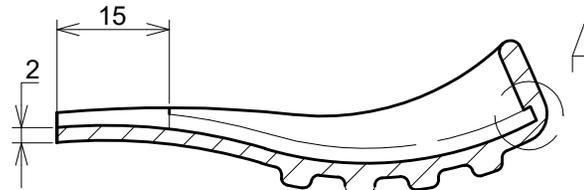
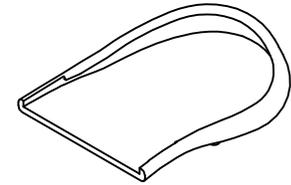


27	1	PLANTA PIE	STANDARD	FIBRA DE CARBONO
26	1	PUNTERA	HULE	NEGRO
25	1	AMORTIGUADOR	HULE	NEGRO
24	1	PIE	STANDARD	FIBRA DE CARBONO
23	4	TORNILLOS	STANDARD	Tornillo alem de ½"
22	3	POSTES	ACERO	6 MM
21	1	PUNTERA	SILICONA	00-50 BLANCO SEMIMATE

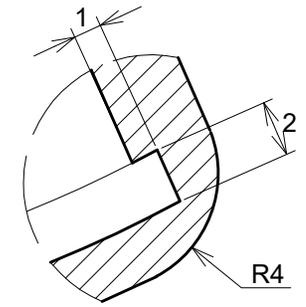
No.	CANTIDAD	DESIGNACIÓN	MATERIAL	OBSERVACIONES
<b>UNAM</b>		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo		
		VISTA EXPLOSIVA SUBCOMPONENTE 5		
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ		ESC:1:2	<b>TRINITY 24/34</b>
	FECHA: 10/06/2018		COTAS:MM	



NOTAS:  
 A-No tomar medidas del plano  
 B-Espesor 2mm

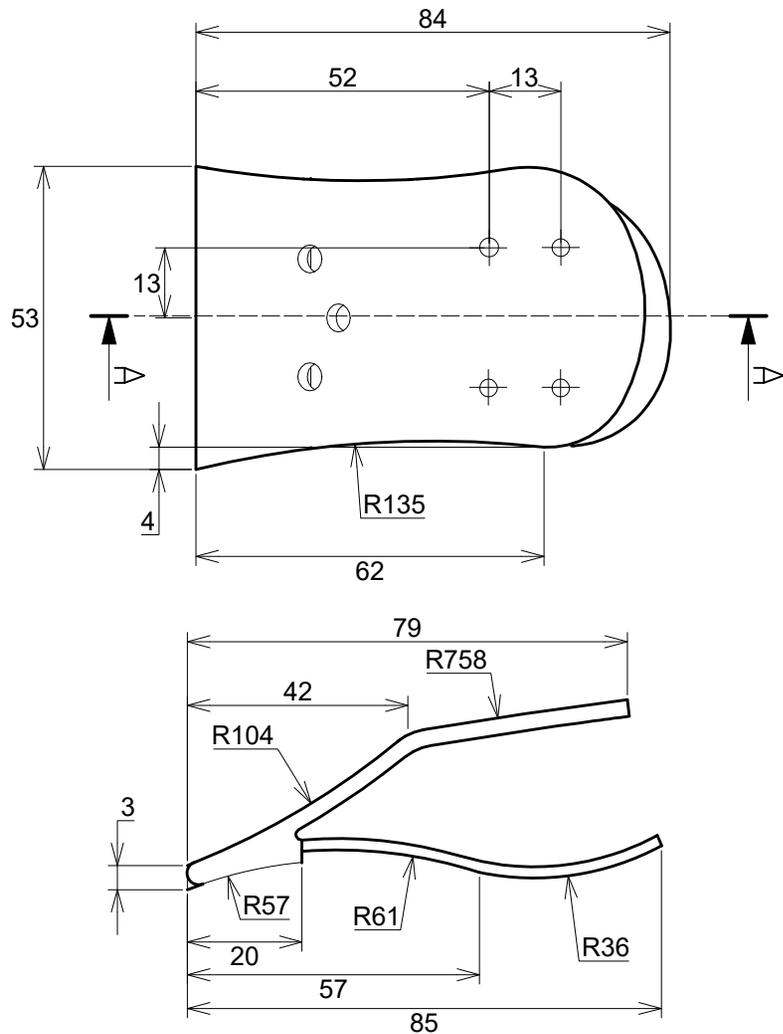


CORTE A-A  
 ESC: 2:1

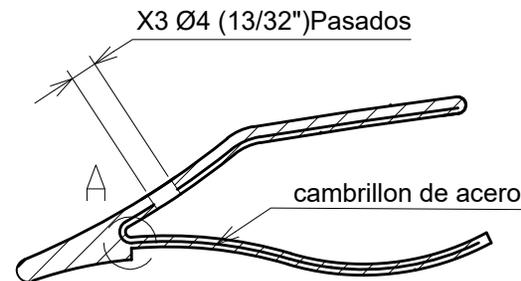
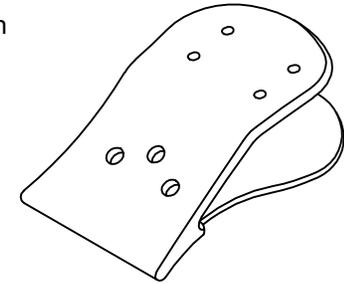


DETALLE A-A  
 ESC: 4:1

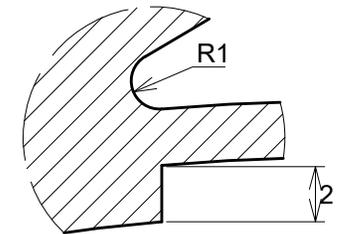
<h1>UNAM</h1>		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo	
		VISTAS GENERALES AMORTIGUADOR	
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ	ESC:1:1	<h2>TRINITY 25/34</h2>
	FECHA: 10/06/2018	COTAS:MM	



NOTAS:  
 A-No tomar medidas del plano  
 B-Laminado de fibra de carbono con refuerzo interno de acero templado



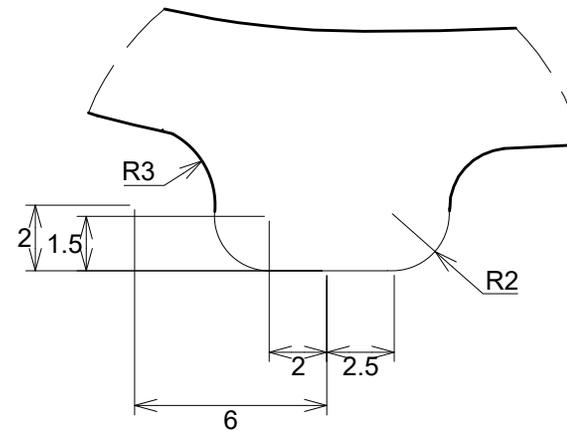
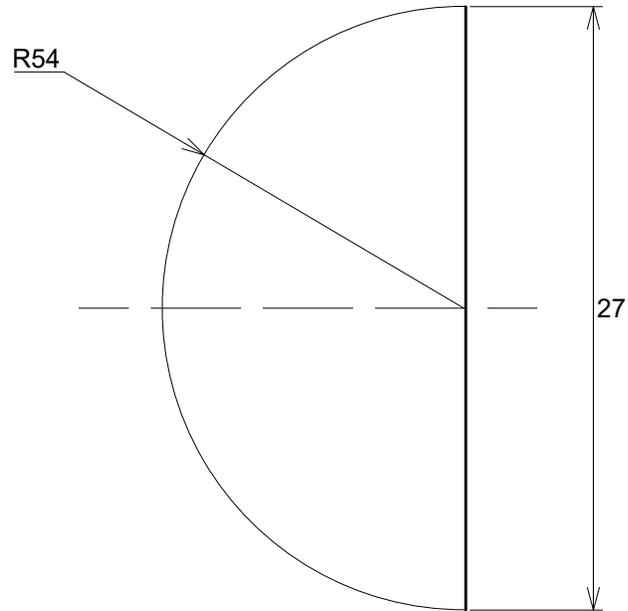
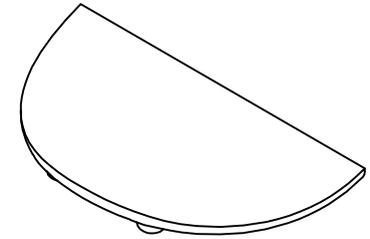
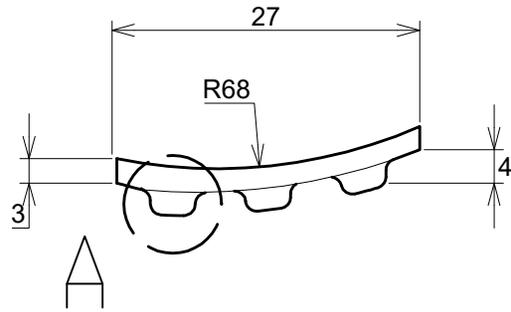
CORTE A-A  
 ESC: 2:1



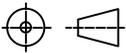
DETALLE A-A  
 ESC: 4:1

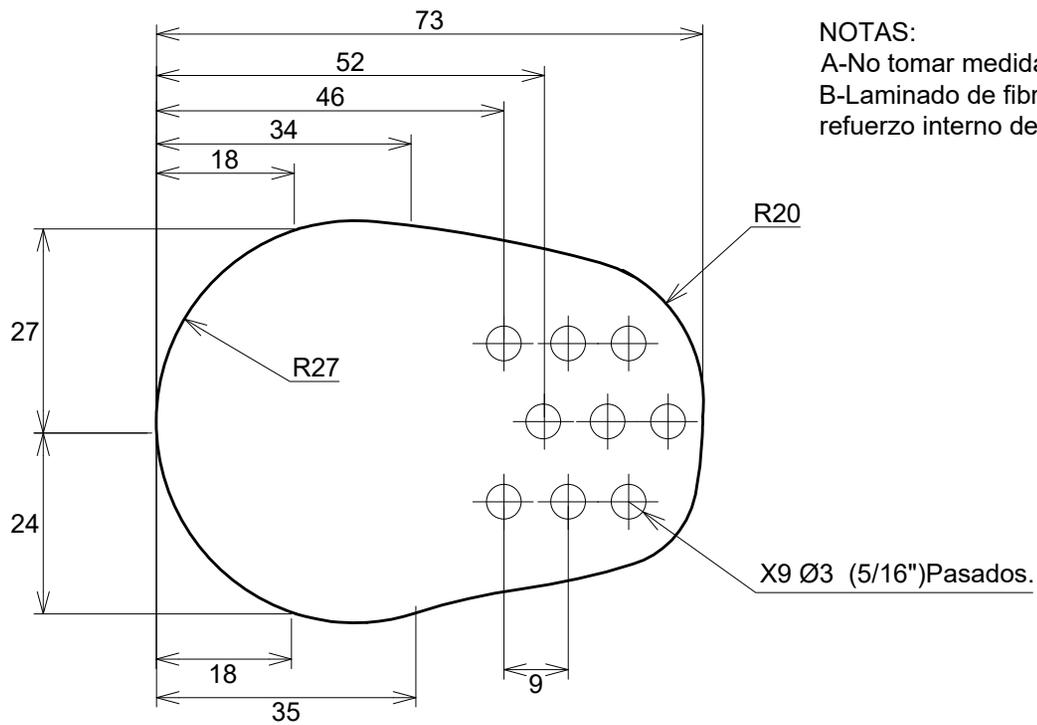
UNAM		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo	
		VISTAS GENERALES PIE	
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ	ESC:1:75	TRINITY 26/34
	FECHA: 10/06/2018	COTAS:MM	

NOTAS:  
A-No tomar medidas del plano

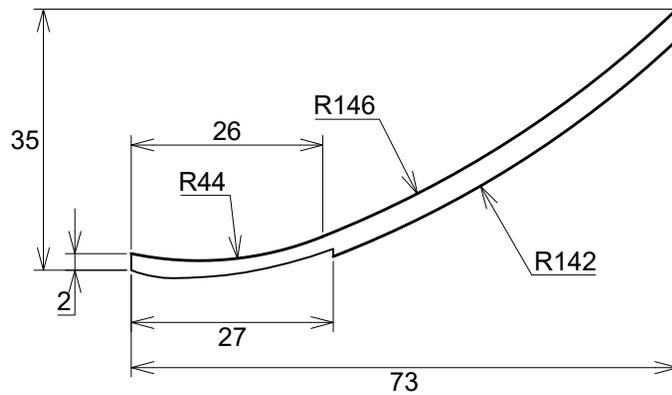
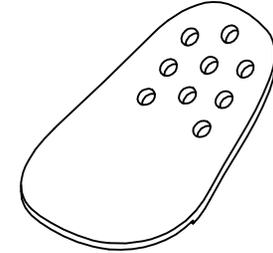


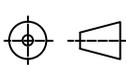
DETALLE A-A  
ESC: 4:1

UNAM		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo	
		VISTAS GENERALES ACOLCHONAMIENTO PUNTERA	
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ	ESC:2:1	TRINITY 27/34
	FECHA: 10/06/2018	COTAS:MM	

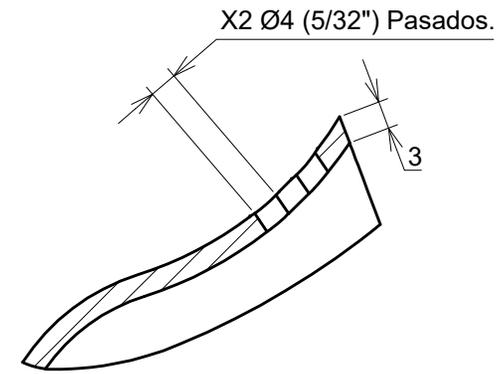
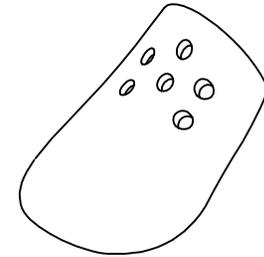
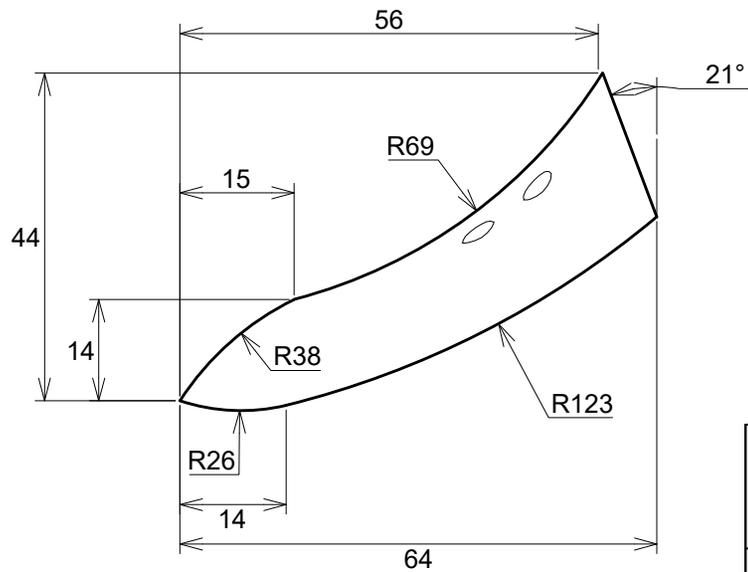
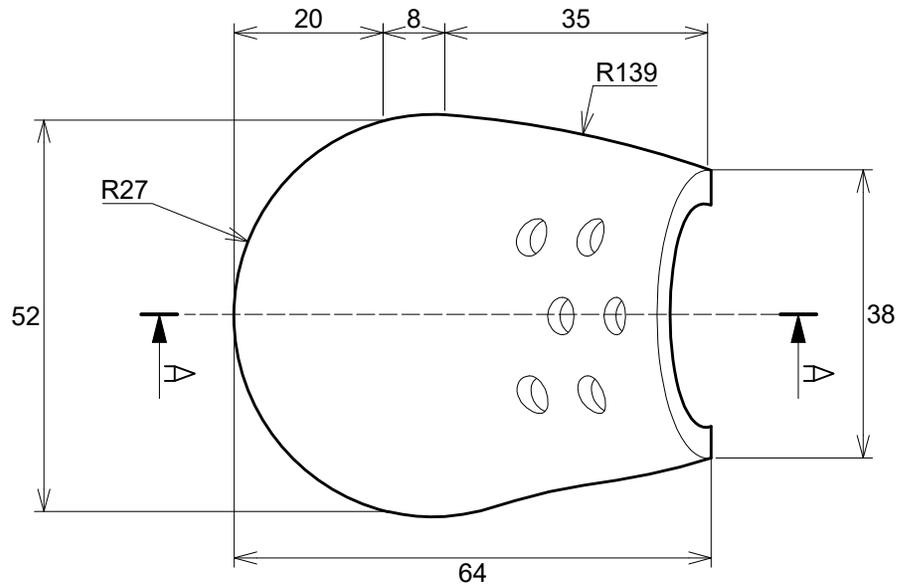


NOTAS:  
 A-No tomar medidas del plano  
 B-Laminado de fibra de carbono con  
 refuerzo interno de acero templado



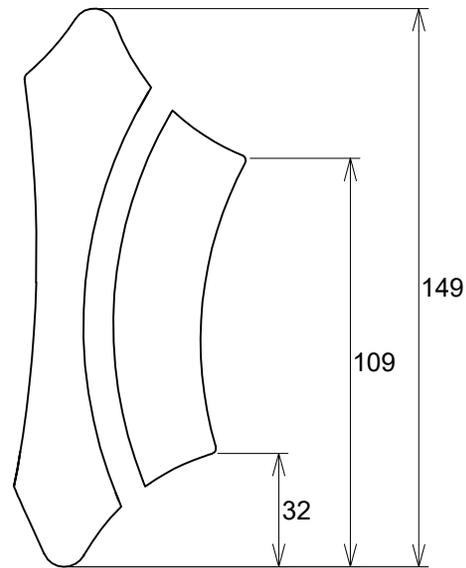
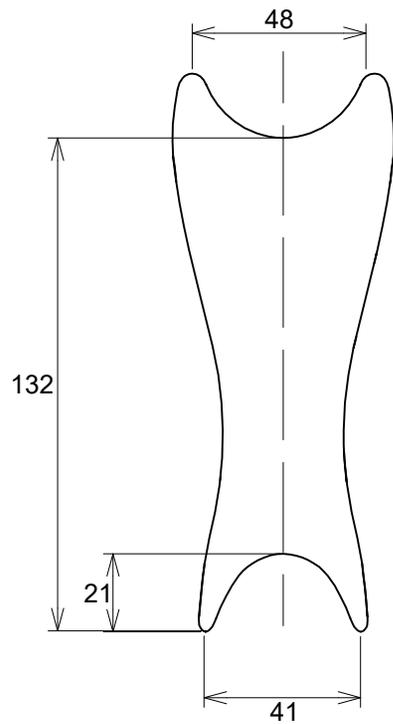
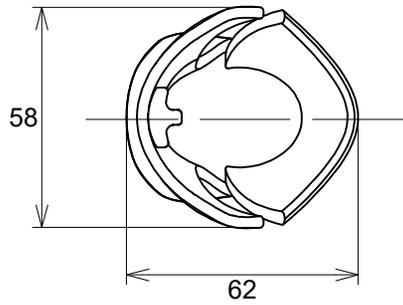
<h1>UNAM</h1>		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo	
		VISTAS GENERALES PLANTA PIE	
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ	ESC:1:1	<b>TRINITY 28/34</b>
	FECHA: 10/06/2018	COTAS:MM	

NOTAS:  
A-No tomar medidas del plano

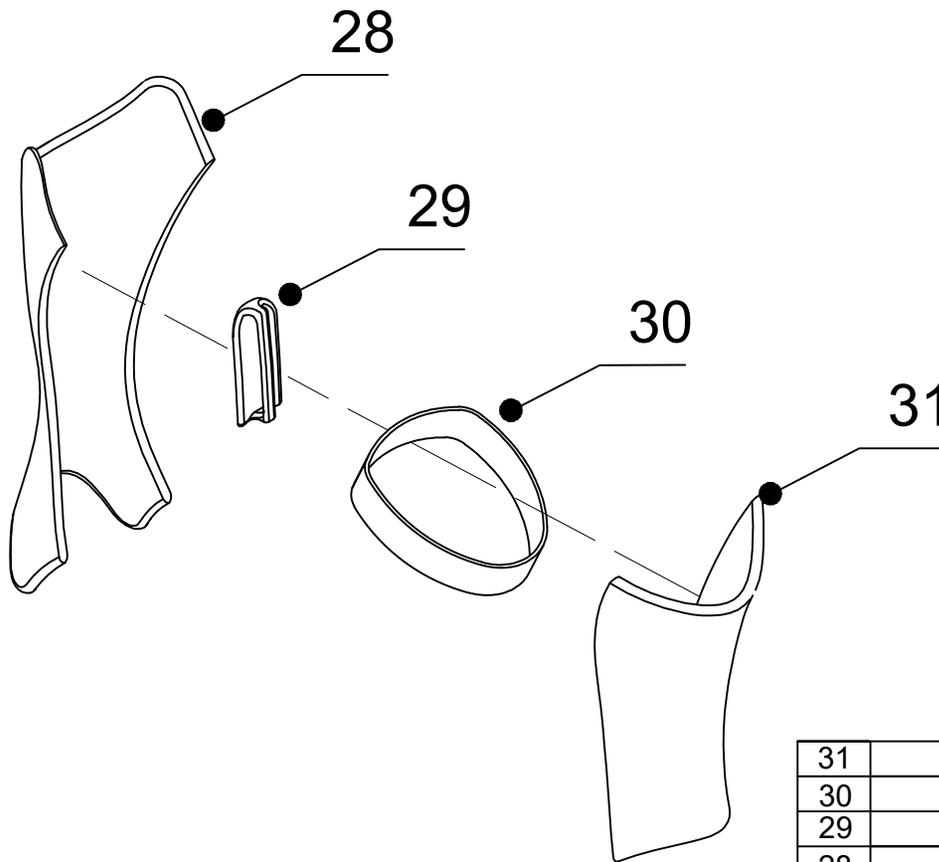


CORTE A-A  
ESC: 1:1

<h1 style="text-align: center;">UNAM</h1>		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo	
		VISTAS GENERALES PUNTERA	
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ	ESC:1:1	<b>TRINITY 29/34</b>
	FECHA: 10/06/2018	COTAS:MM	



<h1>UNAM</h1>		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo	
		VISTAS GENERALES ENVOLVENTES	
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ	ESC:1:3	<h2>TRINITY 30/34</h2>
	FECHA: 10/06/2018	COTAS:MM	

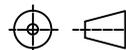


31	1	CARCASA POSTERIOR	PLASTICO	ABS BLANCO CALIBRE 100
30	1	CORREA	ELÁSTICO	NEOPRENO NEGRO
29	1	HEBILLA	SMOOTH	SERIE 300 BLANCO
28	1	CARCASA FRONTAL	PLASTICO	ABS BLANCO CALIBRE 100
No.	CANTIDAD	DESIGNACIÓN	MATERIAL	OBSERVACIONES

**UNAM**

Martinez Alpizar Alfonso Raymundo

VISTA EXPLOSIVA  
SUBCOMPONENTE 6



REV: PROF: RICARDO ALBERTO  
OBREGÓN SÁNCHEZ

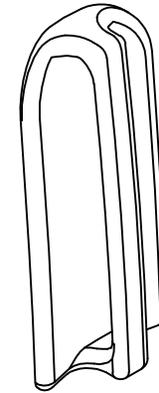
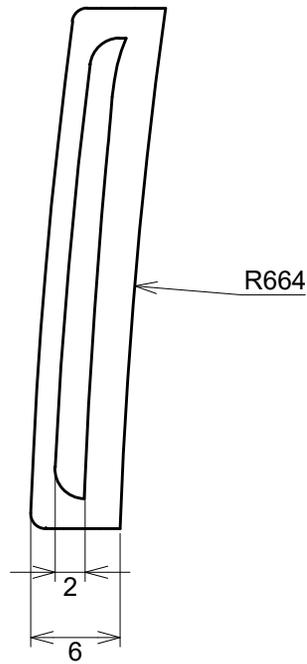
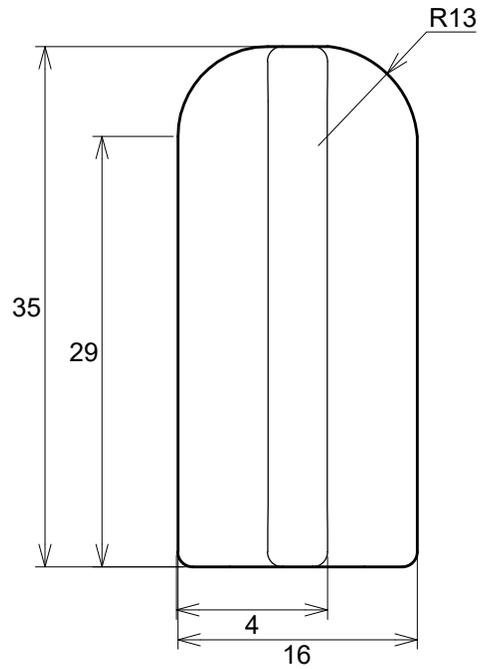
FECHA: 10/06/2018

ESC:1:3

COTAS:MM

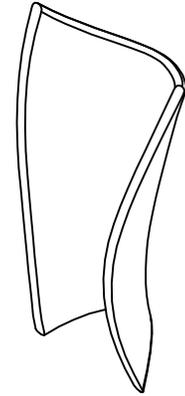
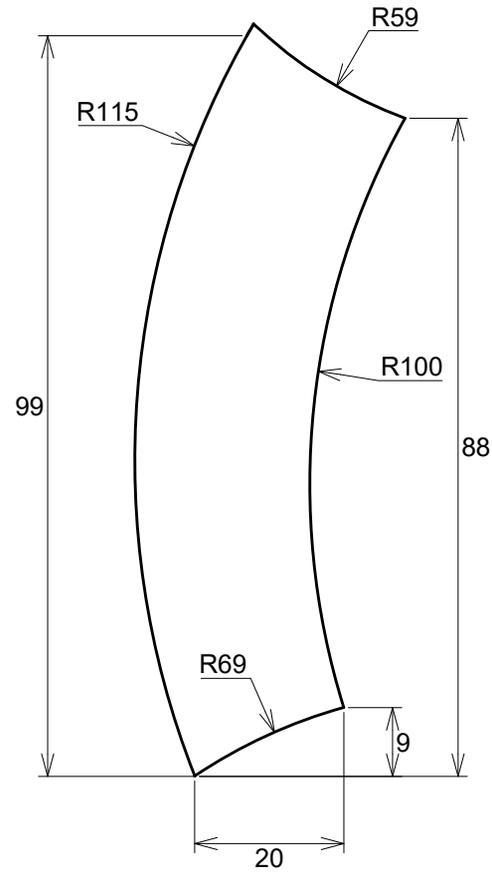
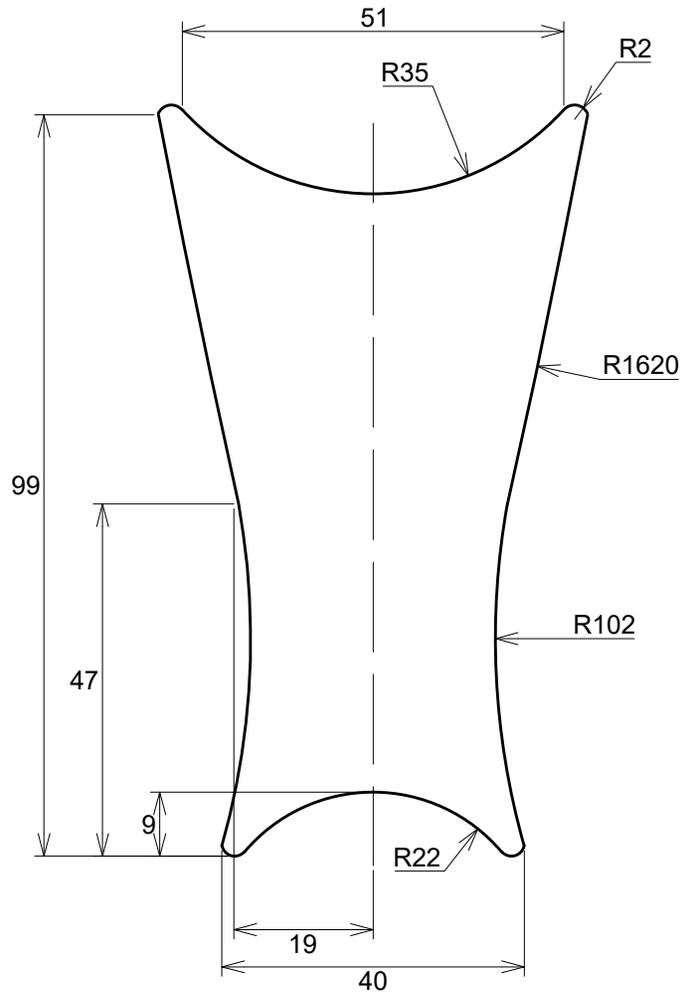
**TRINITY 31/34**

NOTAS:  
A-No tomar medidas del plano

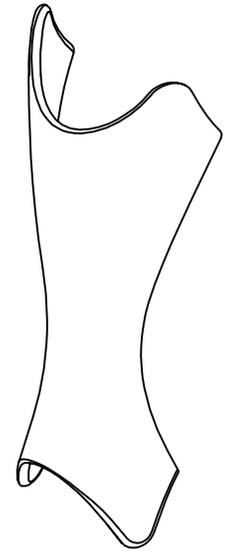
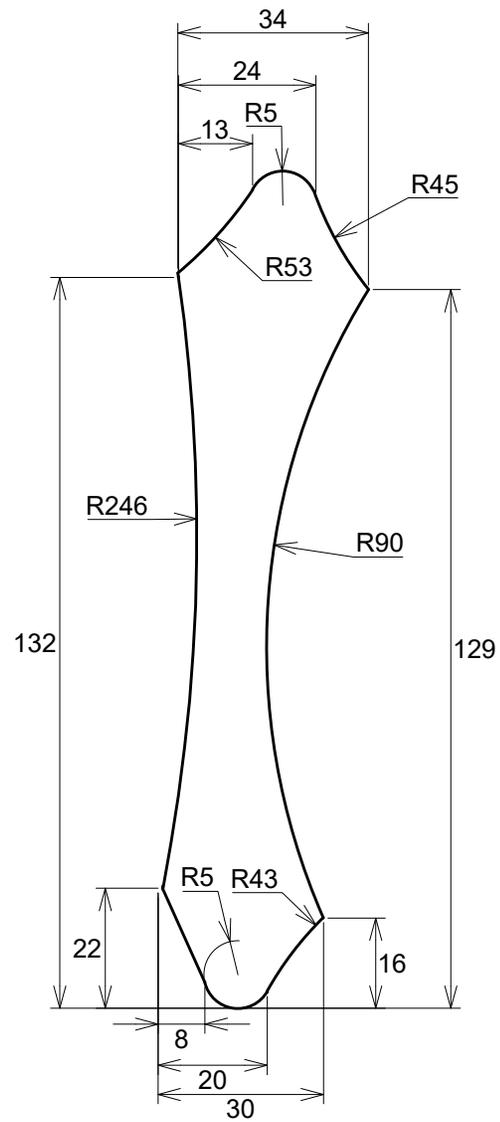
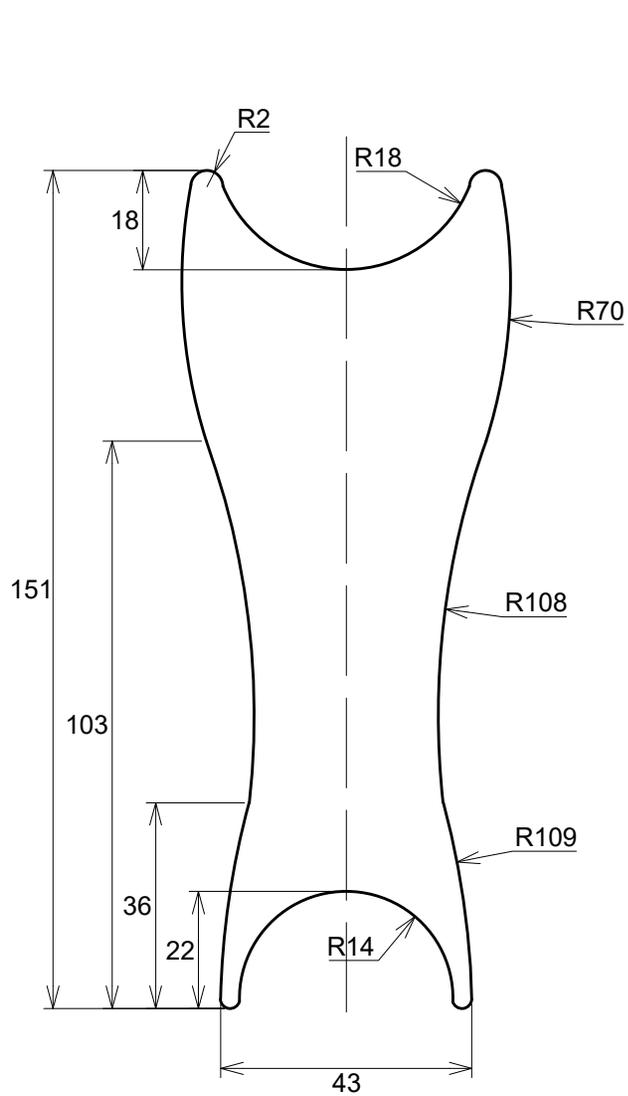


<h1>UNAM</h1>		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo	
		VISTAS GENERALES HEBILLA	
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ	ESC:2:1	<h2>TRINITY 32/34</h2>
	FECHA: 10/06/2018	COTAS:MM	

NOTAS:  
A-No tomar medidas del plano



<h1>UNAM</h1>		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo	
		VISTAS GENERALES CARCASA POSTERIOR	
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ	ESC:1:2	<h2>TRINITY 33/34</h2>
	FECHA: 10/06/2018	COTAS:MM	



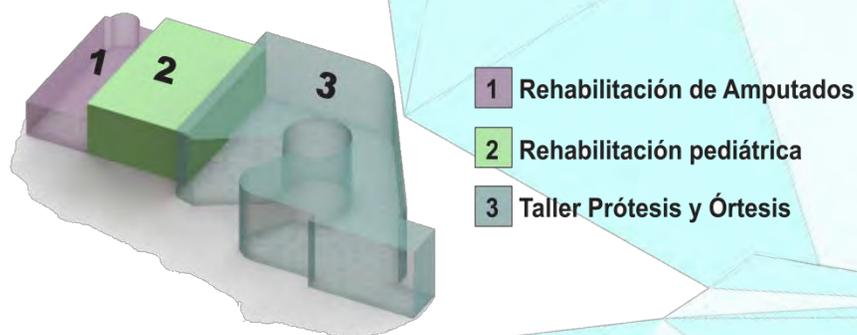
<b>UNAM</b>		Martinez Alpizar Alfonso Raymundo	
		VISTAS GENERALES CARCASA FRONTAL	
	REV: PROF: RICARDO ALBERTO OBREGÓN SÁNCHEZ	ESC:1:3	<b>TRINITY 34/34</b>
	FECHA: 10/06/2018	COTAS:MM	

## Instalaciones

El INR cuenta con un departamento especializado en medicina de rehabilitación donde se ubica el taller de órtesis y prótesis (Figura 124).

Dicho departamento de prótesis y ortesis se encuentra dividido en dos secciones: área de trabajo (10 x 4 m) y maquinaria (2 x 6 m).

En la primera de ellas podemos encontrar 6 mesas de madera equipadas con un tornillo y entrepaños metálicos para colocar cajas con herramientas (martillo, desarmador, segueta, cúter, lupa, cinta métrica, tijeras, pinzas, limatones, etc) y material médico (gasas, alcohol, tijeras, vendas, etc) (Figura 125 y 126).



**Figura 124: Departamento de medicina de rehabilitación**  
Elaboración propia



**Figura 125: Área de trabajo**  
Elaboración propia



**Figura 126: Herramientas de trabajo**  
Elaboración propia

En la segunda área localizada al fondo del taller podemos encontrar maquinaria de uso industrial como lijadoras de banco, guillotinas, taladros de banco, sierra cinta, pulidoras, sierra de inglete y tornillos (Figura 127 Y 128)

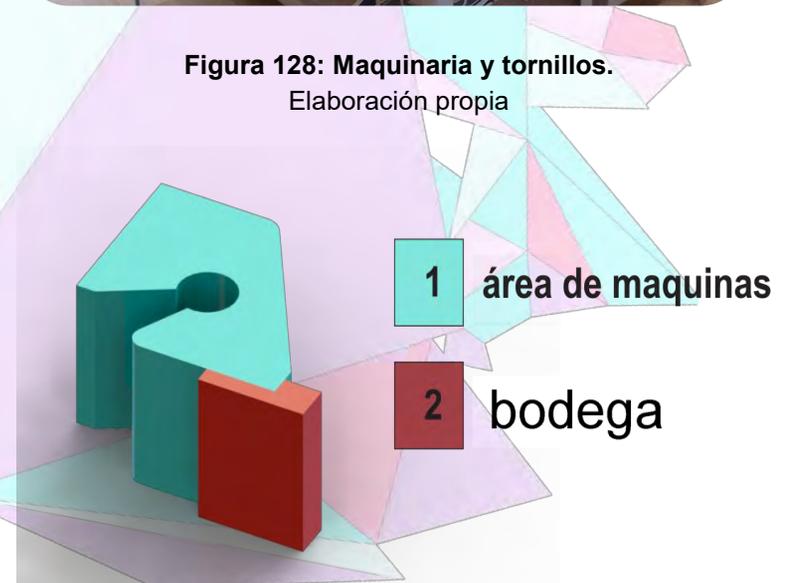
Así mismo cuenta con pequeño cuarto de 1x 2 metros (Figura 129 ) el cual e sutilizado como bodega para los diversos materiales utilizados durante la obtención del encaje del muñón, los cuales necesitan están exceptos de humedad y agentes químicos paciente como el yeso, alginato,ecoflex, etc. Con la finalizada de evitar irritación a la piel del paciente.



**Figura 127: Equipo de trabajo**  
Elaboración propia



**Figura 128: Maquinaria y tornillos.**  
Elaboración propia



**Figura 129: Plano de la bodega**  
Elaboración propia

## Personal ortopedista

Dentro de las instalaciones laboran alrededor de 10 técnicos ortopédicos y un jefe en dos turnos matutino y vespertino, los cuales con especialistas capacitados en la toma de medidas, confección y diseño de órtesis y prótesis (Figura 130 y 131).

Así mismo colaboran en conjunto con los especialistas médicos durante la rehabilitación para detectar alguna posible falla o mejora en el diseño de dicha prótesis con la finalidad de proporcionar al paciente.



**Figura 130: Personal ortopedista**  
Elaboración propia



**Figura 131: Elaboración de prótesis.**  
Elaboración propia

## Técnica del vendaje compresivo

El muñón es parte de un órgano vital por lo cual antes de la colocación de la prótesis se debe percibir un tratamiento fisioterapéutico con la finalidad de potenciar los miembros conservados y garantizar una buena ejecución de la marcha.

Cabe señalar que el infante necesitara de los servicios sanitarios toda su vida; así como revisiones periódicas por parte del médico y del técnico ortopédico ya que el uso prologado del encaje puede causar complicaciones debido a que la piel está expuesta a condiciones no habituales como rozamientos, aumentos de presión y humedad así como contacto con materiales sintéticos.

Por lo cual es necesario utilizar un vendaje compresivo durante todo el día (24 horas) y solo será retirado para realizar el aseo diario y observar el estado del muñón, para esto se debe realizar la siguiente técnica:

1. Extender el miembro amputado
2. Tomar la venda de acolchado de algodón o de crepe y realizar un trayecto circular alrededor del extremo proximal del muñón.
3. Bajar la venda hacia la base y sujetarla pasando el dedo pulgar por el medio.
4. Pasaremos la venda por encima de la punta del dedo hacia el otro extremo de este y la sujetaremos con nuestro dedo índice.
5. Repetir los pasos de dos a tres veces.
6. Para finalizar se cortara la venda sobrante y se fijara el extremo libre con tres trozos de esparadrapo (tira estrecha de tela, cubierta con una capa adherente por uno de sus lados) (Figura 132).

## TÉCNICA DEL VENDAJE COMPRESIVO EL MUÑÓN.

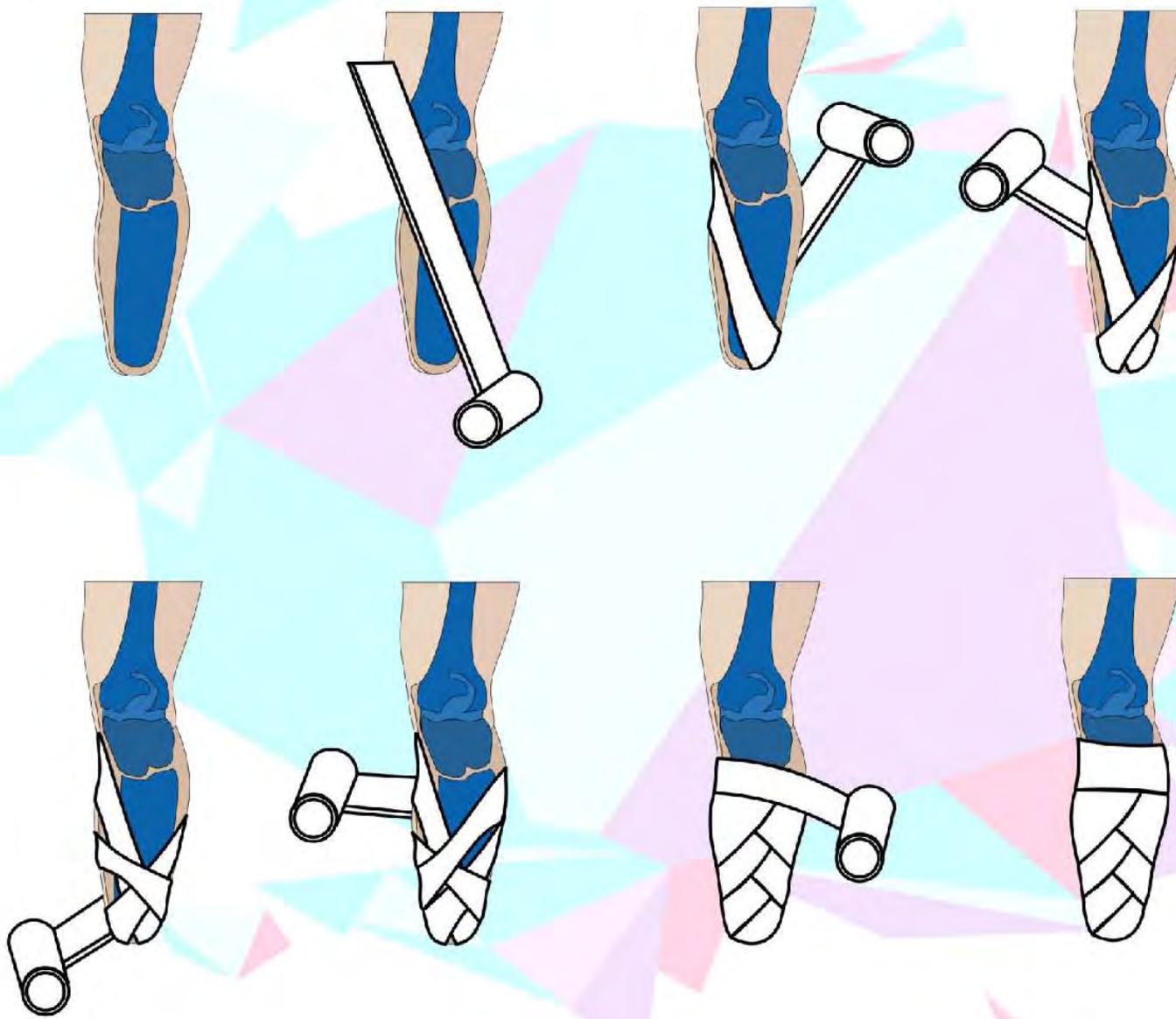


Figura 132: técnica del vendaje  
Elaboración propia

## Tipos de resortes

Los resortes son componentes mecánicos que se caracterizan por absorber deformaciones considerables bajo la acción de una fuerza exterior, volviendo a recuperar su forma inicial cuando cesa la acción de la misma (elasticidad).

Se utilizan principalmente para limitar el contacto y vibraciones contacto entre piezas mecánicas. Para su fabricación se emplean diversos aceros como al carbono, acero al silicio, acero al cromovanadio, acero al cromo-silicio, etc,

Los cuales se pueden clasificar de la siguiente forma (Figura 133):

- Forma del resorte: helicoidal cilíndrico, helicoidal cónico, en espiral, laminar.
- Forma de la sección transversal del hilo: circular, cuadrada, rectangular.
- Tipo de carga que soportan: de compresión, de tracción, de torsión, de flexión.

Dentro de este proyecto se recurrirá a utilizar resortes de compresión del tipo helicoidal cilíndrico por contar con espacio entre sus espirales para almacenar energía cuando una carga o fuerza le es colocada encima y soltarla cuando le sea removida del cual hablaremos a continuación:

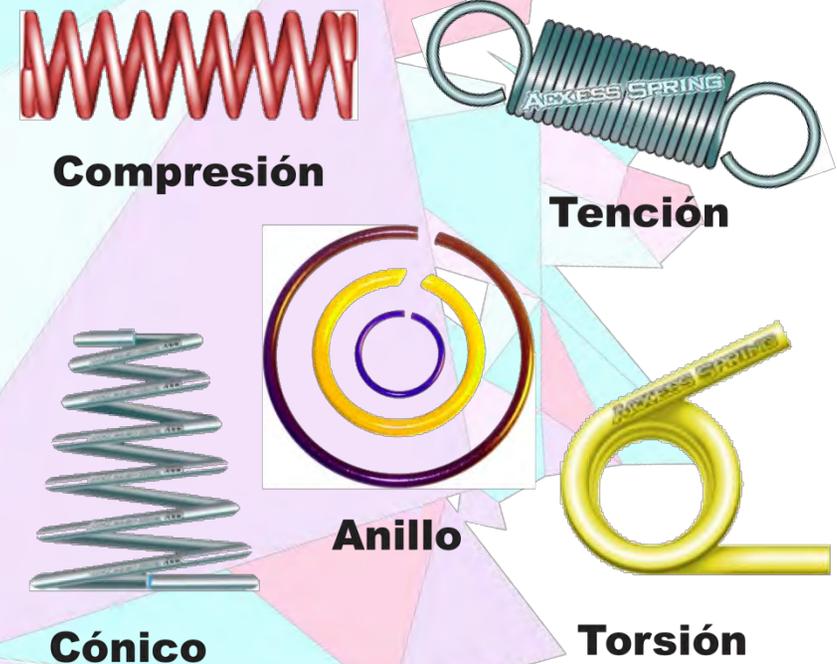


Figura 133: Tipos de resortes  
Elaboración propia

## Resorte de Compresión

Este tipo de resorte está formado por un hilo de acero de sección redonda, arrollado en forma de hélice cilíndrica a derecha con paso uniforme (Figura 134).

Trabaja tratando de extenderse en la dirección de su eje, oponiéndose a una fuerza externa que lo comprima.

Para conseguir un buen apoyo y un funcionamiento correcto, los extremos del resorte han de presentar superficies de apoyo planas y perpendiculares a su eje; por este motivo, las dos espiras extremas (espiras de apoyo) cuentan con un diámetro más pequeño (cola de cerdo) para facilitar su montaje.

RESORTE HELICOIDAL CILINDRICO DE COMPRESION			
TIPO DE RESORTE	REPRESENTACION DETALLADA		REPRESENTACION SIMPLIFICADA
	VISTA	CORTE	
Resorte helicoidal cilíndrico de compresión con hilo de sección circular			

Figura 134: Representación gráfica del resorte  
Elaboración propia

Dicho resorte se encuentra conformado por las siguientes partes (Figura 135):

- Diámetro del alambre (D) : el cual puede ir de manera comercial de .152 mm a 25.4 mm
- Diámetro exterior (De). es la dimensión de la superficie que envuelve el exterior del resorte
- Paso (p), es la distancia medida paralela al eje desde el centro de una espira hasta el centro de la espira, por lo general se encuentran en un ángulo de paso menor que 12° para evitar refuerzos adicionales.
- Longitud libre (Lo), es la longitud total medida en paralelo al eje cuando el resorte está en estado libre o sin carga.

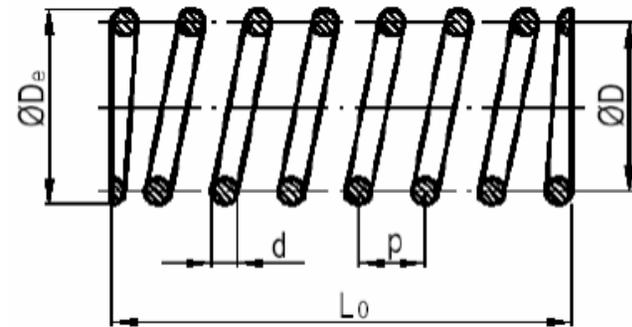


Figura 135: configuración resorte de compresión.  
Elaboración propia

